

13388

1983

1983

# *Utilisation des méthodes manuelles dans les programmes de construction*

*Guide pratique  
pour organiser et conduire les travaux*

**FILE COPY**

*Personnel du Département des transports  
de la Banque Mondiale et consultants  
Basil Coukis  
Coordonnateur et collaborateur principal*



*Publication de la Banque Mondiale*



**UTILISATION DES  
METHODES MANUELLES  
DANS LES PROGRAMMES  
DE CONSTRUCTION**

*Publication de  
la Banque Mondiale*

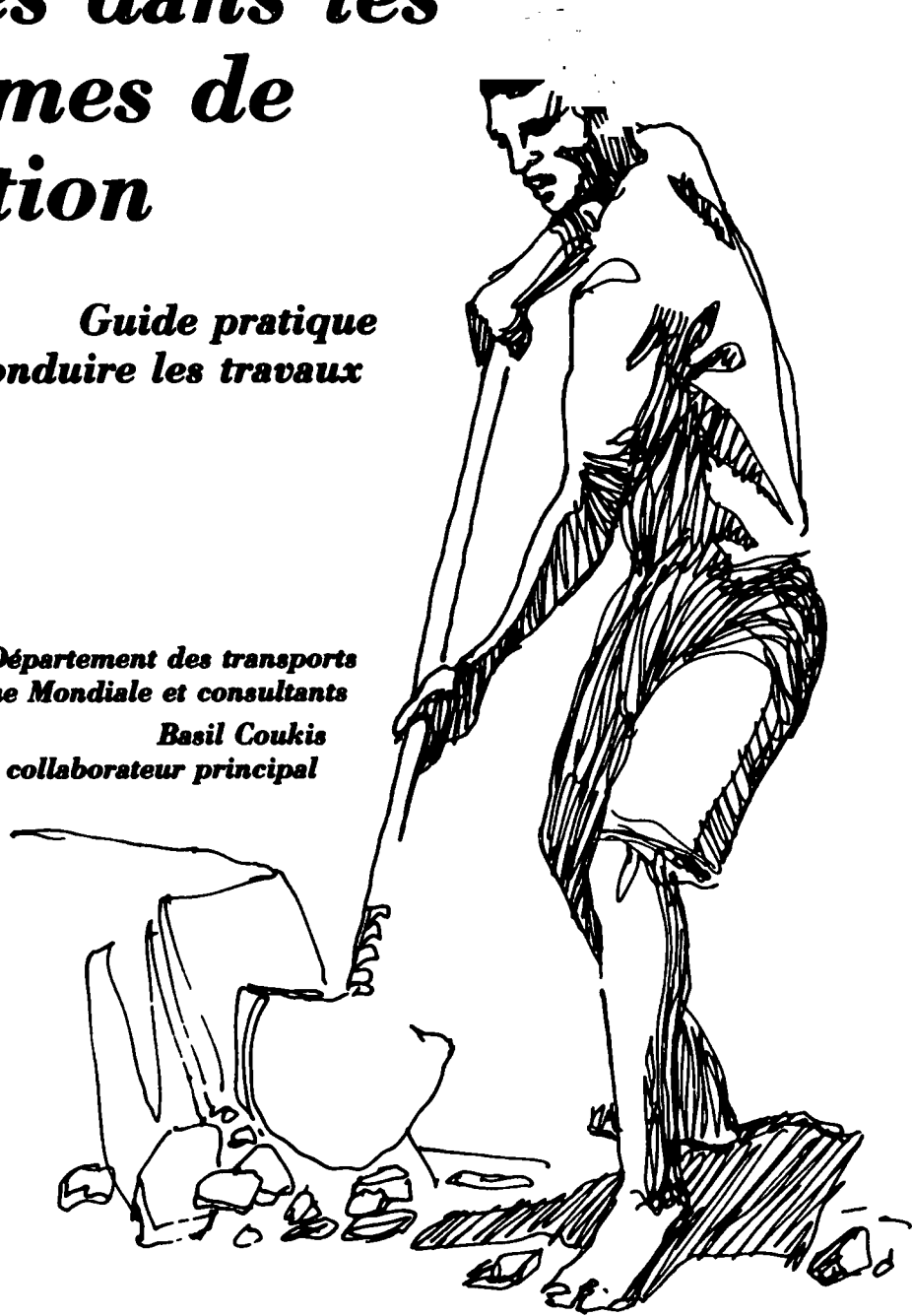




# ***Utilisation des méthodes manuelles dans les programmes de construction***

***Guide pratique  
pour organiser et conduire les travaux***

***Personnel du Département des transports  
de la Banque Mondiale et consultants  
Basil Coukis  
Coordonnateur et collaborateur principal***



***Publication de la Banque Mondiale***

**Copyright (c) 1983  
Banque internationale pour la reconstruction et le développement/  
Banque Mondiale  
1818 H Street, N.W.  
Washington, D.C. 20433  
Etats-Unis d'Amérique**

**Tous droits réservés. Aucune partie de la présente publication ne peut être reproduite, mise en mémoire ou transmise sous aucune forme ni par aucun moyen, électronique ou mécanique, par photocopie, enregistrement ou de toute autre façon, sans l'autorisation préalable de la Banque Mondiale.**

**Cet ouvrage a été publié en anglais sous le titre "Labor-based Construction Programs - A Practical Guide for Planning and Management" par Oxford University Press, New Delhi, pour la Banque Mondiale.**

**Premier tirage (édition française) septembre 1986.**

**Les opinions et interprétations exprimées dans la présente publication n'engagent que leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement la position de la Banque Mondiale, ni de ses institutions affiliées, ni d'aucune autre personne agissant pour leur compte.**

**ISBN 0-8213-0821-1**

## TABLE DES MATIERES

<b>Avant-propos</b>	<b>xv</b>
<b>Remerciements</b>	<b>xvii</b>
<b>Chapitre I Introduction</b>	<b>3</b>
Le potentiel des méthodes manuelles	3
Le Manuel	8
Publications intéressant ce chapitre	19
<b>PREMIERE PARTIE Planification des programmes</b>	
<b>Chapitre II Naissance d'un programme de travaux réalisés par des méthodes manuelles</b>	<b>21</b>
Les sept étapes de la naissance d'un projet	21
Création du service d'étude	22
Comment déterminer la faisabilité des méthodes manuelles	23
Préparation des grandes lignes d'un programme	41
Conclusion de la phase de naissance d'un projet	44
Publications intéressant ce chapitre	46
<b>Chapitre III Planification d'un programme de travaux réalisés par des méthodes manuelles</b>	<b>47</b>
Les cinq étapes de la planification	47
Préparation d'un programme de travaux détaillé d'utilisation intensive de main-d'oeuvre	48
Estimation des coûts, des ressources et des résultats de la planification	51
Planification d'un projet pilote	53
Estimation des coûts du projet pilote	79
Résultat de la phase de planification	88
Publications intéressant ce chapitre	89
<b>Chapitre IV Le programme à grande échelle: orientation des activités</b>	<b>91</b>
Après un projet pilote réussi	91
Le programme à grande échelle: orientation des activités	95
Publications intéressant ce chapitre	112

**DEUXIEME PARTIE Planification, gestion et administration  
du chantier**

<b>Chapitre V Planification et logistique du chantier</b>	<b>115</b>
Nécessité d'une planification minutieuse	115
Les rapports entre les ressources et la méthode de construction	116
Ressources	120
Agencement et construction du campement	124
Transports	130
Frais généraux pour la main-d'oeuvre venant de l'extérieur	133
Publications intéressant ce chapitre	134
<b>Chapitre VI Aménagement du chantier</b>	<b>135</b>
Etablissement des plans	135
Arpentage	139
Défrichage du chantier	143
Organisation des terrassements	143
Choix et manutention des matériaux	154
Estimation des quantités	159
Entretien courant	160
Publications intéressant ce chapitre	163
<b>Chapitre VII Gestion et administration du chantier</b>	<b>167</b>
Fonctions de l'encadrement	167
Recrutement et organisation des ouvriers	170
Formation sur le tas	178
Maximiser la productivité des ressources	179
Planification et contrôle de la production	185
Analyse et interprétation des données sur la productivité	192
Publications intéressant ce chapitre	196
<b>ANNEXES</b>	
<b>Annexe A Inventaire des méthodes de construction</b>	<b>199</b>
Excavation et chargement	199
Transport	202
Epannage et compactage	212
Production des matériaux de construction	214
<b>Annexe B Comptabilité</b>	<b>217</b>

<b>Annexe C Notes sur les outils et le matériel léger</b>	<b>225</b>
Descriptions générales	225
Matériaux	226
Barres	227
Pioches	231
Houes	233
Fourches	236
Pelles, bèches et fourches	236
Masses de carriers	246
Spécifications	250
<b>Annexe D Plan d'action pour la réalisation d'un projet pilote par des méthodes manuelles au Malawi</b>	<b>271</b>
Description du projet pilote	271
Description de la route choisie	272
Stratégie générale des travaux	272
Description des travaux	272
Effectifs	277
Productivité de la main-d'oeuvre	281
Dimension des routes	282
Besoins et matériel	282
Outils et petit matériel	283
Coût estimatif des travaux	283
<b>Annexe E Sélection du chantier: enquête sur le terrain</b>	<b>287</b>
Instructions pour la réalisation de l'enquête	287
Questionnaire	288
Instructions pour remplir le questionnaire et abréviations	290
<b>Annexe F Données sur la productivité et effet des paramètres</b>	<b>293</b>
Sources des données	293
Conditions normales	294
Ajustements aux normes de productivité	295
Avertissements	296
Codes des paramètres	297
Données de productivité observées	298
Synthèse des données sur les tâches et des données sur les opérations	298
Synthèse des données sur les tâches	298
<b>Annexe G Méthode de calcul des coûts</b>	<b>323</b>
Tarifs unitaires et coûts unitaires	323
Coûts directs et frais généraux	324

Estimation des coûts du projet	325
Note sur le calcul des coûts du matériel	334
<b>Annexe H Description des postes</b>	<b>341</b>
Personnel d'assistance technique	341
Personnel local	343
<b>Annexe I Description d'un système de suivi et de notification</b>	<b>345</b>
Mesure de la productivité	345
Systèmes de planification, d'enregistrement des données et de notification	347
<b>Annexe J Diagrammes de production en barres</b>	<b>381</b>
Exemple 1	381
Exemple 2	384

## FIGURES

1-1. Classification des techniques de construction	7
1-2. Etapes successives de la naissance à la réalisation d'un programme à grande échelle	11
2-1. Evaluation de faisabilité des techniques manuelles	24
2-2. Répartition mensuelle de la main-d'oeuvre dans des exploitations rizicoles traditionnelles	30
2-3. Seuil de rentabilité des coûts de main-d'oeuvre pour des travaux de terrassement exécutés manuellement ou à l'aide de machines et suivant la qualité de l'encadrement	38
2-4. Activités et tâches convenant à des méthodes manuelles pour divers taux de salaires	40
2-5. Programmes et projets convenant à des méthodes manuelles pour divers taux de salaire	42
3-1. Paramètres influant sur le choix de la technique, par tâche et activité	60
3-2. Evolution de la productivité	62
3-3. Comparaison des coûts des activités de chargement, transport et déchargement par camion benne et par charrette à boeufs, en terrain plat	68
3-4. Distribution approximative de la population au voisinage d'un projet d'irrigation au Tchad, 1975	69
3-5. Effectifs réels et nombre de jours de travail pour un projet d'irrigation réalisé au Tchad en 1977-78	72
3-6. Organisation du chantier d'un projet pilote d'amélioration de routes au Malawi	73

3-7.	Temps de main-d'oeuvre total pour la construction de routes d'accès bon marché suivant le volume des excavations dans divers pays	81
3-8.	Productivité réelle et productivité prévue des tâches d'excavation et de chargement dans divers pays	82
4-1.	Responsabilités du personnel de l'administration centrale et des chantiers	92
4-2.	Organisation d'un département des travaux réalisés par des méthodes manuelles	95
4-3.	Mouvement des fonds dans une opération faisant appel à la main-d'oeuvre	105
5-1.	Procédé de sélection de la méthode	119
5-2.	Plan d'un campement pour la main-d'oeuvre au Tchad	127
6-1.	Coupe transversale et caractéristiques géométriques de routes rurales exécutées par des méthodes manuelles	138
6-2.	Méthode de jalonnement des terrassements pour un programme de construction de routes rurales	141
6-3.	Tracé d'une courbe régulière à l'aide de cordes et rubans	142
6-4.	Transport transversal de terre pour le creusement d'un canal	144
6-5.	Déblai et remblai équilibrés transversalement dans la construction de routes	144
6-6.	Remblai et déblai équilibrés longitudinalement	145
6-7.	Coupe transversale type de canaux et de routes	147
6-8.	Organisation d'un gîte de matériaux pour l'utilisation de charrettes et de véhicules	149
6-9.	Etapas de la construction d'un remblai à l'aide de brouettes et de paniers portés sur la tête	150
6-10.	Excavation longitudinale par banquettes	152
6-11.	Etapas des terrassements pour la construction d'une route d'accès	154
6-12.	Fonctionnement d'une carrière de graviers	155
6-13.	Aménagement des opérations de concassage	157
6-14.	Formule de contrat d'entretien routier	162
7-1.	Fluctuations des effectifs réels	182
7-2.	Flux des données sur le contrôle de la production	188
A-1.	Utilisation de barres et d'outils à percussion pour affouiller un front de taille vertical	201
A-2.	Méthode de travail avec brouettes et treuils	208
A-3.	Plan de chargement de la remorque avec tracteur	211
A-4.	Plan d'une voie ferrée simple	213
C-1.	Dureté des matériaux utilisés dans les outils	227
C-2.	Barres classiques	228
C-3.	Barres spéciales	229
C-4.	Barres à mine	230
C-5.	Pioche	232
C-6.	Description détaillée des houes	234
C-7.	Divers types courants de houes	235
C-8.	Fourches pour le chargement des pierres	237

C-9. Nomenclature des pelles et bèches	238
C-10. Modèles courants de pelles	239
C-11. Pelles à manche long	240
C-12. Bêches courantes	241
C-13. Normes britanniques des fourches	243
C-14. Détails des raccordements des manches de fourches, pelles ou bèches	244
C-15. Détail des poignées de fourches, pelles et bèches	245
C-16. Masses de carriers	248
C-17. Types de têtes de marteaux	249
C-18. Spécifications: Pelle	251
C-19. Spécifications: Houe	252
C-20. Spécifications: Brouette	253
C-21. Spécifications: Griffes	256
C-22. Spécifications: Barre	257
C-23. Spécifications: Machette	261
C-24. Spécifications: Pioche	262
C-25. Spécifications: Manche de pelle	263
C-26. Spécifications: Manche de houe et de griffe	263
C-27. Spécifications: Manche de pic et de pioche	264
C-28. Spécifications: Manche de hache	265
C-29. Spécifications: Manche de masse	265
C-30. Spécifications: Hache	266
C-31. Spécifications: Pic	268
C-32. Spécifications: Râteau épandeur	269
C-33. Spécifications: Dame à bras	270
D-1. Plan indiquant l'emplacement des campements	273
D-2. Programme provisoire des travaux	274
D-3. Besoins de main-d'oeuvre temporaire	277
D-4. Besoins en personnel et en matériel	278
D-5. Dimensions minimums recommandées sur des tronçons de route caractéristiques	282
F-1. Définition des paramètres de transport	299
F-2. Effet des catégories de matériaux sur la productivité de l'excavation à la main	300
F-3. Effet de la hauteur de chargement sur la productivité du chargement et du déchargement manuels des pierres et d'autres matériaux meubles	301
F-4. Effet de la distance de transport et de l'état de la piste sur la productivité du transport et du déchargement à la main	302
F-5. Effet de la hauteur de chargement sur la productivité de l'excavation et du chargement à la main	303
F-6. Effet de la distance de transport sur la productivité du transport et du déchargement à l'aide d'animaux	305
F-7. Effet de l'épaisseur de la couche sur la productivité de l'épandage manuel	306
F-8. Effet des conditions du sol sur la productivité de l'excavation, du chargement, du transport, du déchargement et de l'épandage, selon le mode de transport manuel	313
F-9. Effet de la piste de transport sur la productivité de l'excavation, du chargement, du transport, du déchargement et de l'épandage à la main, avec transport par tracteur et remorque basculante	314



F-10. Effet de la piste sur la productivité de l'excavation, du chargement, du transport, du déchargement et de l'épandage, avec transport par camion à plate-forme	318
F-11. Effet de la piste sur la productivité du chargement, du transport, du déchargement et de l'épandage des matériaux de la couche de base, avec transport par tracteur et remorque	319
F-12. Effet de la piste de transport sur la productivité du chargement, du transport, du déchargement et de l'épandage des matériaux de la couche de base, avec transport par camion à plate-forme	321
I-1. Formulaire de récapitulation des ressources	348
I-2. Formulaire de récapitulation de la production pour les routes	349
I-3. Formulaire de récapitulation de la production pour des travaux d'irrigation	349
I-4. Formulaire de récapitulation de la productivité	350
I-5. Formulaire de récapitulation des dépenses	351
I-6. Schéma de planification et de circulation de l'information	355
I-7. Formulaire d'estimation des ressources	356
I-8. Devis quantitatif et estimation des ressources	357
I-9. Entailles	358
I-10. Graphique de planification	359
I-11. Exemple d'utilisation d'un graphique de planification	360
I-12. Feuille de présence	361
I-13. Formulaire de programme de travail	362
I-14. Formulaire de réalisation des objectifs	363
I-15. Registre journalier/hebdomadaire	364
I-16. Etat mensuel du chantier	365
I-17. Formulaire d'inventaire des magasins de chantier	367
I-18. Formulaire de fabrication des ponceaux	368
I-19. Registre de construction des ouvrages	369
I-20. Réalisations mensuelles et programme annuel	370
I-21. Rapport mensuel de l'unité	371
I-22. Frais généraux trimestriels pour les travaux	372
I-23. Frais généraux trimestriels de l'unité	374
I-24. Résumé du projet, travaux	376
I-25. Formulaire de rapport sur les ouvrages	377
I-26. Feuille de paye	378
I-27. Etat quotidien/mensuel des travaux de gravillonnage	379
I-28. Résumé du projet, gravillonnage	380
J-1. Diagramme de production en barres au stade de la planification	383
J-2. Diagramme de production en barres au stade de la production	384
J-3. Diagramme en barres de planification à court terme au stade de la programmation	386
J-4. Diagramme en barres de planification à court terme au stade de la production (fin de la deuxième semaine)	387

## TABLEAUX

1-1. Plan et résumé de l'ouvrage	17
2-1. Choix de revêtements pour des routes à faible circulation et choix d'utilisation de matériel ou de main-d'oeuvre	26

2-2.	Petits ouvrages pour des routes à faible circulation et choix d'utilisation de matériel ou de main-d'oeuvre	27
2-3.	Choix de ponts pour des routes à faible circulation et choix d'utilisation de matériel ou de main-d'oeuvre	28
2-4.	Projection des coûts financiers initiaux des méthodes faisant appel à des machines et des méthodes manuelles pour la construction de routes rurales	33
2-5.	Prévisions des coûts financiers initiaux des méthodes faisant appel à des machines et des méthodes manuelles pour la construction de routes rurales	34
2-6.	Prévisions des coûts économiques initiaux des méthodes faisant appel à des machines et des méthodes manuelles pour la construction de routes rurales	35
2-7.	Exemple de programme de construction de routes de desserte par des méthodes manuelles dans l'ensemble d'un pays	45
3-1.	Exemples de données techniques à définir par le service d'exécution au ministère pour la construction des routes rurales	56
3-2.	Tâches et activités dans le creusement d'un canal	57
3-3.	Tâches et activités de la construction d'une route	59
3-4.	Exemple de calcul des résultats: normes de productivité par activité	63
3-5.	Comparaisons de coûts des activités de chargement, transport et déchargement par camions et charrettes à boeufs en terrain plat au Honduras	64
3-6.	Comparaisons de coûts des méthodes faisant appel à des machines et des méthodes manuelles pour la construction de routes au Kenya	66
3-7.	Prévisions des effectifs réels et des jours ouvrables pour la réalisation d'un projet pilote	70
3-8.	Calcul des effectifs réels et du nombre de jours d'activité pour la réalisation d'un projet d'irrigation au Tchad, 1977-78	71
3-9.	Calcul des coûts de logement en vue de la construction de campements au Tchad	76
3-10.	Ventilation des coûts directs d'un programme de routes rurales d'accès au Kenya	84
3-11.	Ventilation des coûts totaux d'un programme de routes d'accès au Honduras	84
3-12.	Description schématique et estimation des coûts d'un projet pilote de trois ans	86
4-1.	Elargissement de l'organisation chargée des opérations réalisées par des méthodes manuelles	93
5-1.	Liste des tâches et des méthodes d'exécution possibles	117
5-2.	Outillage type pour un projet de routes rurales	123
5-3.	Coût direct moyen d'un logement dans un campement au Tchad	129
5-4.	Exemple de calcul des besoins de transport quotidien de la main-d'oeuvre jusqu'au chantier	132
6-1.	Exemple de calcul pour la sélection d'une carrière	137
6-2.	Exemple de calcul de la dimension optimale d'un gîte à matériaux	148

6-3.	Exemple de calcul des étapes de la construction d'un talus à l'aide de brouettes et de paniers portés sur la tête	151
6-4.	Calendrier des opérations d'excavation et de transport	153
7-1.	Exemple de calcul permettant de définir une tâche	174
7-2.	Exemple de calcul permettant de définir l'importance d'une pièce	175
7-3.	Exemple de calcul des coûts relatifs d'utilisation séparée des ressources et de partage des ressources pour l'exécution de deux tâches	184
7-4.	Exemple de calcul du coût d'utilisation de ressources importantes et de ressources réduites	185
7-5.	Équilibrage d'une équipe pour l'excavation, le chargement, le transport, le déchargement et l'épandage des gravillons	190
7-6.	Synthèse des données sur la productivité d'une tâche comprenant des terrassements effectués à l'aide de brouettes	191
7-7.	Effet de la méthode de rémunération sur les normes de productivité	193
A-1.	Outils d'excavation et de chargement adaptés à divers types de sols	200
A-2.	Méthodes de transport	204
B-1.	Résumé des rubriques comptables	217
B-2.	Détail des rubriques comptables	218
C-1.	Propriétés des bois	227
C-2.	Dimensions des houes courantes	233
C-3.	Dimensions des houes à bêcher	235
C-4.	Dimensions courantes des pelles	239
C-5.	Dimensions des bêches courantes	241
C-6.	Dimensions des masses de carriers courantes	247
D-1.	Volume des travaux et effectifs	275
D-2.	Coût des principaux matériels	281
D-3.	Coût des outils et du petit matériel	283
D-4.	Résumé des coûts estimatifs directs	284
D-5.	Détail des coûts estimatifs directs	284
F-1.	Paramètres d'excavation et valeurs	298
F-2.	Données sur la productivité du transport à la main ou à l'aide d'un véhicule	299
F-3.	Productivité de l'excavation à la main	300
F-4.	Productivité du chargement et du déchargement à la main	301
F-5.	Productivité du transport et du déchargement à la main	302
F-6.	Données sur la productivité du chargement, du transport et du déchargement à l'aide d'animaux, selon le mode de transport	304
F-7.	Données sur la productivité de l'épandage manuel	305
F-8.	Données sur la productivité du compactage par des moyens mécaniques	307
F-9.	Données sur la productivité du compactage par des moyens manuels et à l'aide d'animaux	308

<b>F-10. Données sur la productivité de la fabrication d'agrégats à la main</b>	<b>308</b>
<b>F-11. Données sur la productivité de la pose de la couche de base et des matériaux de la couche de roulement par des moyens manuels</b>	<b>309</b>
<b>F-12. Synthèse des données sur la productivité d'une tâche: exemple de terrassement à l'aide de brouettes</b>	<b>310</b>
<b>F-13. Synthèse des données sur la productivité d'une tâche: exemple du transport des graviers par tracteur et remorque</b>	<b>311</b>
<b>F-14. Synthèse des données sur la productivité: exemple de creusement d'un canal</b>	<b>312</b>
<b>F-15. Données sur la productivité des tâches d'excavation, chargement, transport, déchargement et épandage, transport par tracteur et remorque basculante</b>	<b>315</b>
<b>F-16. Effectifs nécessaires aux tâches d'excavation, chargement, transport, déchargement et épandage, avec transport par camion à plate-forme (nombre d'ouvriers par camion)</b>	<b>316</b>
<b>F-17. Effectifs nécessaires au chargement, au transport, au déchargement et à l'épandage des matériaux de la couche de base, avec transport par tracteur et remorque (nombre d'ouvriers par tracteur)</b>	<b>320</b>
<b>G-1. Présentation d'un devis quantitatif approximatif</b>	<b>326</b>
<b>G-2. Présentation du devis quantitatif élargi pour calculer les besoins en ressources</b>	<b>330</b>
<b>G-3. Classification des tâches réalisées au moyen de ressources insuffisantes, en fonction du rapport de coût unitaire: exemple des tracteurs</b>	<b>331</b>
<b>G-4. Résumé du budget: exemple de la route Masite-Nek à Ha Makintane</b>	<b>333</b>
<b>G-5. Exemple de calcul du coût direct d'un tracteur de 50 CV</b>	<b>335</b>
<b>G-6. Présentation normalisée du calcul des tarifs du matériel</b>	<b>336</b>
<b>I-1. Planification, enregistrement et phases d'enregistrement du système utilisé dans le programme de routes rurales d'accès au Kenya</b>	<b>353</b>
<b>J-1. Chiffres de production pour l'établissement du diagramme en barres au stade de la planification</b>	<b>383</b>
<b>J-2. Besoins en ressources en vue de la planification à court terme</b>	<b>385</b>

Au cours des années 80, la population mondiale va s'accroître d'un milliard d'êtres humains, dont environ 90 % dans les pays en voie de développement dont les ressources sont déjà insuffisantes. Cette croissance rapide va aggraver les difficultés que ces pays doivent affronter:

- \* nécessité d'augmenter le nombre d'emplois, de pourvoir aux besoins en nourriture et en énergie, d'améliorer les transports, de multiplier les logements, de développer les infrastructures d'assainissement et les installations médicales.

L'éventail des moyens techniques modernes dont disposent les pays industriels ne permettra de résoudre ces problèmes que partiellement. Les pays pauvres, qui souvent ne peuvent acquérir ou utiliser un matériel complexe, auront besoin de technologies appropriées leur permettant d'exploiter leur principale ressource disponible: leur abondante population.

Le présent ouvrage est une conséquence concrète de l'engagement pris par la Banque Mondiale d'aider les pays en développement à mettre au point et à utiliser des technologies appropriées à leur croissance économique. Cette croissance, et tout spécialement dans les zones rurales, est souvent subordonnée à la construction de routes ou de canaux; la Banque s'est donc attachée en priorité à étudier l'efficacité des méthodes manuelles dans la construction des ouvrages de génie civil.

Le présent manuel résume l'expérience accumulée, dans neuf pays, au cours des dix dernières années, sur des chantiers de construction de routes et d'ouvrages d'irrigation privilégiant l'utilisation d'une main-d'oeuvre abondante. Les personnes qui ont participé à la rédaction de ce manuel sont de nationalités, de professions et de provenances très diverses: membres des services de la Banque Mondiale, d'institutions internationales et d'organismes bilatéraux de coopération, fonctionnaires, ingénieurs-conseils, représentants de sociétés privées et de coopératives chargées de travaux ruraux, personnel de petites et grandes entreprises de construction, et enfin plusieurs milliers d'ouvriers d'Afrique, d'Asie, et d'Amérique latine.

Cet ouvrage a été composé pour servir de guide pratique pour étudier, organiser et exécuter des travaux de construction, par des méthodes manuelles, en particulier dans les pays où ces méthodes manuelles n'appartiennent pas aux techniques traditionnelles.

Mais cet ouvrage, qui rapporte l'expérience de dix années de recherches et d'applications pratiques, est bien davantage un point de départ qu'un aboutissement. Il expose des principes directeurs qu'il faudra sans doute affiner par l'expérience d'autres programmes utilisant les méthodes manuelles. En outre, les informations qu'il contient devront être adaptées aux circonstances particulières dans lesquelles chaque projet doit s'inscrire. Néanmoins, il a pour but d'encourager le lancement de nouveaux programmes de construction axés sur les méthodes manuelles et d'en faciliter l'exécution.

L'expérience acquise montre que l'usage de ces méthodes manuelles, de même que celui des technologies les plus avancées, ne peut suffire à résoudre les graves problèmes que doivent affronter les pays en voie de développement. Mais, dans les nombreux pays où la main-d'oeuvre est abondante et où le capital est rare, l'utilisation de ces méthodes sera un facteur indispensable à toute stratégie à long terme du développement rural.

Warren C. Baum  
Vice-Président, Politique opérationnelle  
Banque Mondiale  
Décembre 1982

## REMERCIEMENTS

Le présent ouvrage est le fruit des recherches et des applications pratiques entreprises depuis 1971 dans le cadre de l'étude sur le remplacement du capital par la main-d'oeuvre dans les travaux de génie civil menée par le Département des transports et de l'alimentation en eau de la Banque Mondiale. Il a été financé par le programme de recherche de la Banque Mondiale et les gouvernements de la République fédérale d'Allemagne, du Canada, du Danemark, des Etats-Unis, de la Finlande, du Japon, de la Norvège, du Royaume-Uni et de la Suède.

Cet ouvrage collégial est dû aux efforts de nombreuses personnes. Les travaux ont tout d'abord été dirigés par Clell G. Harral et K.C.W. James puis par Inder Sud, Helmut Kaden, Basil Coukis et P.A. Green. Cinq participants ont fait la synthèse des éléments constituant le présent volume et ont fait de leur mieux pour concentrer entre deux couvertures les recherches de nombreux collègues qui, au fil des ans, ont participé directement à la planification et à l'exécution de nombreux projets de travaux faisant appel à la main-d'oeuvre ou ont apporté leur concours à l'exécution de projets pilotes.

Quelques lignes ne suffiront pas pour remercier tous ceux qui ont participé à une entreprise aussi vaste. Les noms des principaux participants mentionnés ci-après ne sauraient exprimer toute la gratitude qui leur est due. En Indonésie et en Inde, les travaux ont pu être effectués avec le concours de G. Subba Rao, A. Majumdar, Y. Kumar, N. Prasad, J.S. Bali, J.S. Bawa, T. Srivastava, K. Tahilani, A. Shastri, G. Joshi, J.S. Marya, S.L. Kathuria, R.M. Gupta, S.B. Khore, P.P. Agarwal, K.C. Goyal, Y. Murti et G. Singh; au Kenya avec le concours de B. Nilsson, L. Karlsson, T. Frisk, K. Vaidya, M. Latham, K. Butcher, H. Armstrong, S. Mbugua, et N.P. Radier. J.L. Ginnsz et R. Mba ont apporté leur concours au Tchad, ainsi que H. Wetzig et M. Flores-Theresin au Honduras. G. Edmonds, E. Costa, A. Bhalla et M. Hussain, de l'Organisation internationale du travail à Genève, ont participé à diverses étapes des travaux.

La préparation des nombreux rapports publiés pendant l'établissement de l'étude de la Banque Mondiale sur le remplacement du capital par la main-d'oeuvre dans les travaux de génie civil, ainsi que les versions successives du présent ouvrage en anglais, puis en français n'auraient pas été possibles sans le concours de M. Sharrock, H. Insley, P. Brown, J.J. Gandy, J.W. Knowles, R.A. Williams, H. Chaplin, H. Gill, A. Chesher, T.S. Church, K. Wigmore, L. Thomas, R. Dawson, R. Bettrell, D. Canning, A. Casebow, D. Mackie, B. Mitchell, L.H. Miller, A.A. Churchill, D. Jordan, A. Truneh, C. Gochenour, G. Little, S. Bose, S. Basta, P. Thormann, S.C. Hardy, E.V.K. Jaycox, C.R. Willoughby, V.W. Hogg, W. Sikorski, E.E. Henriod, W.B. Herbert, J-M. Lantran, J. Koch, C. Rosen, P. Moses, W. Wright, S. Kraut, M. Imamura, K. Srirakul, S. Flanagan et T. Walbert.

Les opinions et les jugements exprimés sont ceux de l'équipe qui a rédigé le texte et ne correspondent pas nécessairement à la position officielle de la Banque Mondiale ou des gouvernements ayant apporté leur concours au financement ou à la réalisation de l'étude.

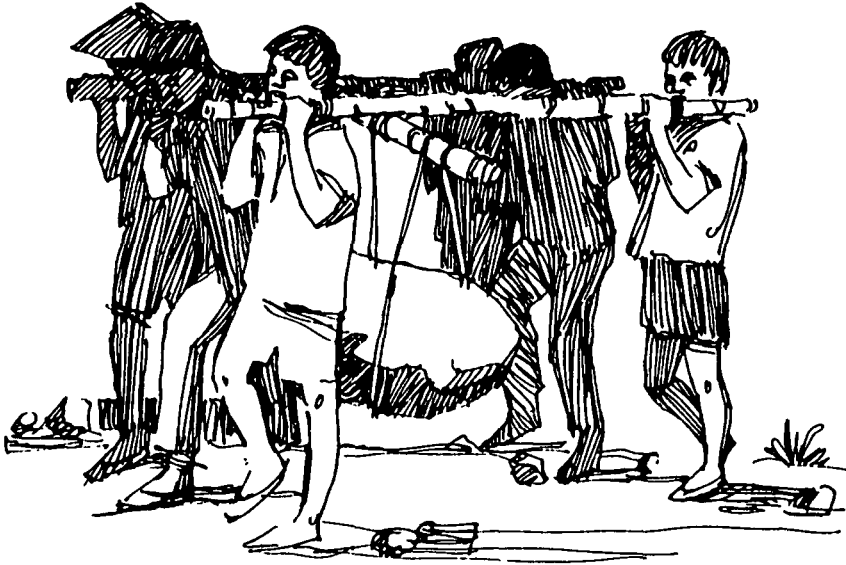


**UTILISATION DES  
METHODES MANUELLES  
DANS LES PROGRAMMES  
DE CONSTRUCTION**



## CHAPITRE I

### INTRODUCTION



Plus de 800 millions de personnes vivent de nos jours dans une pauvreté accablante. Environ 80 % se massent dans les zones rurales où, en dépit des migrations vers les centres urbains, la population s'accroît au rythme de 2 % par an ou davantage. Dans les années 70, l'accroissement démographique a été rapide dans de nombreux pays en développement, mais fortement concentré dans certains d'entre eux, ce qui n'a fait qu'aggraver la pauvreté dans les campagnes. Plus encore que les pauvres vivant dans les villes, les pauvres des régions rurales se voient exclus de la vie nationale: ils ne participent pratiquement pas à l'économie de marché, sont sous-alimentés, illettrés, mal logés et sont les victimes toutes désignées des inondations, des famines et des épidémies.

Néanmoins, ils constituent par leur seul nombre une force politique considérable. Les gouvernements des pays du Tiers-Monde ne l'ignorent pas et s'efforcent, au mieux de leurs moyens, d'améliorer les conditions de vie dans les zones rurales, le plus souvent en améliorant les infrastructures. L'un dans l'autre, environ 70 % des investissements publics annuels de ces pays sont consacrés à des projets de génie civil. Les projets habituellement nécessaires pour améliorer l'infrastructure qui, à son tour, contribue à rendre plus acceptable la qualité de la vie sont les routes rurales, les réseaux d'alimentation en eau des régions rurales, les ouvrages d'irrigation et de lutte contre les inondations, et les installations de stockage. La plupart des projets ayant une influence immédiate sur l'économie rurale sont des ouvrages de petite envergure, géographiquement dispersés, réalisables par des techniques relativement simples.

### LE POTENTIEL DES METHODES MANUELLES

Au début des années 60, rares étaient les dirigeants des pays en développement croyant que la main-d'oeuvre sans travail mais abondante dans les zones rurales pouvait être utilisée efficacement pour réaliser ces projets. Faisaient notablement exception plusieurs pays d'Asie - Inde, Pakistan, Chine et Indonésie - où la main-d'oeuvre avait de tout temps été utilisée pour construire divers ouvrages. De nombreux pays du Tiers-Monde ont importé des méthodes de construction utilisant principalement du matériel lourd.

Les méthodes de construction utilisant des moyens mécaniques d'une technologie avancée se sont imposées pour diverses raisons: les hommes politiques et les ingénieurs des pays du Tiers-Monde souhaitaient imiter les pays plus avancés, les ingénieurs-conseils et les entreprises de travaux publics internationales tendaient à encourager les méthodes de construction qui leur étaient familières, et les règles des organismes d'aide internationaux et bilatéraux favorisaient ces méthodes dans le cadre de l'aide liée dans le but d'encourager les exportations des pays membres de ces organismes. L'éducation reçue par les principaux dirigeants techniques des pays en développement a joué un rôle particulièrement important. Souvent acquise dans des écoles d'ingénieurs qui mettaient en avant, dans les pays occidentaux comme dans les pays à économie centralisée, les toutes dernières découvertes technologiques, cette formation a conditionné les planificateurs et les ingénieurs qui ont en toutes circonstances favorisé l'utilisation de matériel lourd.

On estimait que la productivité, les coûts et les performances de ces méthodes étaient prévisibles, qu'elles permettaient d'obtenir des résultats de grande qualité, qu'enfin elles correspondaient à une mystique du progrès technique. C'est pourquoi l'utilisation de moyens mécaniques présentait un attrait particulier et, dans certains cas, était inévitable car de ces moyens dépendait l'octroi des ressources financières nécessaires.

Inversement, le remplacement des machines par la main-d'oeuvre semblait avoir des connotations négatives. Pour approcher le volume de production d'une seule machine, une main-d'oeuvre nombreuse était nécessaire, qu'il fallait loger, nourrir, former et soigner. La capacité de travailleurs non qualifiés à produire un travail de haute qualité était mise en doute. En outre, la main-d'oeuvre était jugée indisciplinée, turbulente, peu fiable et, par conséquent, devait être surveillée de très près. En résumé, on considérait que l'utilisation massive de main-d'oeuvre risquait d'alourdir les coûts, d'allonger la durée des travaux et d'aboutir à des résultats d'une qualité douteuse. Ces risques ont incité les secteurs publics de la plupart des pays en développement - qui sont les principaux utilisateurs potentiels - à s'opposer à l'utilisation de main-d'oeuvre non qualifiée dans les travaux de construction.

Toutefois, on soulignait aussi les inconvénients de l'utilisation exclusive de machines. Celles-ci représentent d'importantes dépenses en devises dans les opérations de construction. Ces coûts risquent de constituer une charge inévitable dans la réalisation de projets urgents reposant sur une technologie avancée. Mais pour la construction dans les régions rurales de projets moins importants, plus dispersés et techniquement moins exigeants, les hommes politiques et les administrateurs ont commencé à se tourner vers des méthodes permettant d'utiliser les ressources locales. Si la plupart des travaux pouvaient être exécutés à la main, les pauvres des régions rurales non seulement tireraient profit du produit fini mais, en

outré, ils pourraient se procurer un revenu en travaillant, des emplois grâce aux travaux d'entretien, et enfin développer leur sens de la participation, leur sens civique et leur sens de l'unité.

A la fin des années 60, les dirigeants de plusieurs pays en développement qui jusqu'alors n'avaient guère utilisé, voire pas du tout, des méthodes manuelles, ont proposé de les expérimenter. Ils avaient notamment pour objectif d'améliorer le niveau de vie dans les zones rurales en modernisant l'infrastructure, de créer des emplois pour la population pauvre sans qualification des zones rurales et d'économiser des devises rares. Toutefois, on ne savait pas très bien comment utiliser efficacement une main-d'oeuvre nombreuse dans la construction d'ouvrages de génie civil habituellement exécutés par des machines. Aucune recherche systématique n'avait encore été effectuée sur les coûts et les résultats comparatifs de l'utilisation d'une main-d'oeuvre nombreuse dans la réalisation d'ouvrages de génie civil. C'est alors que la Banque Mondiale a entrepris des recherches approfondies afin de mieux comprendre les méthodes appliquées dans les pays où elles étaient devenues depuis longtemps une tradition.

Les recherches effectuées dans la première moitié des années 70 ont montré que, dans certaines conditions, la main-d'oeuvre pouvait concurrencer les machines sur le plan technique comme sur le plan financier. Au surplus, il était possible d'accroître la compétitivité des méthodes manuelles grâce à une meilleure gestion et une meilleure organisation, à des systèmes de rémunération comportant des stimulants, à un outillage et un matériel léger de meilleure qualité et par des apports de nourriture et de médicaments permettant d'améliorer l'alimentation et l'état de santé des travailleurs.

Jusqu'alors, les recherches sur les possibilités techniques et économiques d'utiliser des méthodes manuelles étaient restées axées sur les pays d'Asie. Les succès observés en Asie ont donné à penser que ces méthodes pouvaient être appliquées dans d'autres parties du monde. Les enseignements qui en seraient tirés pourraient, en fin de compte, améliorer la conception et l'exécution des programmes faisant appel à la main-d'oeuvre, quelle que soit la région géographique où ils seraient réalisés. A partir de 1976, l'équipe de recherche de la Banque Mondiale a participé à l'exécution et à la conception de programmes faisant appel à la main-d'oeuvre au Kenya, au Honduras, au Tchad, au Lesotho et au Bénin. De nombreux enseignements tirés de travaux effectués précédemment en Inde et en Indonésie ont été testés, appliqués et affinés. De l'observation et de la recherche, on est passé à l'application et à l'exécution d'opérations de plus grande envergure faisant appel à la main-d'oeuvre et confiées à une organisation centrale tout en étant réalisées dans plusieurs régions.

En conclusion, les méthodes manuelles peuvent être techniquement utilisables et économiquement justifiables pour de nombreuses activités et tâches des travaux de génie civil. Leurs possibilités d'application dépendront de facteurs techniques, économiques, sociaux et institutionnels propres au pays où doivent être exécutés les travaux proposés. L'offre de main-d'oeuvre, le niveau des salaires en vigueur, les caractéristiques techniques, le comportement des dirigeants politiques et techniques du pays à l'égard des méthodes manuelles ne sont que quelques-uns des facteurs qui doivent être pris en compte. Le présent ouvrage a été rédigé pour explorer ces questions, résumer l'expérience acquise en matière de

planification et d'exécution de travaux par des méthodes manuelles et pour proposer des orientations aux organismes nationaux ou internationaux souhaitant mettre en oeuvre des programmes faisant appel à des méthodes manuelles.

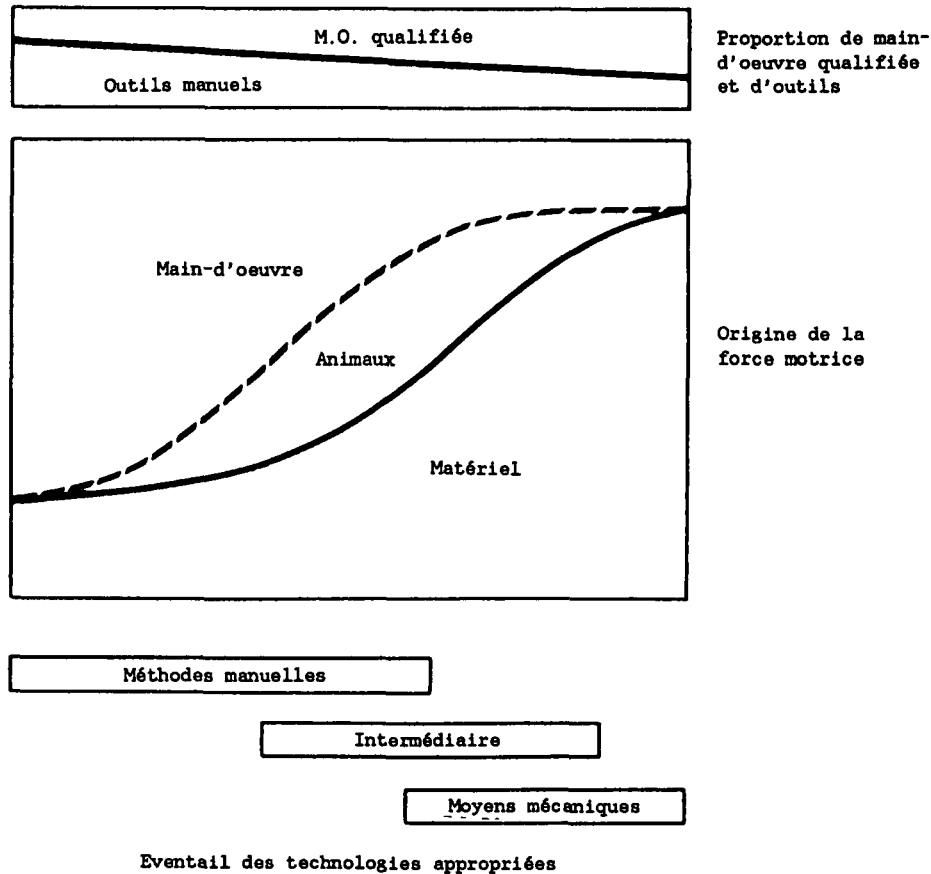
Les méthodes manuelles et celles qui font appel à des moyens mécaniques ne doivent pas être évaluées comme s'il s'agissait de deux techniques diamétralement opposées. Les méthodes manuelles font partie de l'éventail de techniques de construction disponibles, comme l'indique la figure 1-1. Toutes ces techniques font appel à la fois à des moyens humains, animaux et mécaniques. C'est pourquoi, une méthode de construction faisant appel à la main-d'oeuvre ou une méthode faisant appel à des machines n'excluent pas nécessairement l'intervention d'autres facteurs de production, mais l'expression employée permet simplement d'identifier l'origine de la force motrice.

Une technologie "appropriée" s'entend de celle qui est à la fois efficace et la moins coûteuse. Ainsi, il existe dans l'éventail des méthodes représentées sur la figure 1-1 des techniques de construction appropriées. Dans chaque cas, la combinaison appropriée de main-d'oeuvre, d'animaux et de machines sera déterminée par la nature technique du projet, les ressources disponibles, les prix des facteurs de production et l'environnement socio-économique dans lequel le projet sera exécuté. Le présent ouvrage étudie les situations dans lesquelles la technologie appropriée comprend les méthodes manuelles. Les techniques manuelles sont supposées utiliser au maximum la main-d'oeuvre non qualifiée et le minimum de moyens mécaniques pour construire des ouvrages avec rapidité, d'une qualité et pour des coûts au moins comparables à ceux qui découlent de toute autre méthode.

Les techniques manuelles trouvent leur application la plus immédiate dans un environnement rural où sont réunies une ou plusieurs des conditions suivantes. Les pauvres sont nombreux, la plupart d'entre eux sont sous-employés ou au chômage, l'infrastructure nécessite de nombreuses améliorations, dont certaines correspondent à de petits travaux techniquement simples et géographiquement dispersés, enfin, la pénurie de devises ne permet pas d'acheter et de faire fonctionner les machines nécessaires à la réalisation des travaux et à l'entretien de l'infrastructure améliorée. Cet environnement se retrouve souvent dans les pays du Tiers-Monde. Il caractérise des régions étendues ou, dans certains cas, la totalité d'un pays. Toutes les activités de construction ne se prêtent pas à l'utilisation de la main-d'oeuvre, mais les circonstances qui la favorisent ne sont pas immuables dans l'espace ou dans le temps. C'est pourquoi le présent ouvrage recommande l'utilisation accrue de méthodes manuelles, mais de façon sélective. Les techniques manuelles peuvent être utilisées avec succès de façon exclusive dans la réalisation de projets qui s'y prêtent par leur nature et leur ampleur, ou elles peuvent être combinées à des moyens mécaniques pour l'exécution de travaux plus complexes ou plus exigeants. Lorsque les conditions socio-économiques sont réunies, les techniques manuelles conviennent à la construction de routes rurales, de canaux d'irrigation, d'ouvrages de régularisation des cours d'eau et de conservation des sols. Les grands ouvrages de génie civil (comme les routes nationales et les grands périmètres d'irrigation) peuvent aussi être construits en partie ou en totalité par des méthodes manuelles, mais de nombreuses conditions doivent être favorables pour que les résultats soient satisfaisants. Par conséquent, il n'est pas conseillé d'entreprendre

la réalisation d'un projet important pour démontrer l'utilisation des méthodes manuelles. Des petits projets plus dispersés peuvent être réalisés de façon rentable par de la main-d'oeuvre non qualifiée, même dans un pays qui n'a pas d'expérience dans ce domaine. De surcroît, ces projets offrent l'occasion de créer les institutions et les services d'appui nécessaires à la réalisation d'un programme de plus vaste envergure et plus efficace par des méthodes manuelles.

Figure 1-1. Classification des techniques de construction



Source : Banque Mondiale.

Dans les pays qui n'utilisent pas traditionnellement les techniques manuelles, une préparation de trois ans au minimum sera nécessaire pour mobiliser la main-d'oeuvre, former le personnel et créer les institutions avant qu'un important programme faisant appel à la main-d'oeuvre puisse être réalisé avec succès. L'offre de main-d'oeuvre, la productivité du travail, la supervision des travaux et leur suivi, le financement et le calendrier des travaux sont autant de questions qui devront être étudiées et résolues avant qu'un pays ne se lance dans d'importants programmes de travaux et d'entretien. C'est parce que la nécessité de ces travaux préparatoires a été sous-estimée que de nombreuses opérations faisant appel à la main-d'oeuvre ont échoué.

Le présent manuel examine les objectifs et décrit l'exécution des programmes faisant appel à la main-d'oeuvre, dans le contexte du développement rural. Il porte plus particulièrement sur la planification et l'application des programmes.

### *Objectifs*

Les pays qui utilisent pour la première fois les méthodes manuelles de construction sont obligés de s'inspirer de l'expérience d'autres pays. Même en se plaçant dans les meilleures conditions, la tâche sera ardue. Il peut exister de profondes différences d'un pays à l'autre quant au type de projet, au marché du travail, au taux de salaires, aux structures administratives, à l'environnement socio-économique et aux attitudes à l'égard du travail manuel. Ce qu'un pays peut apprendre d'un autre est limité et doit en outre être adapté aux conditions locales.

Les travaux de recherche et d'application menés par la Banque Mondiale ont porté sur des projets faisant appel aux méthodes manuelles et réalisés au cours d'une période de près de dix ans en Asie, en Afrique et en Amérique latine. Cet ouvrage présente l'essentiel de l'expérience acquise par la Banque dans des cadres économiques, physiques, administratifs et ethnologiques très différents. Si un seul enseignement en a été tiré, c'est que chaque programme est unique et qu'il n'existe pas de formule unique applicable en toutes circonstances.

Les planificateurs devront toujours tenir compte des conditions locales, mais des orientations générales leur faciliteront la tâche et pourront peut-être les aider à ne pas répéter les erreurs commises dans le passé. L'objectif premier de cet ouvrage est donc d'avertir les planificateurs et les ingénieurs qu'il existe des méthodes manuelles de construction dont l'efficacité est démontrée et de leur proposer des orientations générales sur la conception, l'exécution et la conduite de ces programmes, en particulier ceux qui concernent la construction de routes de desserte et d'ouvrages d'irrigation. L'ouvrage abordera successivement toutes les étapes de ces programmes, du début à l'exécution finale. On trouvera dans la figure 1-2 un aperçu de la méthode suivie.

Les chapitres qui suivent exposent dans leurs grandes lignes les travaux de préparation et de planification nécessaires à la réalisation d'un projet pilote qui permettra de mettre à l'essai la faisabilité technique, financière et économique des méthodes manuelles; ils analysent les procédures à suivre pour passer d'un projet pilote à un programme national à grande échelle; ils proposent les moyens d'identifier des activités spécifiques de construction qui peuvent être exécutées manuellement et de déterminer s'il serait préférable de les utiliser; ils décrivent les dispositions qui ont le plus de chances d'être fructueuses dans le domaine de l'organisation et de la gestion; ils identifient et analysent les problèmes qui surgiront probablement et proposent diverses solutions pour résoudre les difficultés les plus communes; enfin, ils présentent des exemples tirés de l'expérience acquise dans la planification et l'exécution des programmes réalisés par des méthodes manuelles. Cette approche est pragmatique et empirique. Les raisonnements théoriques ont été réduits au minimum. L'ouvrage porte avant tout sur ce que l'on peut attendre de ces méthodes, leurs contraintes et les problèmes qu'elles posent.

Il n'aborde pas les problèmes liés à l'évaluation des projets du point de vue de l'économie nationale, c'est-à-dire de la détermination de l'intérêt



d'un programme lorsque d'autres projets exigent tout autant de fonds publics. Il part du principe qu'un projet donné a été jugé avantageux pour l'économie nationale.

Les programmes de travaux faisant appel à la main-d'oeuvre peuvent prendre suffisamment d'importance pour constituer l'ossature d'une stratégie nationale visant à moderniser l'infrastructure et à donner du travail aux pauvres. Pour des considérations politiques, sociales ou humanitaires, la création d'emplois peut passer avant la modernisation de l'infrastructure. Plusieurs catégories de programmes de construction font appel à d'importants effectifs de main-d'oeuvre non qualifiée:

- \* Les programmes de secours en cas de catastrophes naturelles ou dues à l'homme. Leur objectif premier est de procurer de la nourriture ou des revenus à tous ceux qui en sont victimes. Bien que ces programmes permettent aussi de moderniser certaines installations, cette conséquence est la bienvenue mais n'est pas le principal but recherché.
- \* Les programmes de création d'emplois visent à donner une occupation à la population. L'économie et la productivité entrent peu en ligne de compte. La construction des ouvrages n'est qu'un objectif secondaire.
- \* Les programmes de travaux neufs visent à moderniser l'infrastructure au moindre coût possible. Simultanément, ils ont pour objectif de compléter le revenu que tirent les travailleurs de leur activité habituelle, qui est l'agriculture. Pour planifier ces programmes, il faut veiller à choisir l'emplacement où sera réalisé le projet et échelonner les travaux de façon que la main-d'oeuvre ne soit pas détournée de l'accomplissement des activités essentielles. Les programmes d'auto-suffisance constituent une sous-catégorie dans laquelle les travailleurs ne sont pas rémunérés. Ils sont considérés comme les bénéficiaires ultimes du programme et il leur est demandé de se prendre en charge eux-mêmes.

Le présent ouvrage est centré sur la planification, l'exécution et le suivi d'un programme de travaux neufs, et ce pour les raisons suivantes. La création et l'entretien d'une bonne infrastructure physique sont une condition fondamentale du développement économique et social dans de nombreuses régions très peuplées du Tiers-Monde. Les opérations dont l'objectif est de créer des emplois et des opérations de secours, si elles sont souvent bénéfiques à court terme, n'apportent pas d'avantages permanents à une importante fraction de la population. Les programmes de travaux ne peuvent résoudre les problèmes du chômage étant donné que ce secteur a une capacité trop limitée d'absorption de la main-d'oeuvre. La plupart des pays pauvres ne peuvent résoudre le problème du chômage que par l'agriculture et, finalement, par le développement industriel. Il faut pour cela qu'ils disposent de l'infrastructure nécessaire. Les programmes de travaux neufs et certains programmes d'auto-assistance peuvent concourir à la construction de cette infrastructure et, en ce sens, ils représentent un premier pas vers le développement rural et agricole.

La réalisation de programmes de travaux neufs exige la combinaison de mesures techniques, financières et économiques et de mesures concernant l'organisation. Ces programmes ont pour objectif d'utiliser la main-d'oeuvre de façon efficace dans la construction et l'entretien de projets

*Les programmes exécutés par des méthodes manuelles dans le contexte du développement rural*

techniquement acceptables et économiquement et financièrement justifiées. Le succès de ce processus complexe dépend non pas tant de l'innovation que de l'attention minutieuse apportée aux détails. Mettant à profit l'expérience acquise, le présent ouvrage s'attache particulièrement aux détails pour démontrer à quel point cette attitude est fondamentale lorsque la main-d'oeuvre remplace les machines dans des travaux de génie civil.

*Importance de la  
planification et  
de l'exécution  
du programme*

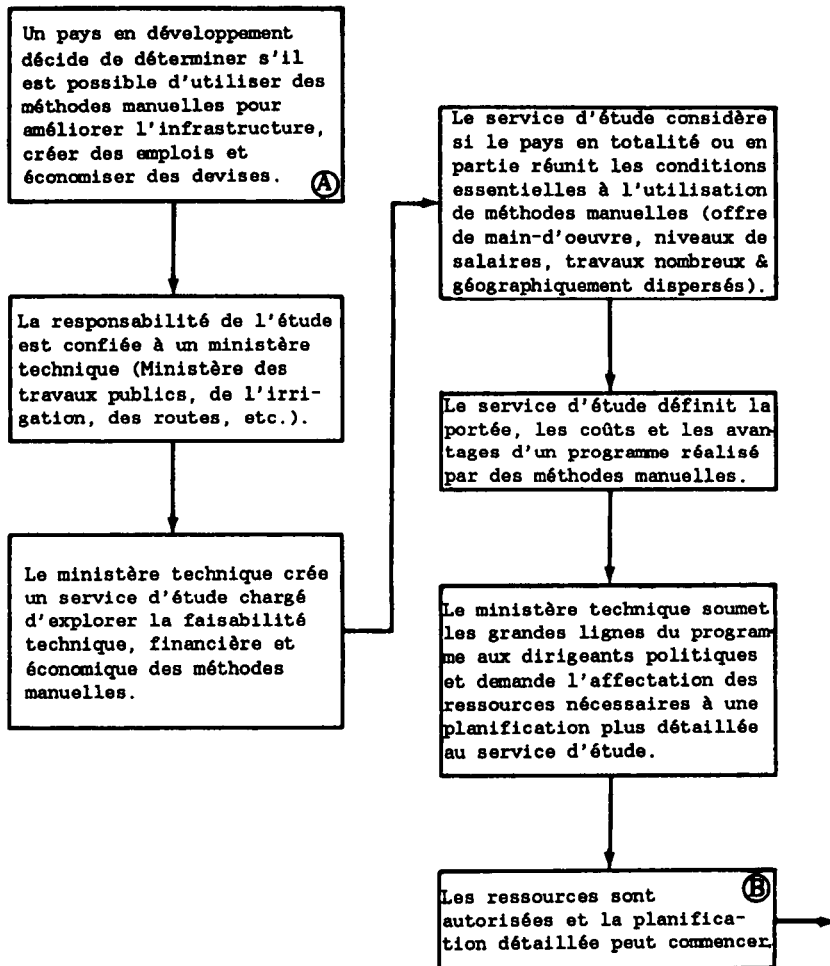
Après avoir débuté à petite échelle sur un ou deux chantiers de construction, les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre peuvent être exécutées dans des douzaines de chantiers et employer des milliers de travailleurs à des travaux de construction et d'entretien. Aucun manuel ne pourrait à lui seul couvrir les multiples aspects du déroulement d'un programme et, en dernière analyse, ce qui s'applique à toute autre discipline vaut pour les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre: la véritable compétence ne s'acquiert que par la pratique. L'assistance est nécessaire au plus haut point pour acquérir cette compétence lorsque les méthodes faisant appel à la main-d'oeuvre commencent à être utilisées. Une fois qu'une base solide a été établie, notamment les règles de planification et de gestion et un système global de supervision et de suivi, le programme faisant appel à des méthodes manuelles pourra être plus facilement élargi.

Les premières phases d'un programme ayant une importance capitale, le manuel s'attache spécialement à la planification, la conception, l'exécution et le suivi du programme. Trois grands aspects retiennent particulièrement l'attention: la décision initiale d'étudier les possibilités d'utiliser les méthodes manuelles et d'entreprendre un projet pilote, la détermination de la faisabilité technique et économique des méthodes manuelles, enfin, les moyens d'obtenir du secteur privé et du secteur public l'appui indispensable à une utilisation efficace de la main-d'oeuvre non qualifiée. On analysera aussi, mais de façon plus générale, l'élargissement d'un programme faisant appel à la main-d'oeuvre à un nombre croissant de chantiers. Les illustrations sont tirées des programmes en cours, à cette réserve près que l'expérience acquise dans un pays doit être transposée avec prudence dans un autre pays.

Un pays qui envisage sérieusement d'adopter des techniques manuelles doit s'assurer l'appui des cadres techniques de l'administration. Si l'adhésion n'est pas totale, l'utilisation des méthodes manuelles rencontrera des obstacles. On a déjà évoqué les vives réticences que peuvent manifester les techniciens d'un pays, conditionnés professionnellement par l'utilisation de méthodes de construction plus "sophistiquées". A cela s'ajoute la crainte de perdre leur prestige et d'être victimes de discrimination en ce qui concerne les traitements et les promotions, autant de problèmes auxquels il faut faire face avant que les méthodes manuelles soient définitivement adoptées.

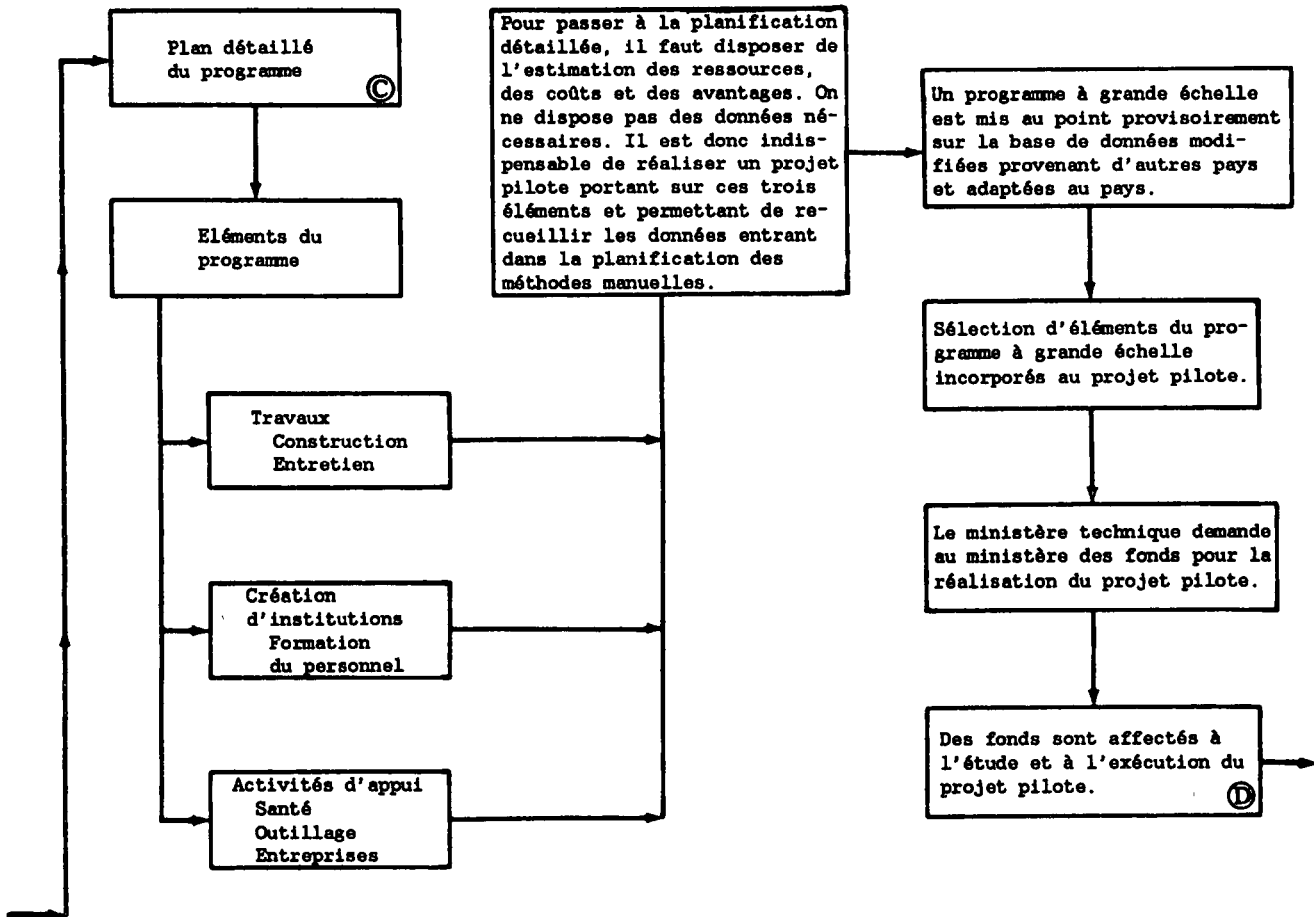
Les doutes que suscite la faisabilité technique et économique des méthodes manuelles et leur acceptation par les spécialistes engendrent un cercle vicieux. Ces méthodes ne sont utilisables techniquement et économiquement que si elles sont appliquées par un personnel compétent et résolu. Toutefois, il est difficile de justifier le recrutement et la formation de ces cadres si les méthodes manuelles ne sont ni techniquement ni économiquement applicables.

Figure 1-2. Etapes successives de la naissance à la réalisation d'un programme à grande échelle  
 Naissance d'un programme de travaux réalisé par des méthodes manuelles  
 Durée estimative de A à B: 6 mois à un an

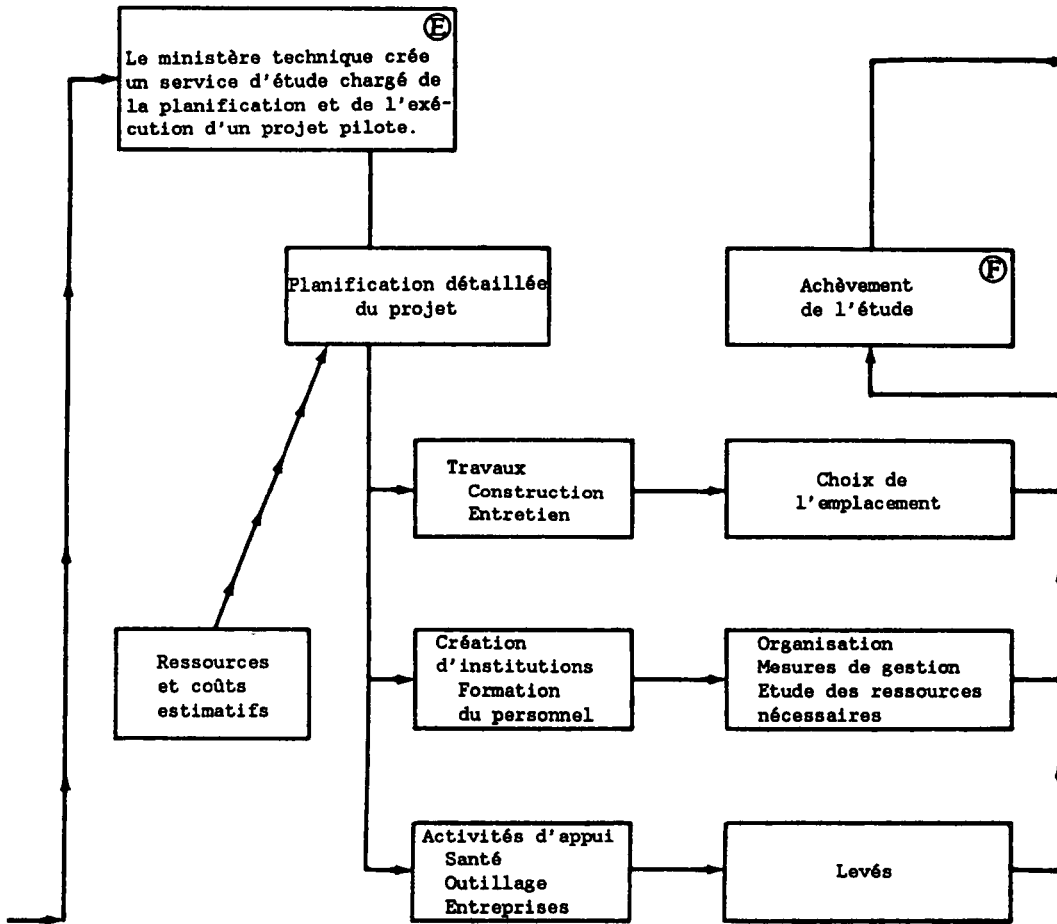


Planification d'un programme de travaux réalisé par  
des méthodes manuelles

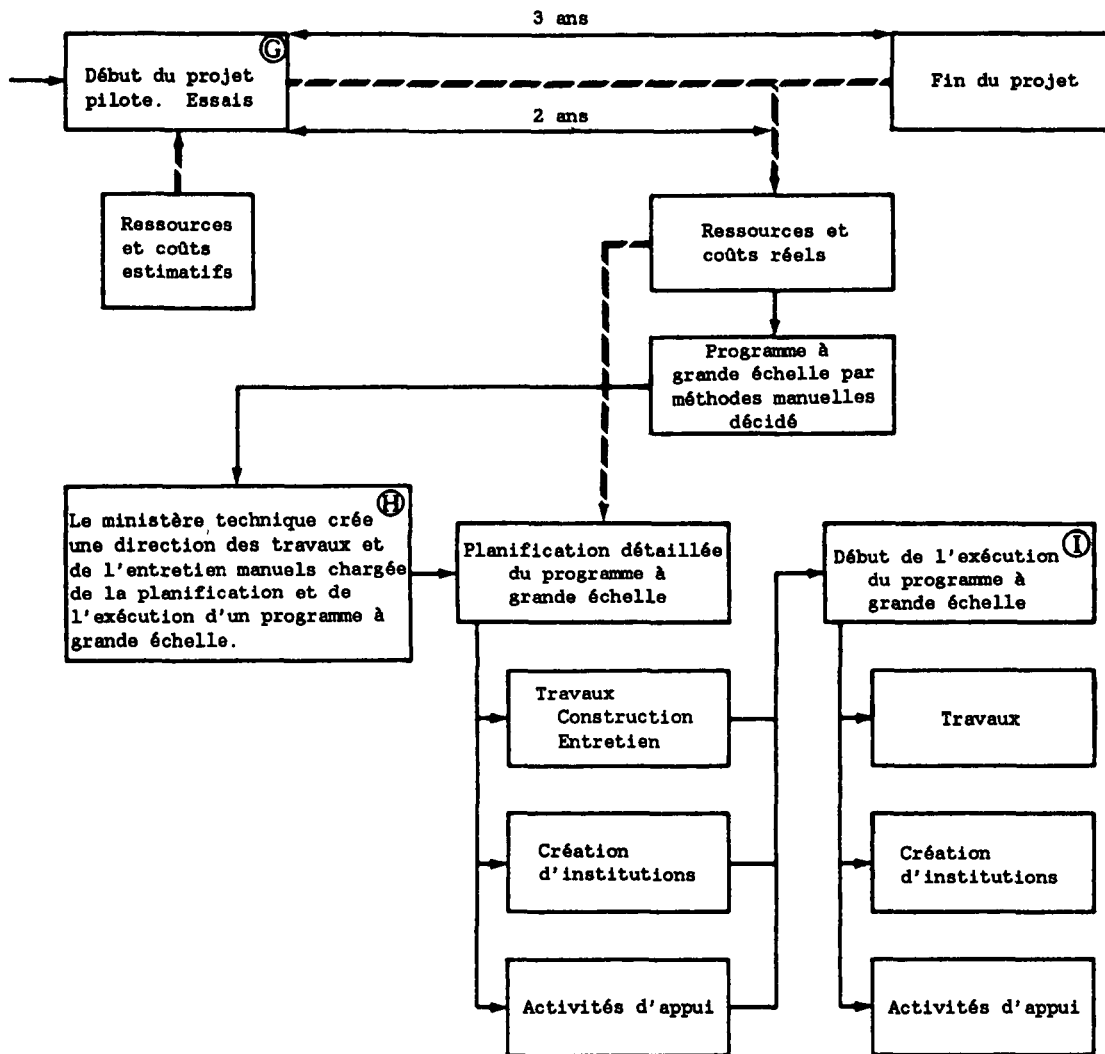
Durée estimative de C à D: 4 à 6 mois



Etude d'un projet pilote  
Durée estimative de E à F: 4 à 6 mois



Du projet pilote au programme à grande échelle  
 Durée estimative de G à H: 3 à 6 mois



Source: Banque Mondiale.

La meilleure solution pour sortir de cette impasse est de commencer par la réalisation d'un projet pilote ayant trois objectifs: démontrer que ces méthodes peuvent être utilisées pour la construction d'ouvrages de génie civil dans diverses régions du pays et dans des terrains différents; créer (principalement grâce à la formation du personnel) l'organisation et les moyens administratifs nécessaires à l'appui d'une opération efficace faisant appel à la main-d'oeuvre; enfin, faire appel aux moyens des entreprises et communautés locales (petites entreprises, artisans locaux pour la fabrication des outils, et organismes communautaires pour les travaux de construction et d'entretien). Avec le temps, les méthodes manuelles emporteront l'adhésion du secteur public comme du secteur privé.

Un projet pilote judicieusement administré peut ouvrir la voie à la réalisation de programmes de travaux à grande échelle comportant plusieurs chantiers. Il ne faut pourtant pas oublier que les projets pilotes seront les premières opérations faisant appel à des méthodes manuelles qui seront organisées de façon systématique dans l'histoire récente du pays. Si la planification, la supervision et le suivi ne sont pas minutieusement organisés, le projet perdra d'emblée toute crédibilité. Simultanément, il faut maintenir la coopération avec les organismes publics et privés participant au projet, recruter et former le personnel et convaincre toutes les parties intéressées que cette "nouvelle" méthode de construction mérite d'être mise à l'essai.

Incorporées à un programme de travaux neufs, les méthodes manuelles cherchent à utiliser efficacement la main-d'oeuvre non qualifiée à l'amélioration et l'entretien d'une infrastructure productive. On peut optimiser l'utilisation d'effectifs nombreux dans la construction d'ouvrages de génie civil de trois façons: premièrement, en choisissant des ouvrages dont la construction peut être entreprise de façon compétitive par une main-d'oeuvre non qualifiée (par exemple, petites routes d'accès, canaux secondaires ou tertiaires); deuxièmement, en affectant la main-d'oeuvre aux tâches qu'elle est le plus apte à exécuter (par exemple, travaux de déblaiement ou d'extraction); enfin, en améliorant la productivité de la main-d'oeuvre (par exemple, par une meilleure gestion, par des primes, par des actions de formation, par la fourniture d'un outillage de meilleure qualité et par des interventions en faveur de la santé et de la nutrition). Ainsi, pour optimiser la rentabilité des opérations réalisées par la main-d'oeuvre, la planification et la gestion doivent être menées à deux niveaux parallèles.

Premièrement, au niveau national, où le secteur public peut prendre l'initiative de lancer des activités et dispose d'un pouvoir suffisant pour octroyer des stimulants qui seront décisifs dans le succès de ces opérations. On peut donc considérer que le "niveau national" correspond aux ministères techniques (travaux publics ou irrigation) dont les dirigeants coopèrent avec le principal organisme de financement du pays (Ministère des finances ou Ministère de la planification) et bénéficient de l'appui total des dirigeants politiques du pays.

Deuxièmement, le niveau local, c'est-à-dire celui où sont exécutées les opérations. Ce qui doit être fait sur le terrain, c'est planifier les travaux, mobiliser la main-d'oeuvre, assurer l'encadrement technique, suivre l'évolution de la production et des coûts, payer les travailleurs et enfin prendre des mesures visant à améliorer la santé et la nutrition de la

main-d'oeuvre. Ces responsabilités incombent aux ingénieurs et à l'encadrement. Les cadres peuvent venir de la fonction publique ou être recrutés parmi les dirigeants locaux en même temps que la main-d'oeuvre mais ayant reçu une formation spéciale dans le cadre du programme.

L'application des méthodes manuelles se déroule à trois niveaux:

- \* Les *programmes* faisant appel aux méthodes manuelles sont des opérations à grande échelle étalées sur plusieurs années et réalisées sur plusieurs chantiers. Ils comportent l'exécution de travaux, des dispositions administratives et financières et des activités de formation communes à plusieurs projets.
- \* Les *projets* sont des ouvrages de génie civil ou des travaux d'amélioration réalisés sur un (petit barrage, tronçon de route ou de canal) ou plusieurs (routes plus longues ou réseaux de canaux) chantiers.
- \* Les *chantiers* sont des installations ou des bases d'opérations séparées où se regroupe la main-d'oeuvre, où celle-ci est payée, où sont organisés les services nécessaires et où sont exécutés les travaux.

Il existe des liens évidents entre la planification du programme et l'exécution des opérations sur place. La planification, par exemple, permettra d'identifier les projets ou les emplacements qui semblent se prêter le mieux aux méthodes manuelles. C'est pourquoi il faut évaluer dès le stade de la planification les coûts et les résultats attendus.

Après le début des travaux, des données seront rassemblées sur les projets pilotes réalisés afin de les comparer aux estimations initiales, ce qui influera par la suite sur les décisions qui seront prises en matière de planification. A mesure que les données collectées seront complètes, elles pourront être utilisées pour démontrer la faisabilité technique et économique des méthodes manuelles; le type et la précision des informations nécessaires peuvent varier, c'est pourquoi il faudra peut-être modifier le suivi des opérations sur place. Par conséquent, le personnel chargé de la planification du programme et celui qui est chargé sur place de le faire exécuter se trouvent dans une relation d'interdépendance étroite mais aussi dynamique dans le temps.

La planification des programmes et leur exécution sur le terrain, qui sont deux éléments distincts de toute action visant à introduire des méthodes manuelles, expliquent la division de cet ouvrage en deux parties. La première présente les différentes étapes de la mise au point d'un programme de travaux à grande échelle réalisé par des méthodes manuelles. Le chapitre II retrace la naissance du programme et le chapitre III décrit la planification du programme à grande échelle et le projet pilote. Le chapitre IV montre comment passer du projet pilote à un programme à grande échelle. La deuxième partie (chapitres V à VII) analyse l'exécution du programme sur place. Plusieurs annexes contiennent des informations et des données techniques supplémentaires. Le tableau 1-1 résume le volume dans sa totalité et désigne les lecteurs susceptibles d'être le plus intéressés par chaque chapitre. Une liste des principales publications est donnée à la fin de chaque chapitre.



## Tableau 1-1. Plan et résumé de l'ouvrage

	Résumé des chapitres	Auditoire
<b>Première partie: Planification du programme</b>		
<b>Chapitre II. Naissance d'un programme faisant appel à des méthodes manuelles</b>	Enquête préliminaire sur les méthodes de construction manuelles et leur possibilité d'application dans un pays se proposant de les adopter assez largement. Aperçu des activités de planification nécessaires. Examen des relations entre les diverses phases de la planification et de l'exécution. Difficultés probables pendant la planification.	Cabinets ministériels des pays en développement, organismes de coopération et bailleurs de fonds, ministère des finances et ministère technique.
<b>Chapitre III. Planification d'un programme de construction exécuté par des méthodes manuelles</b>	Evaluation de l'ampleur d'un programme réalisé par des méthodes manuelles éventuellement dans l'ensemble du pays. Principes permettant de décider de l'exécution d'un projet pilote dont les résultats permettront de mieux évaluer les coûts et les avantages probables d'un programme à grande échelle. Principes de planification et d'exécution d'un programme limité de travaux de construction et d'entretien. Etude des mesures institutionnelles et des activités de soutien nécessaires à l'application efficace des méthodes manuelles.	Ministère technique, ministère des finances et bailleurs de fonds.  Ministère technique et bailleurs de fonds.
<b>Chapitre IV. Du projet pilote au programme à grande échelle</b>	Utilisation des données et conclusion à tirer du projet pilote pour la planification d'un programme à grande échelle. Règles d'attribution des ressources financières et autres pour le programme complet.	Ministère technique, ministère des finances et bailleurs de fonds.
<b>Deuxième partie: Planification, gestion et administration du chantier</b>		
<b>Chapitre V. Planification et logistique</b>	Evaluation des diverses méthodes possibles. Estimation des besoins de main-d'oeuvre, d'outils, de matériel et de matériaux au niveau du chantier. Propositions en vue de faciliter la planification des aspects logistiques dans les chantiers et les installations.	Administration centrale responsable du programme, conducteurs de travaux et encadrement.
<b>Chapitre VI. Aménagement du chantier</b>	Récapitulation des données et des méthodes d'aménagement pour des opérations de construction et d'entretien par des méthodes manuelles.	Conducteurs de travaux, encadrement et administration centrale compétente.
<b>Chapitre VII. Gestion et administration du chantier</b>	Problèmes de gestion posés par l'utilisation des méthodes manuelles. Résumé et illustration des techniques de mesure et de calcul de la productivité des chantiers. Etude des facteurs influant sur la productivité et des divers moyens de l'accroître.	Conducteurs de travaux et encadrement. Administration centrale responsable du programme.

## Tableau 1-1. Plan et résumé de l'ouvrage (suite)

### Annexes

Annexe A. Inventaire des méthodes de construction	Description des diverses méthodes manuelles permettant d'exécuter des ouvrages de génie civil. Etude des possibilités d'utiliser ces méthodes pour différentes tâches. Evaluation des divers outils et du matériel léger utilisés pour différentes tâches et activités.	Conducteurs de travaux et administration centrale.
Annexe B. Comptabilité	Classification de chaque élément de coût commun aux méthodes faisant appel à des moyens mécaniques et aux méthodes manuelles sous le poste général de "main-d'oeuvre", "outillage et matériel", "matériaux et terrains" et "frais généraux".	Administration centrale et conducteurs de travaux.
Annexe C. Notes sur l'outillage et le matériel léger	Développement de l'Annexe A. Matériel utilisé sur les chantiers réalisés par des méthodes manuelles. Spécifications techniques de nombreux outils manuels.	Administration centrale responsable du programme et conducteurs de travaux.
Annexe D. Plan d'action pour un projet pilote réalisé au Malawi par des méthodes manuelles	Exemples de la façon dont peut être formulée une proposition visant à la réalisation d'un projet pilote.	Administration centrale.
Annexe E. Choix du chantier: levés	Méthodes de choix du chantier où seront utilisées des méthodes manuelles. L'Annexe comprend un questionnaire et des instructions destinées aux arpenteurs.	Administration centrale et conducteurs de travaux.
Annexe F. Données sur la productivité et effets des paramètres	Effets des paramètres spécifiques et généraux sur la production obtenue par des méthodes manuelles. Résumé des résultats obtenus dans divers pays.	Conducteurs de travaux et administration centrale compétente.
Annexe G. Méthodes de calcul des coûts	Comment estimer les coûts des travaux exécutés par des méthodes manuelles. Comment utiliser les techniques de limitation des coûts propres aux méthodes manuelles.	Administration centrale et conducteurs de travaux.
Annexe H. Description des postes	Description des postes et qualifications souhaitables du personnel expatrié et du personnel local nécessaires pour le projet pilote puis pour le programme intéressant l'ensemble du pays.	Organisme donneur et ministère technique.
Annexe I. Description d'un système de suivi et de notification	Directives de notification du chantier à l'administration centrale et de celle-ci aux sources de financement.	Conducteurs de travaux, administration centrale compétente, ministère des finances et organisme donneur.
Annexe J. Diagrammes de production en barres	Deux exemples d'utilisation de diagrammes à barres pour la planification et le contrôle des chantiers réalisés par des méthodes manuelles.	Conducteurs de travaux.

Costa E., S. Guha, M.I. Hussain, N. Thuy et A. Fardet. *Guidelines for the Organization of Special Labor-Intensive Works Programs*. Genève: Organisation internationale du travail, 1977. Etude très approfondie des programmes de secours, d'auto-assistance et de création d'emplois.

Sen S.R. "Agricultural Development and the Problem of Poverty". Document présenté à un cycle d'études sur "Some Emerging Issues Accompanying Recent Breakthroughs in Food Production", Cornell University, 30 mars - 3 avril 1970. Bonne étude des relations entre pauvreté, création d'emplois et développement rural.

Sud I.K., C.G. Harral et B.P. Coukis. "Scope for the Substitution of Labor and Equipment in Civil Construction"; et P.A. Green et P.D. Brown. "Some Aspects of the Use of Labor-Intensive Methods for Road Construction". Documents présentés à une conférence, Indian Road Congress, Bhopal, décembre 1976; New Delhi, 1976. Etudes approfondies des problèmes de choix des méthodes.

Wells L.T., Jr. *Economic Man and Engineering Man: Choice of Technology in a Low Wage Country*, Cambridge, Mass. Harvard University, Economic Development Research Group, Center for International Affairs, novembre 1972. Autre étude du choix des méthodes de construction.

On trouvera la documentation complète sur les recherches de la Banque et leurs applications concernant l'utilisation de méthodes manuelles dans *The Study of Labor and Capital Substitution in Civil Engineering Construction: Report on the Bank-sponsored Seminars in Washington, Cologne, Copenhagen, London and Tokyo*. Washington, D.C.: Banque Mondiale, Département des transports, 1978.

PUBLICATIONS  
INTERESSANT  
CE CHAPITRE



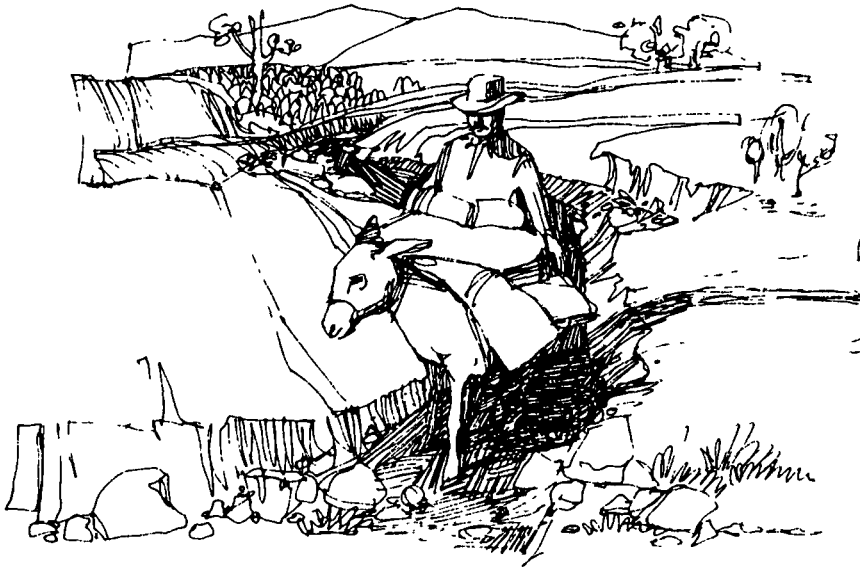
**PREMIERE  
PARTIE**

**PLANIFICATION  
DES PROGRAMMES**



## CHAPITRE II

### NAISSANCE D'UN PROGRAMME DE TRAVAUX REALISES PAR DES METHODES MANUELLES



Un programme naît avec l'idée que les méthodes manuelles peuvent être utilisées pour construire et entretenir des routes, des canaux, des réseaux d'irrigation et d'autres ouvrages publics. Cette idée peut se faire jour parmi les dirigeants politiques du conseil de cabinet d'un pays, ou les responsables de la planification nationale, soucieux de créer des emplois ou de réduire les dépenses en devises. L'idée peut aussi venir d'un "organisme donneur", tel un organisme d'aide international ou bilatéral, souhaitant apporter son concours à un programme visant à compléter ou à entretenir les ouvrages publics ou l'infrastructure d'un pays. Quel que soit le point de départ, l'idée doit être transformée en action. Les sept étapes à accomplir sont les suivantes:

#### LES SEPT ETAPES DE LA NAISSANCE D'UN PROJET

- \* *Première étape:* les personnes et les groupes souhaitant faire appel à des méthodes manuelles doivent obtenir l'accord des dirigeants politiques pour entreprendre une enquête sur les méthodes manuelles.
- \* *Deuxième étape:* les dirigeants politiques doivent confier l'enquête à un ministère technique chargé de la construction et de l'entretien des ouvrages d'infrastructure: le Ministère des travaux publics ou le Ministère de l'irrigation sont tout indiqués.
- \* *Troisième étape:* le ministère technique doit créer un "service d'étude" qui sera composé d'ingénieurs et de planificateurs chargés de commencer à explorer la possibilité d'utiliser des méthodes manuelles.
- \* *Quatrième étape:* le service d'étude devra étudier si les conditions techniques, financières et socio-économiques se prêtent à l'utilisation massive de main d'oeuvre non qualifiée et si certaines régions ou l'ensemble du pays réunissent les conditions nécessaires: offre de main-d'oeuvre, salaires en vigueur et demande de travaux nombreux et géographiquement dispersés.

- \* *Cinquième étape:* sur la base des premières conclusions, le service d'étude doit établir les grandes lignes et le coût estimatif d'un programme faisant appel à la main-d'oeuvre et portant sur des régions étendues.
- \* *Sixième étape:* le ministère technique doit soumettre les grandes lignes du programme aux dirigeants politiques et demander les ressources nécessaires pour que le service d'étude établisse une planification plus détaillée du programme proposé.
- \* *Septième étape:* enfin, les dirigeants politiques doivent accorder les ressources nécessaires. La phase initiale du programme prend fin à ce stade et sa planification commence.

La fin du chapitre II décrit ces diverses étapes en détail. Toutefois, il ne s'arrête pas sur la façon d'obtenir l'accord des dirigeants politiques afin d'effectuer une enquête sur les méthodes de construction manuelles - processus qui différera sans aucun doute d'un pays à l'autre. L'ouvrage n'envisage pas non plus d'autres possibilités que la création d'un service d'étude au sein d'un ministère technique, ce service devant être composé d'experts.

En outre, cet ouvrage n'aborde pas en détail l'évaluation des projets. Il importe toutefois de comprendre que l'"évaluation du projet" et le "choix de la technique de construction" sont deux opérations distinctes. La première consiste à choisir un projet qui plus que d'autres permettra le meilleur usage possible de ressources publiques limitées, la seconde consiste à choisir une méthode efficace de construction du projet retenu. La façon de déterminer la faisabilité des méthodes manuelles exposée dans le présent ouvrage porte aussi sur les techniques de comparaison des coûts et avantages, mais c'est la validité de la méthode de construction qui est appréciée et non pas la valeur intrinsèque de l'ouvrage terminé.

## CREATION DU SERVICE D'ETUDE

Une fois que les dirigeants politiques ont donné leur feu vert pour effectuer une enquête sur les méthodes de construction manuelles et l'ont confiée au ministère technique, celui-ci attribuera au service d'étude la mission d'explorer la possibilité d'appliquer ces méthodes. Ce service aura deux objectifs: faire admettre que les méthodes manuelles peuvent se substituer à d'autres techniques de construction dans les régions où le chômage est élevé, les salaires faibles et la demande de travaux d'infrastructure forte; identifier les projets ou les activités où la main-d'oeuvre peut remplacer la machine sans que la qualité technique ou le coût en pâtissent; déterminer l'ampleur et les coûts d'un programme faisant appel à la main-d'oeuvre, qui pourrait être entrepris si l'on peut démontrer que ces méthodes conviennent à l'environnement socio-économique du pays.

Le service se composera de deux ou trois planificateurs et ingénieurs. Il n'est pas rare que les cadres et consultants d'un organisme donneur agissent à titre consultatif auprès du service d'étude. A court terme, il est souvent indispensable de procéder de cette façon, le personnel expatrié pouvant offrir les compétences dont on ne dispose pas sur place. Mais à long terme, le personnel expatrié devra être remplacé par du personnel local, et ce pour deux raisons: premièrement, pour assurer la continuité des opérations futures; deuxièmement, pour réduire les frais généraux que grève lourdement la présence d'expatriés.



Le personnel local du service d'étude, transféré des directions des études, des travaux et de l'entretien du ministère de tutelle, devra sans aucun doute posséder l'expérience nécessaire des divers aspects techniques de la construction d'ouvrages de génie civil. Toutefois, il importe plus encore pour la réussite des opérations faisant appel à la main-d'oeuvre que le personnel soit familiarisé avec la planification socio-économique, la formation du personnel et les méthodes de financement. L'approbation du financement devant être donnée par le ministère des finances sur présentation d'une demande de crédit du service d'étude par l'intermédiaire du ministère technique, le personnel du service d'étude doit connaître le processus de financement des projets.

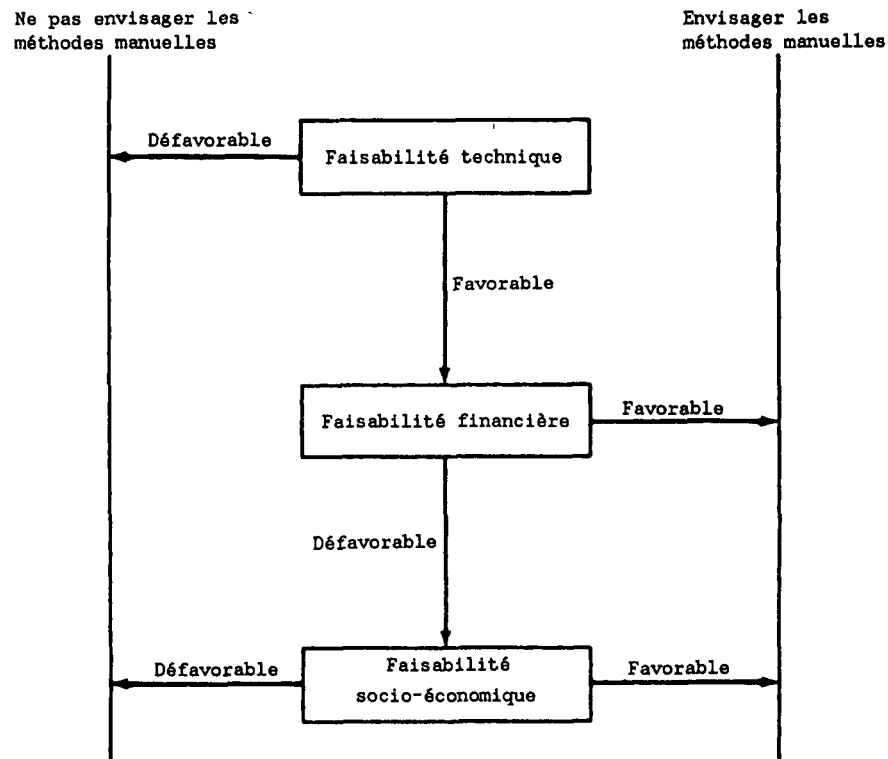
Tous les membres du service d'étude doivent avoir un rang suffisamment élevé pour pouvoir rencontrer les hauts fonctionnaires et jouir de leur estime, puisque les uns et les autres devront collaborer pour résoudre les problèmes de financement et de coordination. Tous les membres du service d'étude doivent être libérés de leurs autres responsabilités afin de pouvoir se consacrer pleinement à leur nouvelle mission.

L'une des premières tâches du service d'étude sera de convaincre les planificateurs, ingénieurs et économistes du même ministère de l'utilité d'envisager des méthodes manuelles comme solution de rechange aux méthodes faisant appel à des moyens mécaniques. Les membres du ministère technique se montreront peut-être extrêmement réservés à l'égard des méthodes manuelles. Même si les cadres des échelons supérieurs du ministère technique sont pleinement convaincus de la nécessité de mettre honnêtement ces méthodes à l'essai, le personnel des échelons inférieurs, qui sera affecté à l'exécution, montrera peut-être moins d'enthousiasme. Même le personnel affecté au service d'étude et ayant reçu pour mission d'explorer les possibilités d'utiliser les méthodes manuelles risque de se montrer excessivement réticent par crainte de perdre son prestige et des possibilités de promotion en participant à ce type d'opérations. A ses yeux, les méthodes manuelles peuvent représenter un retour en arrière et être considérées comme plus lentes, plus coûteuses et beaucoup plus pesantes que les moyens mécaniques. On étudiera dans les chapitres suivants comment ces réticences peuvent être surmontées.

Au départ, le service d'étude doit entreprendre trois tâches. La première est d'étudier si les conditions locales se prêtent à l'adoption de méthodes manuelles (notamment le volume des travaux d'amélioration de l'infrastructure, la nature des travaux nécessaires, la main-d'oeuvre disponible, le niveau de salaire en vigueur). La deuxième est de s'inspirer de l'expérience de l'application de ces méthodes dans d'autres pays et d'évaluer les coûts et avantages de leur utilisation sur place pour des réalisations d'assez grande envergure. La troisième est de fixer les grandes lignes d'un programme faisant appel aux méthodes manuelles et ayant une envergure suffisante pour influencer sur les objectifs de développement du pays.

COMMENT DETERMINER  
LA FAISABILITE DES  
METHODES MANUELLES

Figure 2-1. Evaluation de faisabilité des techniques manuelles



Source: Banque Mondiale.

On analysera schématiquement dans la présente section les conditions dans lesquelles le remplacement des machines par la main-d'oeuvre peut être acceptable sur le plan technique et compétitif par son coût. On étudiera, en outre, les principes permettant de déterminer si les méthodes manuelles peuvent être appliquées dans un pays donné. La figure 2-1 présente sous sa forme de schéma l'évaluation initiale des techniques manuelles dans un pays qui envisage pour la première fois de les appliquer à grande échelle.

On peut tirer de ce graphique trois conclusions:

- \* Les méthodes manuelles doivent être utilisables sur le plan technique. Elles doivent permettre de réaliser les travaux prévus avec les ressources disponibles et dans les délais impartis. Si ces conditions ne peuvent être satisfaites, mieux vaut ne pas envisager le recours à ces méthodes.
- \* Les méthodes manuelles doivent représenter une solution technique efficace par rapport au coût. On établira pour le savoir une comparaison des coûts financiers ou économiques des méthodes manuelles et des moyens mécaniques. Si les méthodes manuelles sont compétitives sur le plan financier, elles doivent être envisagées comme une solution valable. Dans le cas contraire, une analyse plus poussée des coûts économiques permettra de déterminer si cette impossibilité est due aux distorsions de prix ou à tout autre avantage essentiel qu'entraîne l'utilisation de machines.

- \* Il peut arriver que les méthodes manuelles ne soient pas compétitives sur le plan financier mais qu'elles soient justifiées pour des raisons socio-économiques. Les prix financiers peuvent être dus à des distorsions du marché et, bien que les méthodes manuelles soient parfois plus coûteuses sur le plan financier, elles peuvent être plus avantageuses du point de vue de l'économie nationale. L'analyse économique permettra d'attribuer une valeur économique aux facteurs de production et aux résultats. Si l'analyse économique ne justifie pas le recours aux méthodes manuelles, il conviendra d'adopter des moyens mécaniques.

Pour évaluer si les méthodes manuelles peuvent être adoptées sur le plan national, le service d'étude devra examiner d'autres paramètres tels que les considérations institutionnelles et administratives et les aspects tenant à la gestion.

On recommandera dans les sections ci-après les règles à suivre pour évaluer les méthodes manuelles en fonction de leurs résultats techniques et de leur coût, exprimés par les prix financiers et économiques. L'évaluation en fonction des prix économiques fera l'objet d'un examen plus détaillé dans une autre section.

La faisabilité technique tient compte des liens entre les techniques manuelles et (1) la qualité et la conception du produit, (2) le type et le calendrier d'exécution du projet et (3) les ressources disponibles.

*Faisabilité technique*

**QUALITE ET CONCEPTION DU PRODUIT.** L'histoire témoigne de l'ampleur, de la permanence et de la complexité technique des ouvrages de génie civil construits par des méthodes manuelles. Les pyramides d'Egypte, la grande muraille de Chine, les réseaux de routes et d'aqueducs romains, et les réseaux d'irrigation des Incas sont le produit de l'ingéniosité du travail et de la persévérance de l'homme. La main-d'oeuvre a massivement été utilisée pour construire des ouvrages de génie civil qui ont survécu jusqu'au XIX<sup>ème</sup> siècle et même jusqu'au XX<sup>ème</sup> siècle: la voie ferrée transaméricaine, les autoroutes allemandes, le canal géant de Sarda Sahayak en Inde sont autant d'illustrations de la réussite de ces entreprises humaines. Ce n'est qu'à une époque relativement récente que l'accroissement des coûts de la main-d'oeuvre et le développement simultané de moyens matériels plus puissants dans les pays où le capital était abondant et la main-d'oeuvre rare ont abouti à l'abandon progressif des méthodes manuelles et à l'utilisation croissante de matériel de travaux publics à rendement élevé.

Néanmoins, les méthodes manuelles peuvent être utilisées pour construire la plupart des ouvrages de génie civil d'une qualité satisfaisante qui sont nécessaires dans les pays où la main-d'oeuvre est abondante et le capital rare. Certes, les méthodes manuelles ne conviennent pas à toutes les tâches. Les machines permettent, pour des raisons purement techniques, d'obtenir de bien meilleurs résultats dans des activités comme les terrassements sous l'eau, les transports sur de longues distances, le compactage lourd, le mélange des matériaux à chaud, le battage de pieux en profondeur et la pose d'une couche de surface de haute qualité. Toutefois, la main-d'oeuvre munie d'outils simples peut réaliser de nombreux projets avec des résultats comparables à ceux que permettent les machines, à condition que le projet soit mis au point comme il se doit.

Le service d'étude ne doit pas oublier que les plans ou les matériaux devront parfois être modifiés afin que les méthodes manuelles soient utilisées le plus efficacement possible sans compromettre la qualité du produit. Une couche de base satisfaisante, par exemple, peut être constituée d'un macadam classique ou de tout venant sortant du concasseur; le premier convient à l'utilisation de méthodes manuelles, contrairement au second. Le plan peut aussi dépendre des techniques d'entretien, les installations étant d'ordinaire entretenues plus efficacement selon la méthode de construction utilisée au départ: à la main ou à la machine. En général, le service d'étude devra fournir des normes et caractéristiques techniques ainsi que des dessins qui ne soient pas orientés, implicitement ou explicitement, en faveur d'une technique déterminée. Toutefois, lorsqu'il est possible ou que l'on se propose d'utiliser des méthodes manuelles, la conception et les spécifications techniques doivent s'y prêter.

Les tableaux 2-1, 2-2 et 2-3 indiquent les possibilités d'utilisation des méthodes manuelles pour diverses formes de conception du revêtement, des buses et des petits ponts que comportent des routes à faible circulation. Ces tableaux excluent le compactage et le transport sur de longues distances qui en tout état de cause doivent être effectués à l'aide de machines.

Tableau 2-1. Choix de revêtements pour des routes à faible circulation et choix d'utilisation de matériel ou de main-d'oeuvre

Elément de la chaussée	Option matériel	Option main-d'oeuvre
<b>Sous-couche</b>		
Sol trouvé sur place	Bonne	Bonne
Matériaux importés	Bonne	Bonne
<b>Couche de fondation</b>		
Sol trouvé sur place	Bonne	Bonne
Graviers (naturels)	Bonne	Bonne
Graviers (stabilisés mécaniquement)	Bonne	Médiocre
Pierres (tout venant de concasseur)	Bonne	Impossible
Pierres (macadam traditionnel)	Moyenne	Bonne
Hérisson	Impossible	Bonne
Brique (concassée)	Moyenne	Bonne
Brique pour revêtement routier	Impossible	Bonne
Ciment stabilisé	Bonne	Médiocre
Chaux stabilisée	Bonne	Médiocre/bonne
Béton ordinaire	Bonne	Bonne
Béton armé	Bonne	Moyenne
Aggloméré	Bonne	Moyenne
Macadam traité au bitume	Bonne	Bonne
<b>Couche de surface</b>		
Macadam bitumineux	Bonne	Médiocre
Béton à base de bitume	Bonne	Impossible

Source: Banque Mondiale.

Tableau 2-2. Petits ouvrages pour des routes à faible circulation et choix d'utilisation de matériel ou de main-d'oeuvre

Élément de l'aqueduc	Option matériel	Option main-d'oeuvre
<b>Buse</b>		
Préfabriquée	Bonne (fait machine)	Bonne (fait à la main, taille limitée)
Métal cannelé	Médiocre	Moyenne
<b>Aqueduc voûté</b>		
Maçonnerie	Impossible	Bonne
Brique	Impossible	Bonne
Ciment	Médiocre	Bonne (nombreux coffrages)
<b>Dalot</b>		
Béton armé	Moyenne	Moyenne/bonne (nombreux coffrages et armaturage)
Ponceau avec dalles	Médiocre	Bonne (murs en maçonnerie/ aggloméré et dalle béton armé, poutrelles et hourdis)
<b>Ouvrages d'entrée et sortie</b>		
Maçonnerie	Impossible	Bonne
Béton	Moyenne	Bonne

Source: Banque Mondiale.

**TYPE ET CALENDRIER DU PROJET.** Le type de projet conditionne fréquemment les normes de qualité et de conception qui doivent être respectées pendant les travaux. Le matériel mécanique se prête mieux à des projets ou des activités plus importants ou plus concentrés représentant des opérations très techniques, comme la construction de barrages ou de tunnels sous l'eau. Des projets plus petits, techniquement plus simples et géographiquement dispersés pourront de préférence être exécutés et, par la suite, entretenus par des méthodes faisant appel à la main-d'oeuvre disponible sur place.

Cherchant à introduire les méthodes manuelles, le service d'étude devra ainsi envisager des travaux ruraux relativement modestes. Lorsqu'il aura accumulé une expérience suffisante, rien ne s'opposera à ce que des projets importants puissent être exécutés par de la main-d'oeuvre munie d'outils et de matériel relativement simples.

Pour que les méthodes manuelles soient efficaces, bien plus que la dimension du projet, c'est la rapidité d'exécution qui est importante en raison des problèmes d'organisation, de logistique et de main-d'oeuvre qu'elle peut soulever. Si des travaux d'excavation importants doivent être exécutés relativement rapidement et sur un chantier relativement resserré comme celui d'un grand barrage, des milliers de travailleurs seront nécessaires. Aux difficultés que pose le déploiement d'une main-d'oeuvre aussi nombreuse en un espace aussi restreint et la fourniture d'outillage, d'eau potable, de logements, de nourriture, s'ajoutent des problèmes de discipline. Mais le plus important problème de tous est peut-être celui de l'offre de main-d'oeuvre, qui sera étudié dans la section suivante.

Tableau 2-3. Choix de ponts pour des routes à faible circulation et choix d'utilisation de matériel ou de main-d'oeuvre

Élément du pont	Option matériel	Option Main-d'oeuvre
<b>Fondations</b>		
Fouilles sans renforcement	Bonne	Bonne
Par batardeau	Bonne	Moyenne, limitée par l'utilisation de palpanches
Sur caisson type Chicago	Moyenne	Bonne, nécessite simplement moyens de levage
Sur pieux (battus)	Bonne	Médiocre <sup>a</sup>
Par tubes de forage	Bonne	Médiocre <sup>a</sup>
<b>Culée et piles</b>		
Béton de masse	Bonne	Bonne
Béton armé	Moyenne	Bonne
Maçonnerie, brique (pleine masse ou paroi) ou aggloméré	Impossible	Bonne
<b>Tabliers</b>		
Dalles/dalles et poutres en ciment armé	Moyenne	Bonne <sup>b</sup>
Dalles ciment armé et poutrelles métalliques	Moyenne	Bonne <sup>b</sup>
Poutrelles métalliques et tablier bois	Médiocre	Bonne <sup>b</sup>
Poutres triangulées et tablier bois	Moyenne	Bonne <sup>b</sup>
Trellis et tablier bois	Moyenne	Bonne <sup>b</sup>

Source: Banque Mondiale.

*Note:* Les ponts ont une longueur totale de 30 à 40 mètres et deux travées au minimum.

a. Dimensions très limitées.

b. Des grues peuvent être nécessaires pour des portées et des longueurs supérieures.

Les projets qui se prêtent le mieux à l'utilisation des méthodes manuelles sont ceux où de petites équipes de travailleurs peuvent être affectées à l'exécution de travaux relativement peu urgents et dispersés. La construction et l'entretien de routes, de voies ferrées et de canaux se prêtent particulièrement à ces méthodes si la main-d'oeuvre est suffisante, la supervision et la gestion compétentes, la logistique bien organisée.

**DISPONIBILITE DES RESSOURCES.** Il importe essentiellement dans les travaux faisant appel à des méthodes manuelles de disposer en temps voulu des ressources nécessaires (sous forme de main-d'oeuvre, d'outillage, de matériel léger, de matériaux de construction et de cadres de gestion et de supervision). Les plus importants problèmes qui se posent au départ tiennent à l'offre de main-d'oeuvre et à la présence de cadres de gestion et de supervision. La planification de la phase initiale doit comporter l'évaluation de l'offre de main-d'oeuvre, de cadres de gestion et de supervision, non seulement au niveau national global, mais aussi au niveau local où les travaux seront exécutés et au moment de l'année où ils le seront.

Même dans les régions de sous-emploi chronique, divers facteurs pourront inciter la main-d'oeuvre à participer à la construction d'ouvrages de génie civil: l'écart de salaires avec d'autres formes d'emplois et d'autres travaux de construction lourds, la santé de la main-d'oeuvre, les coûts de la nourriture et de transport de la main-d'oeuvre jusqu'au chantier, les attitudes sociales favorables à une forme de travaux mais non à d'autres. Néanmoins, l'expérience acquise au Bénin, au Kenya, au Honduras, au Malawi, au Lesotho, au Tchad, en Inde, en Indonésie et au Bangladesh a montré que dans l'ensemble le recrutement de la main-d'oeuvre présente peu de problèmes si l'on veille à ce que le projet ne soit pas trop important eu égard à l'offre de main-d'oeuvre disponible.

Les travailleurs sont attirés par les perspectives de travail qui s'adaptent le mieux aux autres possibilités qui s'offrent à eux. S'ils sont employés loin de leur domicile, ils pourront exiger la garantie d'un emploi à temps plein pendant plusieurs mois; s'ils demeurent chez eux, ils préféreront peut-être un emploi à temps partiel qui leur laissera le temps de se consacrer à leurs travaux agricoles. De surcroît, l'offre de main-d'oeuvre diminuera probablement à l'époque des plantations ou des récoltes lorsque les salaires agricoles sont relativement élevés. Le service d'étude devra évaluer le nombre maximum de travailleurs qu'il peut espérer retenir pendant toute la période des travaux et doit calculer en conséquence l'ampleur et la rapidité d'exécution des travaux proposés. La figure 2-2 illustre les amples fluctuations des effectifs de main-d'oeuvre disponibles d'un mois à l'autre. Des écarts aussi importants sont très courants dans les sociétés agricoles. Une enquête sur le terrain permettra d'obtenir avec une précision suffisante des données sur les disponibilités en main-d'oeuvre; le service d'étude ne doit pas limiter ses recherches exclusivement aux informations publiées.

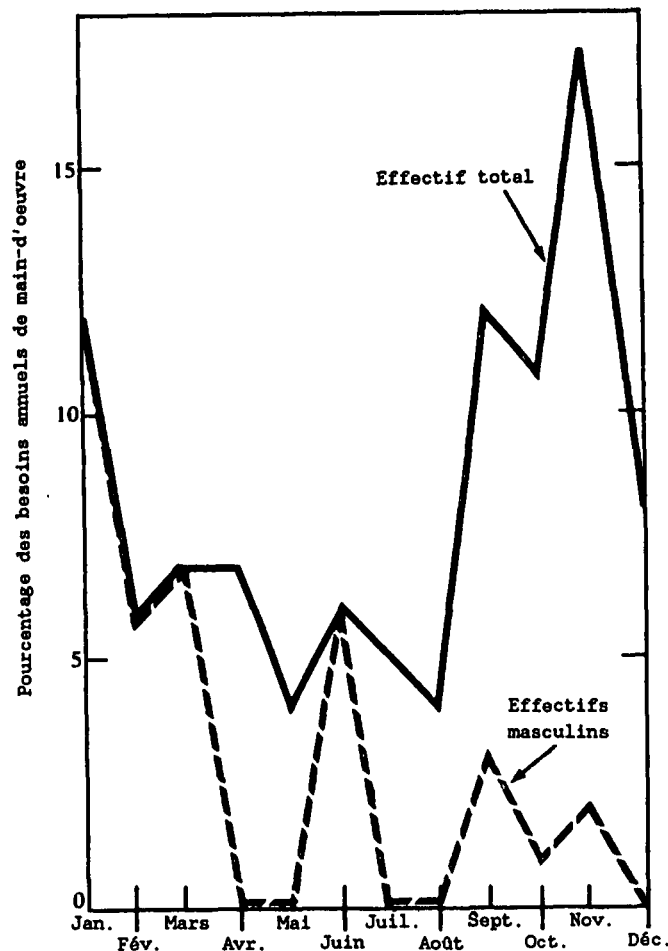
Le service d'étude ne doit pas oublier qu'un programme de travaux réalisé par des méthodes manuelles a pour vocation d'améliorer et, par la suite, d'entretenir des installations d'infrastructure. Pendant toute la phase initiale, le service d'étude a donc à accomplir une tâche cruciale qui est d'évaluer soigneusement le volume de la main-d'oeuvre dont il disposera et ne pas prévoir des effectifs trop nombreux qui priveront l'agriculture de la main-d'oeuvre nécessaire, ni des effectifs trop faibles qui ne permettraient pas de faire progresser les travaux.

Le service d'étude sera aussi confronté aux difficultés qu'occasionnera automatiquement l'insuffisance de l'encadrement. Les cadres expérimentés dans la gestion et la supervision de la main-d'oeuvre non qualifiée seront probablement rares dans un pays où sont introduites des méthodes manuelles. Comme pour toute entreprise nouvelle, les travaux faisant appel à la main-d'oeuvre exigent au départ une importante action de formation. Tel est le cas en particulier de la supervision des chantiers.

Pour une même cadence de production, les travaux exécutés par des méthodes manuelles exigent un encadrement beaucoup plus fourni que ceux qui utilisent des machines. La production d'une seule machine équivaut en général à celle de plusieurs centaines de travailleurs manuels qui doivent être organisés en plusieurs équipes, puisque l'on sait par expérience qu'un chef d'équipe ne peut prendre en charge plus de 20 ou 30 hommes, selon le type des travaux et leur emplacement. De surcroît, une tâche qui doit être exécutée par plusieurs équipes impose à l'encadrement l'organisation et l'échelonnement de différentes activités de façon efficace. Les compé-

tences nécessaires pour superviser la main-d'oeuvre différent de celles qu'exige la surveillance des opérations effectuées par des machines: il faut dans le premier cas être capable de motiver pendant longtemps un groupe de plusieurs personnes. La main-d'oeuvre est plus hétérogène que le matériel et le style de supervision variera probablement d'un programme à l'autre.

Figure 2-2. Répartition mensuelle de la main-d'oeuvre dans des exploitations rizicoles traditionnelles



*Note:* La répartition de la main-d'oeuvre familiale peut varier. Les estimations utilisées partent de l'hypothèse qu'en général ce sont les hommes qui débroussaillent, abattent les arbres, effectuent les brûlis, coupent le bois et posent des clôtures, fabriquent des cuisines, montent des échafaudages et participent à d'autres tâches (à raison de 10 % environ) comme la surveillance des oiseaux et la récolte du riz.

Source: D'après W.D. McCourtie, *Traditional Farming in Liberia* (Monrovia, Université du Libéria, 1968).

Pour apprendre à motiver et coordonner des groupes de travailleurs, les cadres de supervision doivent présenter certaines aptitudes et acquérir la formation qui leur manque souvent. Même dans des pays où les méthodes manuelles sont utilisées depuis des siècles, les cadres des chantiers sont



bien souvent diplômés d'établissements d'enseignement dont les programmes tendent à favoriser les méthodes faisant appel à des machines. Ces cadres n'ont la plupart du temps jamais travaillé avec les ouvriers des chantiers et sont rarement sortis du rang. En réalité, il n'est pas rare dans ces pays que les pouvoirs publics voient dans les projets réalisés par des méthodes manuelles une possibilité d'offrir des emplois à des diplômés d'écoles d'ingénieurs au chômage qui, à leur tour, se préoccupent davantage du métrage ou de l'arpentage que des tâches de gestion et de supervision de la main-d'oeuvre que doit effectuer un bon contremaître.

Le service d'étude doit évaluer l'ampleur de l'action à engager pour mettre au point des programmes de formation spécialement axés sur des travaux exécutés par des méthodes manuelles. Ces programmes de formation, tout en dispensant les connaissances nécessaires à des techniciens avertis, offrent des possibilités aux travailleurs de sortir du rang. En l'absence de formation, il sera la plupart du temps difficile d'étendre à l'échelle d'un pays les opérations faisant appel à des méthodes manuelles, pour la simple raison que le personnel de supervision nécessaire fera défaut.

Si, à l'issue de l'examen de la faisabilité technique, les résultats sont encourageants, le service d'étude devra analyser les possibilités d'utilisation des méthodes manuelles en comparant les coûts qui en résulteront probablement et ceux des méthodes utilisant des moyens mécaniques pour accomplir un travail comparable. Ces comparaisons de coûts sont normalement effectuées tout d'abord en fonction des coûts *financiers* et, dans les cas où l'écart entre coûts financiers et économiques est important, en fonction des coûts *économiques*. Le problème tient à ce que les coûts financiers - salaires et prix du matériel par exemple - comportent souvent d'importantes distorsions. Ces distorsions peuvent être dues notamment à la législation sur les salaires minimums fixés à un niveau bien supérieur au niveau du revenu que le travailleur pourrait attendre autrement. Ces distorsions peuvent de même provenir des coûts du matériel qui correspondent à des taux de change artificiellement bas ou à des taux d'intérêt bonifiés et non à la valeur réelle due à la rareté. Dans ce cas, des "prix de référence", ou coefficients de correction des valeurs financières, doivent être utilisés pour exprimer le "juste" prix des facteurs dans l'évaluation des méthodes combinant main-d'oeuvre et matériel.

Pendant la phase initiale du programme, il ne sera pas toujours facile d'obtenir des données fiables sur les coûts (financiers ou économiques) des opérations exécutées par des méthodes manuelles et par des machines. Il se peut que l'on ne dispose pas de données chronologiques sur les travaux réalisés par des méthodes manuelles et que les données concernant les travaux exécutés par des machines ne soient pas toujours très fiables, étant donné que, selon toute probabilité, des statistiques n'ont pas été établies sur l'usage de machines dans de petits travaux de modernisation ou d'entretien de l'infrastructure rurale. Le service d'étude devra normalement se fonder au départ sur des approximations du coût des travaux effectués par la main-d'oeuvre et par des machines en fonction du coût financier de travaux comparables.

S'agissant de travaux exécutés par des machines, la base d'estimation du coût financier correspondra au taux en vigueur dans le pays, ajusté pour tenir compte des différences éventuelles entre les installations dont les

*Faisabilité financière  
et économique*

travaux sont effectués par des machines et les projets ruraux qui seront les premiers à être effectués par des méthodes manuelles. S'agissant de travaux réalisés par des méthodes manuelles, l'ordre de grandeur devra au départ se fonder sur l'expérience d'autres pays. C'est pourquoi les résultats devront être examinés de façon approfondie afin d'atténuer au minimum les effets des différences culturelles: la productivité de la main-d'oeuvre dans le nord de l'Inde, par exemple, ne sera peut-être pas un critère approprié pour évaluer la productivité de la main-d'oeuvre en Amérique du Sud. On trouvera dans les tableaux 2-4, 2-5 et 2-6 l'illustration de la méthode à utiliser.

Le tableau 2-4 récapitule les principaux faits et hypothèses à envisager par le service d'étude pour comparer les coûts des méthodes manuelles et des méthodes faisant appel à des machines dans la construction de routes rurales. Le service d'étude devra tout d'abord relever les caractéristiques fondamentales des travaux à effectuer. Des approximations grossières sont utilisées pour établir les différentes caractéristiques des routes, notamment le nombre de ponceaux par kilomètre, le volume des terrassements par kilomètre, la distance de transport des déblais, le pourcentage de surfaces de terre et de graviers par rapport à la longueur totale et la distance de transport des graviers. Le tracé choisi doit si possible éviter les franchissements de rivières, mais en cas d'impossibilité, il conviendra d'envisager des passages à gué.

Le service d'étude doit savoir que les coûts qu'entraînent les deux méthodes peuvent être ventilés en quatre éléments principaux: main-d'oeuvre, outillage et matériel, matériaux et frais généraux. Pour plus de simplicité, les frais généraux sont supposés atteindre 200 dollars par kilomètre pour les deux méthodes. Le pourcentage de chaque élément dans le coût total variera selon la méthode de construction utilisée. La comparaison des pourcentages de coûts habituels montre les différences entre les deux méthodes.

L'estimation des effectifs de main-d'oeuvre et de leur coût lorsque des méthodes manuelles sont utilisées relève, au départ, d'une série d'estimations réfléchies:

- \* Dans les exemples des tableaux 2-4 à 2-6, le volume des déblais est évalué à 3.000 mètres cubes au maximum par kilomètre et à 1.500 mètres cubes en moyenne par kilomètre probablement, soit 150.000 mètres cubes pour 100 kilomètres de routes rurales.
- \* Dans les pays utilisant traditionnellement les méthodes manuelles, les rythmes de production peuvent atteindre 4,5 mètres cubes par homme et par jour dans le cas de matériaux tendres. Mais si le pays ne possède pas l'expérience de ces méthodes, le service d'étude pourra tabler sur 2 mètres cubes par homme et par jour.
- \* Pour d'autres activités, la productivité habituelle est la suivante:

Pose de graviers	1,0 m <sup>3</sup> /homme-jour
Pose ponceaux	10 hommes-jours/ponceau
Construction petits ponts	100 hommes-jours/pont
Travaux divers	100 hommes-jours/km

Pour construire un kilomètre de route, il faudra donc compter 1.000 hommes-jours de main-d'oeuvre non qualifiée, soit 100.000 hommes-jours pour 100 kilomètres. A un taux de salaire rural de 1 dollar par jour, on

obtient très approximativement 100.000 dollars de coûts de main-d'oeuvre. Pour construire 1.000 kilomètres de routes en un an, les travaux pouvant être effectués 250 jours par an, il faudra compter 400 hommes-années, ce qui représente un effectif de 400 personnes.

Ces estimations se rapportent uniquement à la main-d'oeuvre non qualifiée. Or, la construction de ponceaux, de murs en pierres et d'autres ouvrages exigera en outre des maçons, des menuisiers et d'autres artisans ainsi que des cadres de supervision locaux. Pour en évaluer les coûts, le service d'exécution peut se fonder sur l'équivalent de 50 % du coût total de la main-d'oeuvre non qualifiée.

Tableau 2-4. Projection des coûts financiers initiaux des méthodes faisant appel à des machines et des méthodes manuelles pour la construction de routes rurales (taux de salaire de la main-d'oeuvre non qualifiée = 1 dollar par jour)

Eléments	Avec machines			Avec main-d'oeuvre		
	Détails	Coût Appr. (\$/km)	% Coût total	Détails	Coût Appr. (\$/km)	% Coût total
<b>Main-d'oeuvre</b>				<b>Main-d'oeuvre</b>		
Non qualifiée	100 hommes-jours à \$ 1/jour	100	2,3	1.000 hommes-jours à \$ 1/jour	1.000	28,6
Qualifiée	150 hommes-jours à \$ 2/jour	300	6,9	200 hommes-jours à \$ 2/jour	400	11,4
Cadres locaux	25 hommes-jours à \$ 2/jour	50	1,1	50 hommes-jours à \$ 2/jour	100	2,9
<b>Total partiel</b>		<b>450</b>	<b>10,3</b>		<b>1.500</b>	<b>42,9</b>
<b>Outillage &amp; matériel</b>				<b>Outillage &amp; matériel</b>		
Outils & petit matériel	Outils, brouettes etc.	150	3,4	Outils, brouettes, etc.	250	7,1
Matériel lourd	Défonçeuse, batoir, niveleuse, camion, etc.	2.750	63,3	Camion, tracteur/remorque, etc.	750	21,5
<b>Total partiel</b>		<b>2.900</b>	<b>66,7</b>		<b>1.000</b>	<b>28,6</b>
<b>Matériaux</b>				<b>Matériaux</b>		
Ponceaux		600	13,8	Ponceaux	600	17,1
Divers		200	4,6	Divers	200	5,7
<b>Total partiel</b>		<b>800</b>	<b>18,4</b>		<b>800</b>	<b>22,8</b>
<b>Frais généraux</b>		<b>200</b>	<b>4,6</b>	<b>Frais généraux</b>	<b>200</b>	<b>5,7</b>
<b>TOTAL</b>		<b>4.350</b>	<b>100,0</b>		<b>3.500</b>	<b>100,0</b>

Note: Les caractéristiques techniques sont par hypothèse les suivantes:

Largeur: 4 mètres (+1,5 m x 2 accotements)

Rayon horizontal minimum: 15 m

Déblais/km: 3.000 m<sup>3</sup> (max.)

Surface: 80 % terre, 20 % graviers

Volumé de la circulation prévu: 10 véhicules/jr.

Pente minimum: 10 %

Distance de transport des terrassements: 150 m (moyenne)

Distance de transport des graviers: 24 km (moyenne)

Ponceaux/km: 1

Ponts/km: 0,25

Dimension du projet: 100 km

Source: Banque Mondiale.

Le service d'étude peut aussi évaluer l'outillage et le matériel nécessaires dans le cas de méthodes manuelles en se fondant sur les moyennes établies à partir de l'expérience acquise sur le plan international en ce qui concerne:

- \* Le nombre et le type d'outils manuels nécessaires pour une équipe de 20 ouvriers effectuant des travaux d'excavation, de chargement, transport, déchargement et épandage.
- \* La durée de vie estimée des outils.
- \* Le nombre et le type de matériels légers nécessaires (comme des brouettes).
- \* Le nombre et le type de camions, marteaux pneumatiques pour la perforation des roches dures et le matériel mécanique nécessaires.

Tableau 2-5. Prévisions des coûts financiers initiaux des méthodes faisant appel à des machines et des méthodes manuelles pour la construction de routes rurales  
(taux de salaire de la main-d'oeuvre non qualifiée: 4 dollars par jour)

Eléments	Avec machines			Avec main-d'oeuvre		
	Détails	Coût Appr. (\$/km)	% Coût total	Détails	Coût Appr. (\$/km)	% Coût total
<b>Main-d'oeuvre</b>				<b>Main-d'oeuvre</b>		
Non qualifiée	100 hommes-jours à \$ 4/jour	400	7,0	1.000 hommes-jours à \$ 4/jour	4.000	50,0
Qualifiée	150 hommes-jours à \$ 8/jour	1.200	21,0	200 hommes-jours à \$ 8/jour	1.600	20,0
Cadres locaux	25 hommes-jours à \$ 8/jour	200	3,5	50 hommes-jours à \$ 8/jour	400	5,0
<b>Total partiel</b>		<b>1.800</b>	<b>31,5</b>		<b>6.000</b>	<b>75,0</b>
<b>Outillage &amp; matériel</b>				<b>Outillage &amp; matériel</b>		
Outils & petit matériel	Outils, brouettes etc.	150	2,6	Outils, brouettes, etc.	250	3,1
Matériel lourd	Défonçouse, butoir, niveleuse, camion, etc.	2.750	48,3	Camion, tracteur/remorque, etc.	750	9,4
<b>Total partiel</b>		<b>2.900</b>	<b>50,9</b>		<b>1.000</b>	<b>12,5</b>
<b>Matériaux</b>				<b>Matériaux</b>		
Fonceaux		600	10,5	Fonceaux	600	7,5
Divers		200	3,5	Divers	200	2,5
<b>Total partiel</b>		<b>800</b>	<b>14,0</b>		<b>800</b>	<b>10,0</b>
<b>Frais généraux</b>		<b>200</b>	<b>3,5</b>	<b>Frais généraux</b>	<b>200</b>	<b>2,5</b>
<b>TOTAL</b>		<b>5.700</b>	<b>100,0</b>		<b>8.000</b>	<b>100,0</b>

Note: Les caractéristiques techniques sont les mêmes que dans le tableau 2-4.  
Source: Banque Mondiale.

La main-d'oeuvre (et l'outillage) et le matériel employés dans les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre représentent généralement, d'après les estimations, de 40 à 45 % et de 25 à 35 % du coût total, respectivement. Ces ordres de grandeur sont utiles au service d'étude

lorsqu'il établit pendant la phase initiale les premières comparaisons de coût, bien que ces pourcentages dépendent beaucoup du volume des graviers nécessaire.

Tableau 2-6. Prévisions des coûts économiques initiaux des méthodes faisant appel à des machines et des méthodes manuelles pour la construction de routes rurales (taux de salaire de la main-d'oeuvre non qualifiée: 2 dollars par jour)

Eléments	Avec machines		Avec main-d'oeuvre			
	Détails	Coût Appr. (\$/km)	% Coût total	Détails	Coût Appr. (\$/km)	% Coût total
<b>Main-d'oeuvre</b>				<b>Main-d'oeuvre</b>		
Non qualifiée	100 hommes-jours à \$ 2/jour	200	3,2	1.000 hommes-jours à \$ 2/jour	2.000	28,6
Qualifiée	150 hommes-jours à \$ 4/jour	600	9,7	200 hommes-jours à \$ 4/jour	800	11,4
Cadres locaux	25 hommes-jours à \$ 4/jour	100	1,6	50 hommes-jours à \$ 4/jour	200	2,9
<b>Total partiel</b>		<b>900</b>	<b>14,5</b>		<b>3.000</b>	<b>58,6</b>
<b>Outillage &amp; matériel</b>				<b>Outillage &amp; matériel</b>		
Outils & petit matériel	Outils, brouettes etc.	150	2,4	Outils, brouettes, etc.	250	4,7
Matériel lourd	Défonçeuse, boudoir, niveleuse, camion, etc.	4.125 <sup>a</sup>	68,8	Camion, tracteur/remorque, etc.	1.050 <sup>b</sup>	19,8
<b>Total partiel</b>		<b>4.275</b>	<b>69,2</b>		<b>1.300</b>	<b>24,5</b>
<b>Matériaux</b>				<b>Matériaux</b>		
Ponceaux		600	9,7	Ponceaux	600	11,3
Divers		200	3,3	Divers	200	3,8
<b>Total partiel</b>		<b>800</b>	<b>13,0</b>		<b>800</b>	<b>15,1</b>
<b>Frais généraux</b>		<b>200</b>	<b>3,3</b>	<b>Frais généraux</b>	<b>200</b>	<b>3,8</b>
<b>TOTAL</b>		<b>6.175</b>	<b>100,0</b>		<b>5.300</b>	<b>100,0</b>

Note: Les caractéristiques techniques sont les mêmes que dans le tableau 2-4.

a. Supposer une proportion de devises de 100 %, à un taux de change majoré de 50 %.

b. Supposer une proportion de devises de 80 %, à un taux de change majoré de 50 %.

Source: Banque Mondiale.

Pour les travaux effectués par des moyens mécaniques, les pourcentages correspondants du coût total pour la main-d'oeuvre (et l'outillage) et le matériel sont, en général, de 10 à 15 % et de 60 à 70 %. Le service d'étude pourra dans ce cas plus facilement évaluer les coûts, ceux-ci pouvant être calculés à partir des données chronologiques relatives aux travaux exécutés dans le pays à l'entreprise ou en régie. Toutefois, il sera sans doute difficile de déterminer si les projets ayant les modestes caractéristiques proposées pour les 100 kilomètres de routes rurales pourront véritablement être exécutés à l'aide de machines. Par conséquent, les coûts indiqués seront des approximations fondées sur le coût d'ouvrages plus complexes.

Les calculs très approximatifs effectués par le service d'étude et récapitulés dans le tableau 2-4 montrent que les moyens mécaniques permettront de construire 100 kilomètres de routes rurales pour environ 435.000 dollars tandis que les méthodes manuelles reviendront à quelque 350.000 dollars. Le service d'étude pourra donc en conclure, selon les circonstances et le type de travaux envisagés, si les méthodes manuelles seront compétitives sur le plan financier avec les moyens mécaniques.

Dans de nombreux pays, ces comparaisons des coûts financiers pourront toutefois indiquer que les méthodes manuelles sont plus coûteuses. Si tel est le cas, il sera nécessaire d'effectuer des comparaisons des coûts économiques qui bien souvent montreront que les méthodes manuelles sont en réalité meilleur marché. C'est ainsi que le tableau 2-5, qui utilise les mêmes coefficients techniques que le tableau 2-4, présente une analyse financière reposant sur l'hypothèse où, en raison de la législation sur le salaire minimum, la main-d'oeuvre non qualifiée est rémunérée à 4 dollars par jour et le salaire de la main-d'oeuvre qualifiée est majoré de 100 % par rapport à celui de la main-d'oeuvre non qualifiée, soit 8 dollars par jour. Aux prix du marché, les coûts de la main-d'oeuvre pour les méthodes manuelles seraient donc de 6.000 dollars (4.000 dollars de main-d'oeuvre non qualifiée et 2.000 dollars de main-d'oeuvre qualifiée) et le coût total serait de 8.000 dollars par kilomètre, à supposer que tous les autres coûts soient les mêmes. Avec les moyens mécaniques, les coûts de main-d'oeuvre seraient au total de 1.800 dollars (400 dollars de main-d'oeuvre non qualifiée et 1.400 dollars de main-d'oeuvre qualifiée) et le coût total atteindrait 5.700 dollars. Par conséquent, les méthodes faisant appel à des machines reviennent à 2.300 dollars de moins par kilomètre aux prix du marché. Toutefois, sachant que la main-d'oeuvre non qualifiée payée 2 dollars par jour est abondante dans la région où doivent être construites les routes et que les devises sont rares au taux officiel si bien que le taux de change du marché libre (ou valeur de référence) atteint en réalité 1,5 fois le taux officiel, il conviendra d'entreprendre l'analyse en fonction des coûts économiques suivant le principe du tableau 2-6. Les taux de salaire économiques de 2 dollars et 4 dollars sont utilisés pour la main-d'oeuvre non qualifiée et qualifiée respectivement et tous les coûts exprimés en devises sont majorés de 50 %. Etant donné que par hypothèse, les remorques utilisées avec les tracteurs dans les méthodes manuelles sont de fabrication locale, le coût en devises de ce matériel est fixé à 80 % du coût total, tandis que tout le matériel utilisé dans les méthodes faisant appel à des machines est par hypothèse importé. Comme l'illustre le tableau 2-6, les méthodes manuelles reviennent donc à 875 dollars de moins par kilomètre en fonction des coûts économiques<sup>1</sup>.

S'il est nécessaire de payer le salaire minimum officiel, le problème des primes peut se poser. Cette prime est souvent inscrite directement dans la masse salariale du ministère qui fait exécuter les travaux en régie, mais lorsque les travaux sont exécutés à l'entreprise, une prime pourrait être

---

<sup>1</sup> Les données concernant les distorsions des prix du marché et les valeurs de référence de la main-d'oeuvre, du capital, des devises, etc., doivent pouvoir être obtenues auprès de l'office national de planification ou des directions économiques du ministère des finances, ou encore auprès des universités.

prévue<sup>2</sup>. Pour atténuer les distorsions dues à des salaires officiels excessivement élevés, on peut aussi faire participer la collectivité à l'exécution des programmes faisant appel à la main-d'oeuvre. Il pourra être demandé à la main-d'oeuvre locale de participer aux travaux soit gratuitement soit moyennant un salaire symbolique parce que la population locale est consciente des avantages qu'elle tirera des installations et est disposée à apporter son concours. On trouvera dans le chapitre III des informations détaillées sur la comparaison des coûts économiques et des coûts financiers et sur la participation de la population locale.

**SEUIL DE RENTABILITE.** Le seuil de rentabilité correspond au niveau auquel le coût d'exécution d'une tâche par des méthodes manuelles est égal au coût d'exécution de la même tâche par des machines. Le taux de salaire journalier est l'élément le plus important du coût des méthodes manuelles. Il constitue donc un critère commode pour évaluer d'emblée l'efficacité relative par rapport au coût des méthodes manuelles par rapport aux méthodes faisant appel à des machines.

La figure 2-3 illustre la méthode de calcul du seuil de rentabilité du salaire de la main-d'oeuvre effectuant des travaux de terrassement sur de courtes distances en Inde, en fonction de deux séries d'hypothèses concernant l'organisation du chantier, l'encadrement et le versement de primes.

La figure 2-4 illustre les activités et les tâches pour lesquelles les méthodes manuelles pourraient convenir sur le plan financier et technique aux taux de salaires indiqués correspondant au seuil de rentabilité. Les projets eux-mêmes comportent des tâches multiples, ce qui permet d'élargir l'analyse du seuil de rentabilité.

La figure 2-5 indique les grandes catégories de travaux de génie civil pour lesquels les méthodes manuelles pourraient convenir sur le plan technique et financier pour divers taux de salaires. Ces taux de salaires sont calculés aux prix de 1980 et pour déterminer si les méthodes manuelles peuvent être utilisées, il convient de tenir compte de l'évolution relative du coût de la main-d'oeuvre et de celui du matériel depuis cette date.

Pour évaluer la faisabilité financière des méthodes manuelles en vue de la réalisation d'un projet, le service d'étude se fondera en fin de compte sur l'estimation du seuil de rentabilité des coûts. Il devra aussi connaître les choix financiers possibles en fonction de la qualité des travaux, de la conception du projet et de son calendrier d'exécution. Ces choix dépendent des ressources locales disponibles et du prix relatif des facteurs ainsi que des conditions socio-économiques locales.

**QUALITE ET CONCEPTION DU PROJET.** La faisabilité financière et économique des méthodes manuelles est liée à la faisabilité technique. La main-d'oeuvre pourra fréquemment concurrencer les machines sur le plan des coûts pour l'exécution des tâches que la main-d'oeuvre peut accomplir

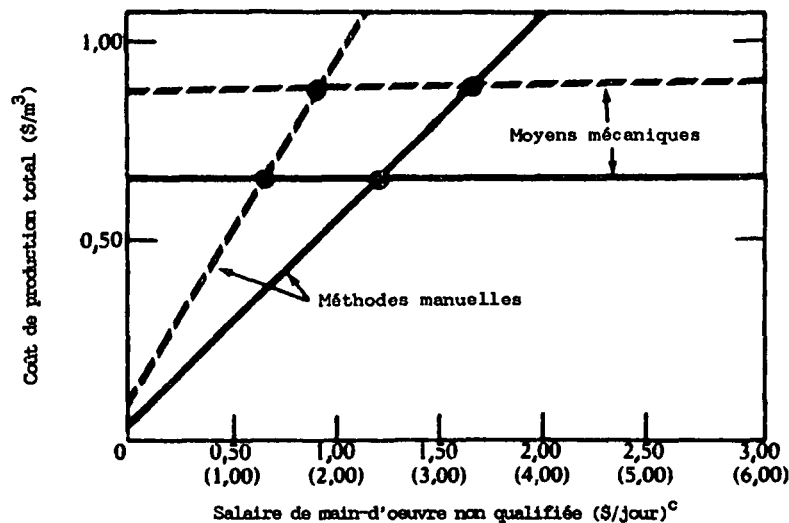
---

<sup>2</sup> Voir chapitre 4 et Banque Mondiale/Scott Wilson Kirpatrick and Partners, Guide to Competitive Bidding on Construction Projects in Labor Abundant Economies (Washington, D.C., Juin 1978).

de façon efficace comme les travaux de terrassement, d'extraction, de menuiserie, de maçonnerie et de pose de conduites. En réalité, la main-d'oeuvre peut effectuer certaines tâches de façon plus efficace que les machines: par exemple la construction de talus de petites dimensions et de canaux d'irrigation, la production d'agrégats grossiers et l'extraction de certains matériaux. Le service d'étude ne devra pas oublier que l'évaluation financière et économique de la qualité du produit obtenu par des méthodes manuelles doit tenir compte des coûts de l'ouvrage effectué et de ceux des travaux qu'il entraînera à l'avenir, c'est-à-dire les coûts d'entretien.

L'utilisation de la main-d'oeuvre peut donner lieu à des coûts excessivement élevés si les caractéristiques techniques de l'ouvrage ont été établies pour des méthodes faisant appel à des machines. C'est ainsi que la méthode de passation des marchés peut-être implicitement défavorable aux méthodes manuelles si elle n'a aucun rapport avec l'utilisation qui sera faite de l'ouvrage proposé. La neutralisation de cette orientation par des moyens institutionnels et administratifs influe directement sur la faisabilité technique et le résultat des méthodes manuelles. Cette question sera traitée dans les chapitres suivants.

Figure 2-3. Seuil de rentabilité des coûts de main-d'oeuvre pour des travaux de terrassement exécutés manuellement ou à l'aide de machines et suivant la qualité de l'encadrement (prix 1976)



Légende: — Bon encadrement, bonne organisation du chantier, rémunération avec primes<sup>a</sup>.  
 - - - Encadrement et organisation du chantier médiocres; rémunération sans prime<sup>b</sup>.

*Note:* Les calculs reposent sur les hypothèses suivantes: la tâche comporte l'excavation, le chargement, le transport et l'épandage des déblais et remblais, sur une distance de transport de 60 mètres, le matériau étant une terre végétale moyenne. Les taux de salaires sont ceux qui étaient en vigueur en Inde en 1976. Le matériel utilisé était composé de boteurs D7, de niveleuses, etc. On a eu recours pour les méthodes manuelles à des ouvriers munis de brouettes. Les coûts de production incluent les frais



généraux. Avec un bon encadrement, les coûts de production représentent environ 70 % des coûts directs. Lorsque l'encadrement est insuffisant, les frais généraux sont d'environ 30 % des coûts directs.

a. Dans le cas des méthodes manuelles, les primes reposent sur le système de travail à la pièce utilisé par une entreprise de travaux publics.

b. Dans le cas des méthodes manuelles, l'absence de primes entraîne l'exécution des travaux en régie par de la main-d'oeuvre rémunérée à la journée.

c. Les salaires non placés entre parenthèses sont ceux des travailleurs rémunérés à la journée; ceux qui le sont concernent les ouvriers à la pièce. Ces derniers passent plus de temps chaque jour sur le chantier et s'interrompent moins souvent. Leur salaire atteint le double de celui des ouvriers payés à la journée.

Source: D'après P.A. Green et P.D. Brown, "Some Aspects of the Use of Labour-Intensive Methods for Road Construction", document présenté au 37ème Congrès routier annuel indien, Bhopal, Inde, 1979.

**TYPE DE PROJET ET CALENDRIER D'EXECUTION.** De petits projets dispersés se prêtent mieux d'ordinaire à des méthodes manuelles, alors que de grands projets uniques, comme des ponts importants, ont intérêt à être exécutés à l'aide de machines. Lorsque l'on fait appel à des machines pour réaliser de petits travaux dispersés d'un volume relativement limité, il faut prévoir l'entretien et le déplacement d'un matériel cher d'un chantier à l'autre. Les méthodes manuelles peuvent donc être avantageuses sur le plan économique même lorsque les taux de salaires en vigueur sont relativement élevés pour l'exécution de travaux dispersés. Leur avantage tient en premier lieu au coût de la livraison, de la mise en marche et du fonctionnement du matériel dans des régions difficiles d'accès où les travaux seront rarement suffisamment importants pour que le matériel soit utilisé à sa pleine capacité et, en second lieu, au coût élevé de l'entretien du matériel dans des régions éloignées des ateliers.

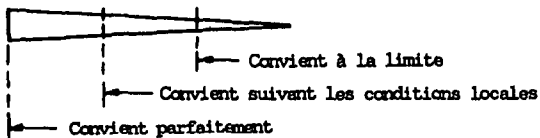
**DISPONIBILITE DES RESSOURCES.** Les ressources sont les facteurs de production nécessaires à une technique de construction déterminée. L'offre de main-d'oeuvre présente de toute évidence une importance critique pour les méthodes manuelles, mais d'autres ressources sont tout aussi nécessaires. La main-d'oeuvre doit être équipée d'outils manuels et de matériel léger. Si ces outils et ce matériel sont d'un coût raisonnable, ils doivent normalement être fabriqués sur place. Ce sont donc les possibilités de fabrication locale qui détermineront les ressources disponibles sur place. De même, les caractéristiques des matériaux de construction locaux doivent satisfaire certains critères pour pouvoir être utilisés dans des opérations faisant appel à la main-d'oeuvre; les sols, par exemple, doivent être relativement tendres et les roches dures doivent pouvoir être broyées relativement facilement. Dans certains cas, la présence d'une ressource particulière favorise l'utilisation de méthodes manuelles. Il se peut que des graviers de bonne qualité soient disponibles uniquement dans des carrières où l'utilisation de machines ne serait pas rentable.

L'efficacité par rapport au coût de diverses techniques dépend, d'une part, du prix relatif des facteurs pour l'achat et le fonctionnement du matériel et, d'autre part, des taux de salaires, du coût des outils et des frais généraux qu'entraîne une opération faisant appel à la main-d'oeuvre.

Figure 2-4. Activités et tâches convenant à des méthodes manuelles pour divers taux de salaire (prix de 1980)

Activité et tâche	Taux de salaire journalier (\$)					
	1	2	3	4	5	6
Défrichage						
Excavation						
Fossés & tranchées						
Extraction de matériaux tendres						
Extraction de roches dures						
Caissons & puits à ciel ouvert (sols tendres)						
Caissons & puits à ciel ouvert (roches dures)						
Aménagement de terrasses selon les courbes de niveau						
Remblayage des canalisations & ponceaux						
Chargement & déchargement des matériaux en vrac						
Transport sur de courtes distances						
Main d'œuvre, 150 m maximum						
Animaux, 500 m maximum						
Mise en place, épandage & profilage des matériaux en vrac						
Fabrication du béton (de ciment ou bitumineux)						
Production de pierres						
Agrégats de 15 à 50 mm						
Pierres brutes de 50 mm						
Pierres parées						
Maçonnerie						
Ouvrages						
Chaussées						
Rose de conduites						
A ciel ouvert						
Sous pression						
Ponceaux (béton)						
Ponceaux (métal corné)						
Menuiserie						
Coffrages						
Couverture & fermes des ponts						
Renforcement						
Cintrage						
Encastrament						
Ouvrages métalliques						
Fabrication						
Pose						

Légende:



Source: D'après un document de P.A. Green et M.R. Clapham présenté à la Conférence sur les technologies appropriées, organisée par l'Institution of Civil Engineers en 1980.

On peut dire que la main-d'oeuvre n'a pas besoin de rémunérations très élevées et peut produire une quantité de travail physique limitée, mais qu'elle possède aussi la faculté de déployer un effort physique de façon beaucoup plus sélective que les machines. Le matériel, au contraire, exige des dépenses d'achat et de fonctionnement élevées, mais accomplit un volume de travaux important en relativement peu de temps.

L'hypothèse qui sous-tend le raisonnement suivi jusqu'à présent est que les avantages relatifs des choix de technologies n'influent pas sensiblement sur le niveau de service ni sur les coûts futurs d'un projet: le produit final dépend de la technique de construction utilisée. Mais, comment procéder lorsque le niveau de service ou les coûts futurs dépendent en réalité de la technique de construction adoptée ?

Dans ce cas, il convient d'éviter autant que possible des caractéristiques de fonctionnement sensiblement différentes. Sinon, l'évaluation de diverses technologies devient une tâche insurmontable par sa complexité et il risque d'en résulter des distorsions dans le résultat technique ou les calculs de coûts. S'il est impossible d'éviter des projets aussi complexes, la marche à suivre consiste à évaluer l'effet de diverses technologies possibles au cours de toute la durée de vie du projet. Le calcul initial de faisabilité du projet sera donc effectué pour chaque option technique à chaque phase du projet.

Dans le cas d'un projet routier, par exemple, il conviendrait d'effectuer des analyses successives des coûts des travaux, de l'entretien et des coûts pour les usagers pendant toute la durée de vie économique du projet et pour chaque technique de construction dont les résultats ne sont pas équivalents. Les méthodes de calcul permettant d'effectuer cette analyse sont connues, mais elles relèvent davantage de l'évaluation du projet que du choix de la technique. Comme il est rare d'avoir à effectuer des analyses aussi complexes pendant la planification des opérations faisant appel à la main-d'oeuvre, on ne poursuivra pas dans le présent ouvrage l'examen des méthodes de construction manuelles qui ne permettent pas d'obtenir des résultats équivalant à ceux des machines.

Sur la base de ses premières conclusions, le service d'étude devra définir la portée et les coûts estimatifs d'un programme de travaux faisant appel à des méthodes manuelles.

Après avoir examiné la faisabilité technique et économique des méthodes manuelles, le service d'étude devra choisir les types de projets se prêtant à l'utilisation de ces méthodes et préparer les grandes lignes d'un programme d'amélioration de l'infrastructure. Ce programme indiquera l'ampleur et les coûts estimatifs des travaux pouvant être exécutés par des méthodes manuelles. Trois éléments principaux devront entrer en ligne de compte: *les travaux physiques* (c'est-à-dire la construction et l'entretien des installations d'infrastructure), *la création d'institutions* (notamment le recrutement, la formation et l'évolution de la carrière du personnel participant à ces opérations) et *les activités de soutien* (dont l'objet est d'accroître dans le temps l'efficacité par rapport au coût des méthodes manuelles).

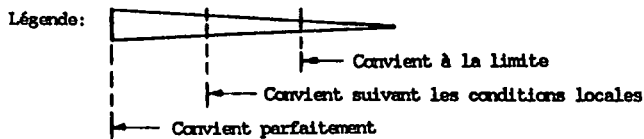
## PREPARATION DES GRANDES LIGNES D'UN PROGRAMME

### *Eléments du programme*

Figure 2-5. Programmes et projets convenant à des méthodes manuelles pour divers taux de salaires (prix de 1980)

Programme et projet	Salaire de la main-d'œuvre non qualifiée (\$)					
	1	2	3	4	5	6
Pose de revêtement bitumineux	[Graphique]					
Routes de graviers & couche de base <sup>a</sup>	[Graphique]					
Projets dispersés	[Graphique]					
Projets moyens	[Graphique]					
Grands projets uniques	[Graphique]					
Pistes de terre	[Graphique]					
Projets très dispersés	[Graphique]					
Projets relativement dispersés	[Graphique]					
Autres projets	[Graphique]					
Élargissement, amélioration des routes par gravillonnage	[Graphique]					
Grands projets uniques	[Graphique]					
Autres projets	[Graphique]					
Programmes d'entretien périodique	[Graphique]					
Routes de terre très dispersées <sup>b</sup>	[Graphique]					
Autres routes gravillonnées & de terre <sup>b</sup>	[Graphique]					
Autres routes non revêtues	[Graphique]					
Routes revêtues	[Graphique]					
Petits canaux et fossés non revêtus	[Graphique]					
Petits projets dispersés	[Graphique]					
Grands projets uniques	[Graphique]					
Grands canaux et fossés non revêtus	[Graphique]					
Pose de revêtement en briques de canaux & fossés	[Graphique]					
Entretien courant de canaux & fossés	[Graphique]					
Petits canaux, très dispersés	[Graphique]					
Autres petits canaux	[Graphique]					
Grands canaux	[Graphique]					
Pose de canalisations <sup>c</sup>	[Graphique]					
Barrages en terre (avec passage à poissons) <sup>d</sup>	[Graphique]					
Petits projets dispersés <sup>e</sup>	[Graphique]					
Autres petits projets	[Graphique]					
Grands projets sans limites de temps	[Graphique]					
Barrages en maçonnerie	[Graphique]					
Barrages en enrochement	[Graphique]					
Barrages en béton <sup>f</sup>	[Graphique]					
Petits (Y compris déversoirs) <sup>g</sup>	[Graphique]					
Grands (A vannes)	[Graphique]					
Ouvrages de conservation des sols & de lutte contre l'érosion <sup>h</sup>	[Graphique]					
Aérodromes non revêtus	[Graphique]					
Bâtiments peu coûteux	[Graphique]					
Construction traditionnelle	[Graphique]					
Construction non traditionnelle	[Graphique]					
Petits ponts	[Graphique]					
Bosi ou maçonnerie	[Graphique]					
Béton	[Graphique]					

## Symbole et notes de la figure 2-5.



- a. A condition que la distance de transport des matériaux ne dépasse pas 5 km (par tracteur et remorque).
- b. L'entretien périodique comprend le rechargement et le rebitumage.
- c. Pour excavation de tranchées, pose de canalisations et remblayage. Au taux de salaires de moins de 2 dollars, les méthodes d'excavation manuelles sont rentables, sauf pour les roches dures. Au taux de 3 dollars au maximum, les méthodes manuelles sont rentables, sauf dans les sols denses ou durs et les roches.
- d. Pour des distances de transport ne dépassant généralement pas 500 m.
- e. Le sol doit au plus ferme ou meuble.
- f. Le mélange doit être effectué par des moyens mécaniques.
- g. Les agrégats de moins de 15 mm seront de préférence obtenus à l'aide d'un concasseur, mais ils peuvent souvent être remplacés par des graviers naturels extraits manuellement.
- h. Y compris l'aménagement de banquettes selon les courbes de niveau, la construction de rigoles, de barrages régulateurs dans des ravins, la plantation d'arbres, etc.

Source: D'après un document de P.A. Green et M.R. Clapham présenté à la Conférence sur les technologies appropriées organisée par l'Institution of Civil Engineers en 1980.

Chacun de ces trois éléments doit contribuer à l'exécution de travaux d'une qualité et d'un coût comparables à ceux qui sont effectués à l'aide de machines, et chacun engendrera des coûts spécifiques. Pour évaluer le coût et l'efficacité de chaque élément au départ, le service d'étude devra utiliser des données provenant d'autres pays, puisqu'il n'aura guère l'expérience de l'utilisation des méthodes manuelles. En fin de compte, il lui faudra démontrer que les méthodes manuelles sont efficaces dans le pays où leur adoption est envisagée.

Les organismes donateurs ont presque toujours participé au lancement des méthodes faisant appel à la main-d'oeuvre dans le but d'obtenir des résultats convaincants pour les autorités techniques du pays d'accueil. Les expatriés peuvent utiliser l'expérience qu'ils ont acquise dans des opérations semblables réalisées dans d'autres pays, et ceux qui participent au lancement des projets pilotes pourront peut-être apporter leur concours à des réalisations de plus grande envergure. Toutefois, le rôle des organismes donateurs et de leur personnel évoluera avec le temps. Au départ, ils justifieront et fourniront leur assistance technique et financière. Une fois que le pays bénéficiaire aura acquis la capacité de planifier et de gérer des programmes faisant appel à la main-d'oeuvre, les organismes donateurs devront se limiter à accorder une aide financière. A long terme, aucune opération faisant appel à la main-d'oeuvre ne pourra être gérée par des expatriés: les frais généraux deviendront prohibitifs, réduisant d'autant l'avantage compétitif des méthodes manuelles.

*Grandes lignes d'un  
programme type*

Le tableau 2-7 indique les grandes lignes d'un programme type visant à améliorer des routes de desserte à faible circulation. Une méthode semblable peut être appliquée à des projets d'irrigation, de lutte contre les inondations et à des travaux où les terrassements peuvent être effectués par une main-d'oeuvre non qualifiée nombreuse.

L'établissement des grandes lignes d'un programme répond à deux grands objectifs. Premièrement, il donne aux dirigeants politiques du pays une idée de la nature, du volume et du coût approximatif des travaux qui pourraient être exécutés par des méthodes manuelles. Deuxièmement, il permet d'évaluer si le volume proposé des travaux devant être effectués par des méthodes manuelles est suffisamment important pour justifier les efforts et les dépenses de création des institutions et d'autres activités de soutien qu'entraîne l'utilisation massive de main-d'oeuvre.

Pour préparer les grandes lignes d'un programme, le service d'étude aura intérêt à définir en termes très généraux les caractéristiques techniques des travaux proposés. On ne saurait en déduire que les caractéristiques techniques définitives doivent être fixées à ce stade, mais qu'il convient de procéder à des évaluations générales des travaux à effectuer. Les grandes lignes d'un programme doivent par exemple permettre d'évaluer le volume des terrassements nécessaires suivant le relief et la largeur et la pente souhaitées de la route.

Le tableau 2-7 illustre les grandes lignes d'un programme de construction de routes d'accès par des méthodes manuelles. Un programme ayant l'ampleur et le calendrier indiqués dans le tableau 2-7 peut sembler réalisable au départ, mais, pour des raisons qui seront exposées dans les chapitres suivants, il ne sera probablement pas réalisable sans qu'un projet pilote n'ait été entrepris auparavant.

A ce stade, le service d'étude aura mené à bien les cinq premières étapes décrites au début de ce chapitre, et il ne lui restera que les deux dernières à accomplir: la présentation des grandes lignes du programme accompagnée d'une demande de ressources afin d'entreprendre la planification détaillée et l'obtention auprès des dirigeants politiques et financiers de l'autorisation de passer à l'étape suivante.

A supposer que les premières enquêtes aient donné des résultats positifs, le service d'étude devra présenter aux autorités financières du pays une argumentation s'inspirant des principes suivants:

- \* Il est tout à fait possible de recourir à la main-d'oeuvre non qualifiée de préférence aux machines pour l'amélioration et l'entretien de l'infrastructure, à condition que le remplacement du capital par la main-d'oeuvre soit techniquement possible et économiquement justifié.
- \* L'expérience acquise dans d'autres pays montre que le remplacement est possible dans les conditions qui sont celles du pays d'accueil. Mais cette hypothèse doit être confirmée et pour cela il est nécessaire de réaliser un projet pilote.

**CONCLUSION DE LA  
PHASE DE NAISSANCE  
D'UN PROJET**

La demande présentée à l'organisme de financement devra comporter quatre éléments:

- \* Une définition du rôle que les méthodes manuelles de construction et d'entretien pourraient jouer dans les efforts que fera le pays pour améliorer ses ouvrages de génie civil, créer des emplois et économiser des devises.
- \* Les grandes lignes d'un éventuel programme national de travaux faisant appel à la main-d'oeuvre.
- \* Une proposition de projet pilote faisant appel à la main-d'oeuvre, dont les résultats permettront de déterminer avec précision si le programme national est justifiable.
- \* Une demande de ressources afin de planifier de façon plus détaillée le programme national et de lancer le projet pilote proposé.

Une fois que le service d'étude aura obtenu l'autorisation et les ressources nécessaires, la planification du programme pourra véritablement commencer. Tel sera le thème du chapitre suivant.

Tableau 2-7. Exemple de programme de construction de routes de desserte par des méthodes manuelles dans l'ensemble d'un pays

A. Proposition de la phase du programme				
Période	Nombre de provinces	Longueur (km)	Coût estimatif des travaux (\$ 1979)	
			Par km	Total
Année 1	1	500	10.000	5.000.000
Année 2	2	1.000	9.000	9.000.000
Année 3	3	1.500	8.000	12.000.000
Année 4	3	2.500	8.000	20.000.000
Année 5	4	2.500	8.000	20.000.000

B. Caractéristiques techniques souhaitables selon le terrain			
	Plat	Onduleux	Accidenté
Pente maximum (%)	4	8	12
Rayon de courbure horizontal minimum (m)	60	40	20
Largeur de la route (m)	5,50	5,50	4,50
Épaisseur de la couche de roulement (cm)	10-15	10-15	10-15
Drainage		Fossés & ponceaux	
Franchissement de rivières		Gués & canalisations	

C. Technologie proposée: Pourcentage des coûts des travaux	
	Pourcentage
Main-d'oeuvre	60
Outils & matériel	20
Matériaux	10
Frais généraux	10
Total	100

*Note:* Le programme repose sur les hypothèses suivantes:

Dimension souhaitable: 8.000 km

Durée: 5 ans

Distribution géographique: 4 provinces - environ 2.000 km/province.

Source: D'après les travaux de B.P. Coukis en collaboration avec Scott Wilson Kirkpatrick and Partners, Basingstoke, Royaume-Uni.

**PUBLICATIONS  
INTERESSANT  
CE CHAPITRE**

Burki, S.J., D.G. Davies, R.H. Hook et J.W. Thomas. *Public Works Programs in Developing Countries: A Comparative Analysis*. Document de travail N° 224 de la Banque Mondiale, Washington D.C., 1976. Evaluation réaliste des possibilités de résorber le chômage par des travaux de génie civil, la construction d'infrastructures, et d'améliorer le niveau de vie des couches de la population à faible revenu.

Chen, M. et R. Ghuznavi. *Women in Food-for-Work: The Bangladesh Experience*. Rome: Programme alimentaire mondial, 1977.



## CHAPITRE III

### PLANIFICATION D'UN PROGRAMME DE TRAVAUX REALISES PAR DES METHODES MANUELLES



La planification commence lorsque le ministère technique a affecté des ressources au service d'étude et a donné son feu vert à l'établissement d'un programme de travaux d'utilisation intensive de main-d'oeuvre. La phase de planification comporte cinq étapes:

#### LES CINQ ETAPES DE LA PLANIFICATION

- \* *Première étape:* le service d'étude identifie les principaux éléments d'un programme de travaux d'utilisation intensive de main-d'oeuvre: travaux physiques à exécuter, création des institutions et formation du personnel et activités de soutien qui, avec le temps, rendront les méthodes manuelles plus efficaces par rapport à leur coût.
- \* *Deuxième étape:* le service d'étude évalue de façon approximative les besoins en ressources, les coûts et les résultats de chaque élément du programme et prépare une description provisoire du programme de travaux à grande échelle faisant appel à des méthodes manuelles.
- \* *Troisième étape:* le service d'étude choisit une partie du programme à grande échelle comme le projet pilote.
- \* *Quatrième étape:* il est demandé aux autorités financières du pays d'autoriser les crédits nécessaires au projet pilote. Ce projet peut être justifié parce que les méthodes manuelles doivent être introduites progressivement dans le pays, que le programme à grande échelle doit être exécuté sur la base des données qui seront recueillies dans le pays et que la préparation et la formation du personnel technique et administratif doit précéder le lancement d'un programme à grande échelle.
- \* *Cinquième étape:* la phase de planification prend fin avec l'attribution des crédits destinés à l'étude et l'exécution du projet pilote.

PREPARATION D'UN  
PROGRAMME DE  
TRAVAUX DETAILLE  
D'UTILISATION  
INTENSIVE DE  
MAIN-D'OEUVRE

Le service d'étude ne dispose tout au plus pour commencer que de notions vagues sur la façon dont les méthodes manuelles pourraient être appliquées pour améliorer les installations d'infrastructure. A la fin de la phase de planification, le service d'étude aura obtenu deux résultats: il aura tout d'abord établi un programme national de travaux à long terme pour la construction de routes rurales et d'ouvrages d'irrigation par des méthodes manuelles; il aura en outre mis au point un plan d'action en vue de l'exécution d'un projet pilote composé de divers travaux entrant dans le programme à grande échelle. L'objectif fondamental de la phase de planification est donc de préparer le terrain pour que les méthodes manuelles constituent une solution viable à la construction et à l'entretien d'installations d'infrastructure. Mais le service d'étude devra auparavant entreprendre trois tâches qui n'ont pas été examinées de façon détaillée dans le chapitre concernant la naissance d'un projet. (Voir chapitre II, "Préparation des grandes lignes d'un programme".)

Premièrement, le service identifiera le type de travaux qui peuvent être exécutés de façon efficace par une main-d'oeuvre non qualifiée étant donné l'environnement socio-économique. Il lui faudra définir la portée et la durée éventuelles d'un programme d'utilisation intensive de main-d'oeuvre, planifier chaque élément du programme (travaux, formation du personnel, etc.) et évaluer les coûts et les résultats.

Deuxièmement, le service créera les institutions ou créera ou renforcera l'organisation convenant à la planification et à l'exécution de travaux de génie civil par des méthodes manuelles. Il faudra pour cela appliquer des programmes de formation de l'encadrement et du personnel administratif et examiner les réglementations en vigueur applicables à l'étude du projet, à la passation des marchés et au financement afin que l'on puisse recourir de plus en plus à la main-d'oeuvre non qualifiée et dépendre moins de l'utilisation de matériels lourds.

Troisièmement, le service mettra au point les activités de soutien nécessaires et les services destinés à la main-d'oeuvre. Il s'agit notamment de veiller à la santé et à la nutrition de la main-d'oeuvre et de mettre au point, acheter et distribuer un outillage et un matériel léger de bonne qualité.

*Travaux*

Pendant la phase de planification, le service d'étude doit examiner de façon plus détaillée les décisions prises pendant la phase de naissance du programme et concernant les projets à entreprendre. Il devra définir les éléments de l'ensemble du projet et identifier dans quelles régions il sera préférable de confier l'exécution de travaux à la main-d'oeuvre. Il devra prendre les dispositions nécessaires pour que les travaux d'entretien et de construction du projet résistent aux effets de l'utilisation et du climat sans être endommagés.

*Création  
d'institutions*

Les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre exigent une gestion plus stricte que celles qui sont effectuées à l'aide de machines. De surcroît, les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre étant dispersées dans des régions géographiques étendues, il sera d'autant plus indispensable de prévoir des cadres nombreux.

Dans la plupart des pays en développement, les candidats aux postes de cadres (agents de maîtrise, conducteurs de travaux, ingénieurs de travaux) seront des diplômés d'établissements techniques dont les programmes ont fait une large place à l'utilisation de machines. Ils ne seront pas habitués à prendre en charge des équipes importantes et n'auront pas de motivation particulière pour participer à des travaux qui, à leurs yeux, font appel à des méthodes technologiquement dépassées.

Le service d'étude pourra beaucoup faire pour dissiper ces réactions négatives. Il pourra surtout lancer une action de formation globale. Ce programme devra s'adresser à tout le personnel participant à des opérations faisant appel à la main-d'oeuvre: ingénieurs et conducteurs de travaux, planificateurs et économistes, personnel administratif et employés de bureau. Il importe tout autant de créer progressivement une organisation qui permettra au personnel de progresser à tous les niveaux.

Au stade de la planification, le service d'étude devra envisager les activités de soutien qui sont indispensables à l'accroissement de la productivité des opérations réalisées par des méthodes manuelles. Ces activités porteront en particulier sur la santé et la nutrition de la main-d'oeuvre ainsi que sur la mise au point et l'achat d'outils manuels et de matériel léger de bonne qualité. Les autres activités de soutien (comme celles qui viseront à encourager les petites entreprises de travaux publics et à neutraliser les clauses tendancieuses des documents d'appels d'offres) seront étudiées dans les chapitres suivants.

*Activités  
de soutien*

Dans de nombreux pays en développement, l'environnement technique, institutionnel et administratif nécessaire aux opérations réalisées par des moyens mécaniques est déjà en place. Ces pays possèdent des grues pour décharger le matériel importé dans les docks, des camions pour le transporter jusqu'au chantier, des mécaniciens compétents et des installations équipées pour en assurer le service et l'entretien, des réseaux logistiques d'approvisionnement en combustibles, pièces détachées et autres produits nécessaires, des entreprises de travaux publics nationales et internationales qui peuvent réaliser des projets de grande et petite envergure à l'aide de machines et d'une administration dont le personnel est familiarisé avec les techniques faisant appel à des machines. Cet environnement n'est peut-être pas toujours efficace, mais les coûts de création de ces services sont acquis et ne sont pas imputés à un projet déterminé.

Par comparaison, les méthodes manuelles sont défavorisées. Le service d'étude devra identifier les coûts spécifiques qu'entraîne la création d'activités de soutien pour l'utilisation de méthodes manuelles et les justifier sur la base des avantages à long terme qui devraient en découler, non seulement pour le premier projet mais aussi pour les opérations ultérieures de même nature.

**SANTE ET NUTRITION.** Le service d'étude devra identifier aussi précisément que le permettent le temps et les ressources la nature et la gravité des problèmes de santé et de nutrition les plus répandus parmi la main-d'oeuvre employée dans le projet. Il devra aussi au cours de son enquête identifier les mesures à prendre pour y remédier, qui peuvent aller de la distribution de fer médicinal (pour combattre l'anémie) au

traitement de maladies parasitaires (comme l'ankylostome) et à la distribution d'aliments énergétiques (pour accroître l'apport calorique).

Un programme réalisé par des méthodes manuelles n'est pas un plan d'amélioration de la santé. Le service d'étude ne devra pas se soucier du bien-être physique des ouvriers comme le ferait le ministère de la santé. L'objectif de ce dernier est l'éradication de la maladie; le service d'étude doit chercher à prévenir la maladie et la malnutrition afin qu'elles ne compromettent pas l'efficacité du programme par rapport à son coût. Il doit donc étudier le coût et les aspects logistiques des interventions qu'il envisage. Il doit plus spécialement avoir pour objectif d'aider les travailleurs à consolider leurs forces physiques, à mettre fin à leur perte de poids et à résister à l'infection. Il devra en général chercher à accroître la productivité, à réduire l'absentéisme et à stimuler le moral des effectifs.

**OUTILS MANUELS ET MATERIEL LEGER.** Dans de nombreux pays, l'outillage de fabrication locale est mal étudié et de qualité médiocre. L'outillage importé sera peut-être de meilleure qualité, mais il sera aussi plus cher. Le service d'étude sera en général contraint de mettre au point des prototypes et d'encourager la fabrication sur place. Des directives ont été établies sur la façon de procéder pour mettre au point des prototypes d'outils et de matériel léger (comme les brouettes), compte tenu des matériaux disponibles sur place, du niveau de compétence des artisans et de l'assistance financière et technique qui doit être prévue au budget pour la réalisation de ce programme (voir annexe C). Ces directives ont été suivies dans divers pays en développement et l'on a pu constater que les artisans locaux étaient tout à fait capables de fabriquer des pioches, pelles, brouettes et autre matériel d'excellente qualité nécessaires aux travaux.

Lorsqu'il s'agit d'opérations de grande envergure faisant appel à des méthodes manuelles, la difficulté tient non seulement à la fabrication sur place de l'outillage, mais plus encore à l'achat en grandes quantités. Le service devra veiller à ce que les règles de passation de marchés permettent de choisir des fournisseurs pouvant le mieux satisfaire les caractéristiques techniques des prototypes, même si ces fournisseurs ne sont pas les meilleurs marchés.

*Participation  
locale*

Pour déterminer l'ampleur des travaux, les institutions et les activités de soutien à prévoir dans un programme réalisé par des méthodes manuelles, le service d'étude doit être conscient de l'importance que présente la participation de la population locale. Il devra inclure dans l'évaluation des possibilités d'utilisation des méthodes manuelles l'étude de l'environnement socio-économique des communautés locales et leur volonté de participer à toutes les phases du programme. L'assistance des chefs locaux respectés peut être des plus utiles, car ils pourront par la suite expliquer à la population les plans et activités des pouvoirs publics visant à améliorer le bien-être et participer au recrutement et à la gestion de la main-d'oeuvre locale. Le conducteur de travaux devra communiquer avec les autorités locales et les membres respectés de la communauté et, périodiquement, avec toute la communauté.

Si la population locale a le sentiment que le projet est véritablement son projet, elle sera davantage disposée à abandonner une partie des

terrains nécessaires et à participer à la construction et à l'entretien. La participation de la communauté permettra aussi parfois d'améliorer la conception et le choix des projets. De surcroît, sa connaissance des caractéristiques des sols, des nappes phréatiques, du drainage de surface et des inondations peut être des plus utiles techniquement.

Théoriquement, la communauté aura pratiqué de tout temps l'auto-assistance et il se pourra que l'organisation communautaire en place soit en train d'exécuter certains travaux ruraux - routes, puits, réservoir, écoles. Si cette organisation est efficace, c'est elle qui de toute évidence devra être choisie pour participer au programme faisant appel à la main-d'oeuvre. Sinon, et il faut dire que ces conditions idéales sont exceptionnelles, il pourra être souhaitable d'encourager la communauté à organiser un groupe de personnes qui sera spécialement destiné à participer au programme. Une organisation récemment constituée devra recevoir des informations sur le programme, sur les mesures s'y rapportant et sur l'expérience acquise lors de l'exécution de programmes dans des conditions semblables.

Pour que la communauté y adhère activement, elle doit considérer que le programme lui apporte des avantages économiques (ou sociaux) suffisamment importants, avec une certitude suffisante, et répartis de façon équitable pour compenser tout ce qui est attendu d'elle. Les pouvoirs publics devront donc normalement prévoir une rémunération de la main-d'oeuvre et des terres cédées et fournir tous les matériaux à acheter (ciment, outils, etc.). Le programme des routes rurales au Mexique et, plus récemment, les associations de développement local en République arabe du Yémen illustrent comment la participation des communautés locales peut être fructueuse. Au Mexique, les pouvoirs publics ont accepté de fournir l'assistance technique et les matériaux et de rémunérer au salaire minimum relativement élevé la main-d'oeuvre nécessaire pour mener à bien le projet après les phases initiales. La communauté, quant à elle, a participé à l'établissement du tracé des routes, a cédé à titre gratuit les terrains et la main-d'oeuvre qui a débroussaillé l'emprise et entrepris les travaux préparatoires. En République arabe du Yémen, les associations locales ont mobilisé environ 70 % du financement pour la réalisation d'un programme de travaux ruraux très élargi, qui est exécuté suivant diverses modalités (à l'entreprise, par des ouvriers rémunérés par le gouvernement, par des volontaires et par une combinaison de ces diverses solutions) et qui a permis d'améliorer de façon spectaculaire l'accès et le niveau de vie de régions retirées.

Pendant la phase de planification, on ne peut tout au mieux procéder qu'à des estimations des coûts, des ressources et des résultats d'un programme de travaux faisant appel à la main-d'oeuvre. Un pays qui n'a encore jamais utilisé les méthodes manuelles ne possédera pas les données nécessaires; les estimations devront donc reposer en grande partie sur l'expérience acquise dans d'autres pays, mais des corrections pourront y être apportées pour tenir compte des conditions locales. Inversement, les méthodes faisant appel à des machines pour construire des routes rurales et de petits ouvrages d'irrigation n'auront probablement pas été très utilisées et les données comparables feront défaut. Les comparaisons des coûts et des résultats des méthodes faisant appel à des machines et à des méthodes manuelles devront donc être vérifiées.

**ESTIMATION DES COÛTS,  
DES RESSOURCES ET  
DES RESULTATS DE  
LA PLANIFICATION**

En l'absence de preuves montrant que les avantages des méthodes manuelles peuvent l'emporter sur les inconvénients, il est improbable que les autorités financières approuveront les ressources nécessaires à la réalisation d'un programme à grande échelle par des méthodes manuelles. Pour démontrer la validité des hypothèses de coûts et de résultats des méthodes manuelles, le service d'étude devra proposer l'exécution d'un projet pilote.

*Caractéristiques  
d'un projet pilote*

Les principales caractéristiques d'un projet pilote sont les suivantes:

1. La durée d'exécution du projet est limitée. Le projet n'a pas pour objectif la réalisation d'un important volume de travaux, mais de vérifier que les méthodes manuelles peuvent être utilisées.
2. Au départ, le projet pilote doit comporter un système de vérification permettant de comparer les objectifs de production aux résultats.
3. Les ouvrages (routes rurales, canaux, digues de protection contre les inondations) sont de petite envergure et aucun chantier n'exige la présence d'effectifs importants.

*Objectifs d'un  
projet pilote*

Pendant l'exécution d'un projet pilote, les erreurs ou les insuffisances des ouvrages peuvent être rectifiées à tout moment lorsque l'utilisation des méthodes manuelles est encore limitée. De plus, le projet pilote, qui implique la création d'institutions et d'activités de soutien dans le secteur privé comme dans le secteur public, permet de jeter les bases nécessaires à l'utilisation à plus grande échelle ultérieurement des méthodes manuelles.

Si le service d'étude suit de près la réalisation du projet pilote, il pourra réunir des données fiables sur les services de formation, de santé et de nutrition du personnel et sur la fabrication et la mise au point d'outillage. Il pourra aussi déterminer un taux d'encadrement réaliste. Les données tirées de l'observation des conditions rencontrées dans le pays - et non pas de moyennes puisées dans l'expérience internationale - pourront donc être utilisées par la suite dans la mise au point d'un programme de travaux élargi faisant appel à la main-d'oeuvre.

Un autre objectif décisif du projet pilote est de permettre des comparaisons reposant sur les coûts réels des méthodes manuelles et de l'utilisation de moyens mécaniques. Théoriquement, un projet pilote devrait comporter des travaux effectués manuellement et des travaux réalisés par des machines dans des conditions comparables. Cela étant rarement possible, le service d'étude devra limiter ses activités sur le terrain aux travaux effectués manuellement. En outre, il devra faire tout son possible pour obtenir et résumer des informations concernant l'évolution des coûts de travaux effectués par des machines et d'une ampleur comparable à ceux qui sont effectués manuellement.

L'un des plus importants résultats d'un projet pilote réussi sera la formation du personnel et la solution des problèmes administratifs et des problèmes d'organisation qui se poseront automatiquement lorsqu'une technologie sera utilisée pour la première fois. Mais c'est l'effet de

démonstration du projet pilote qui en fait la valeur. Une route ou un canal construits manuellement, pour un coût compétitif par rapport à celui des méthodes faisant appel à des machines, non seulement confirme la valeur de ce que l'on a peut-être considéré comme un exercice optimiste de planification théorique, mais aussi dissipe les doutes qui subsistaient quant aux possibilités pratiques d'utilisation des méthodes manuelles.

De même que la description schématique d'un programme national faisant appel à des méthodes manuelles, le projet pilote proposé doit reposer sur l'expérience acquise sur le plan international. Il appartiendra au service d'étude de modifier ces données d'expérience en fonction des conditions locales. Les leçons qui seront tirées du projet pilote influenceront sur le programme élargi qui prendra le relais. En réalité, ce sont les résultats du projet pilote qui déterminent dans une large mesure la justification du programme élargi pour des raisons techniques, financières, économiques et sociales. La préparation d'un projet pilote doit donc recevoir toute l'attention voulue: c'est ce qui sera traité dans la fin de ce chapitre.

Les projets pilotes sont habituellement réalisés en trois ans. A la fin de la deuxième année, on pourra clairement déterminer si les méthodes manuelles peuvent être utilisées dans un pays donné. Dans l'affirmative, la préparation d'un programme national complet devra commencer avant l'achèvement du projet pilote. Cette proposition portera sur les mêmes questions que le projet pilote: problèmes techniques, problèmes de gestion, services de soutien et coûts. C'est pourquoi l'analyse qui suit s'applique non seulement à la préparation d'un projet pilote mais aussi d'un programme beaucoup plus important.

L'exécution d'un projet pilote comporte cinq étapes distinctes:

- \* *Premièrement*, le ministère technique étoffe le service d'étude qui, avec le concours de cadres techniques et administratifs, sera chargé de lancer une opération de construction et d'entretien par des méthodes manuelles. Pour tenir compte de ces nouvelles fonctions, le service d'étude sera rebaptisé *service d'exécution*.
- \* *Deuxièmement*, le service d'exécution préparera le plan d'action pour l'exécution du projet pilote.
- \* *Troisièmement*, le service d'exécution préparera les directives concernant les travaux à exécuter sur place, le suivi et l'encadrement sur le chantier et dans l'administration centrale et les enquêtes sur les activités de soutien qui contribueront à accroître la productivité de la main-d'oeuvre.
- \* *Quatrièmement*, le service d'exécution choisit un ou plusieurs chantiers et en affecte la responsabilité aux conducteurs de travaux, prend en charge l'encadrement et le soutien logistique et lance les travaux.
- \* *Cinquièmement*, dès que les travaux commencent, le service d'exécution en suit systématiquement l'avancement. Les chiffres recueillis sur les besoins en ressources, les coûts et les résultats seront comparés aux estimations calculées avant le lancement du projet pilote. Le service prendra note des écarts et les chiffres réels seront utilisés pour planifier des opérations ultérieures faisant partie du projet pilote et pour améliorer les estimations se rapportant au programme élargi.

*Le projet pilote,  
précurseur du  
programme élargi*

**PLANIFICATION  
D'UN PROJET PILOTE**

Dans le projet pilote, les méthodes manuelles seront utilisées pour construire et entretenir des ouvrages de génie civil, et c'est le suivi attentif des facteurs de production utilisés et des résultats qui confirmera ou modifiera les estimations antérieures. En outre, le projet pilote permettra de résoudre les problèmes que posent les méthodes de construction manuelles, sur le plan des institutions, de l'administration et de la gestion, plus précisément:

- \* Déterminer en détail les ressources nécessaires, évaluer les ressources disponibles et planifier les méthodes de recrutement ou d'achat des ressources.
- \* Répartir les ressources financières entre les divers éléments de coût (matériel, main-d'oeuvre, matériaux et frais généraux).
- \* Mettre au point des systèmes de suivi et d'établissement des statistiques.
- \* Organiser la formation initiale des cadres de supervision du premier échelon et mettre au point des programmes de formation de l'encadrement.
- \* Prévoir des enquêtes médicales auprès de la main-d'oeuvre et entreprendre les interventions nécessaires en matière de santé et de nutrition.
- \* Mettre au point les caractéristiques techniques des outils nécessaires et enquêter sur les possibilités de fabrication locale de ces outils.

Le volume des travaux devant être exécuté dans le cadre d'un projet pilote est tributaire du volume des ressources disponibles. Un objectif raisonnable est, par exemple, d'établir un projet de trois ans pour construire environ 300 kilomètres de routes: 50 kilomètres la première année, 100 kilomètres la deuxième et 150 la troisième. Il faudra prévoir en outre l'entretien de 50 kilomètres de routes la deuxième année et de 150 kilomètres la troisième année.

Les opérations devant être effectuées pendant le projet pilote ayant une envergure et des caractéristiques techniques précises, c'est au service d'exécution que devra être confiée l'exécution du projet. Celui-ci s'étendra à mesure que les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre prennent de l'ampleur. Il devra s'assurer le concours d'ingénieurs, d'économistes et d'administrateurs et recruter et former des conducteurs de travaux supplémentaires.

La planification d'un projet pilote peut se subdiviser en deux phases. La première comporte la création de l'environnement nécessaire pour que les méthodes manuelles soient appliquées de façon efficace. La seconde couvre la préparation du projet lui-même. Le succès de la seconde dépend de la réussite de la première.

Les activités qui seront entreprises pendant l'exécution du projet pilote seront axées sur les problèmes techniques et les problèmes de gestion qui ne pourront être résolus que si le personnel des chantiers et celui de l'administration centrale travaillent en étroite collaboration. Cette collaboration commence avec le choix des chantiers où seront exécutés des travaux par des méthodes manuelles. Les chantiers doivent être choisis parmi les projets inclus provisoirement dans le programme de travaux d'utilisation intensive de main-d'oeuvre. Ils doivent être représentatifs de l'environnement physique et des conditions sociales propres au pays. Ils



doivent être d'une dimension moyenne (exigeant au maximum 300 ouvriers non qualifiés chacun). Ils doivent être suffisamment isolés pour que les distractions soient réduites au minimum, mais aussi suffisamment accessibles depuis l'administration centrale pour que le service d'exécution puisse exercer un contrôle et une supervision efficaces.

Le service d'exécution pourra déterminer les chantiers où pourra être réalisé le projet pilote en fonction de leurs points forts et de leurs points faibles pour les travaux faisant appel à des méthodes manuelles. S'il s'agit d'un projet pilote de construction de routes rurales, par exemple, les villages ou les régions devant être desservis suivant le volume estimatif de la circulation et la possibilité de disposer des emprises et des matériaux locaux constitueront des atouts. D'un point de vue négatif, les travaux exécutés par des méthodes manuelles doivent éviter les régions exigeant le débroussaillage d'une végétation très dense, l'excavation de roches, d'importants franchissements de rivières et des talus très hauts. L'interaction des éléments positifs et des éléments négatifs permettra d'établir une série de solutions parmi lesquelles le service d'exécution pourra retenir les chantiers présentant les conditions optimales.

Dans chaque chantier, les travaux seront placés sous la responsabilité d'un conducteur de travaux qui, tout en faisant partie du service d'exécution, devra jouir d'une large autonomie. Le personnel de l'administration centrale faisant partie du service d'exécution devra remettre à tous les conducteurs de travaux les mêmes directives essentielles de façon que les activités d'un chantier soient conformes à celles qui sont effectuées sur un autre chantier. On trouvera dans les sections suivantes des indications sur l'établissement de ces directives.

Les aspects techniques à envisager comportent les études techniques, le choix de la technologie, l'estimation de la production et des ressources, les coûts des diverses méthodes de construction et le plan d'entretien.

*Aspects  
techniques*

**ETUDES TECHNIQUES.** Au ministère et en collaboration avec les conducteurs de travaux, le service d'exécution devra mettre au point des normes techniques convenant aux travaux devant être entrepris par des méthodes manuelles. L'ampleur des études techniques qui seront entreprises au ministère découle de considérations générales et non des plans propres à chaque chantier. Pour décider des détails, il faut connaître la configuration du terrain sur place, la qualité des sols, l'emplacement des ouvrages, celui des carrières, etc. Les cartes, dessins et statistiques disponibles ne comporteront pas toujours les détails nécessaires sur chaque chantier; pour obtenir ces renseignements, il faudra en général effectuer une enquête sur place. Ces enquêtes sont une tâche trop lourde pour que le service d'exécution puisse s'en charger depuis le ministère. L'étude technique définitive (et par conséquent l'estimation détaillée des travaux) devra donc être confiée au conducteur de travaux se trouvant sur place. On trouvera dans le chapitre VI des directives sur la marche à suivre.

Les études techniques qui pourront être conduites au ministère portent sur les paramètres habituels d'éléments types de travaux. Ces paramètres sont compris entre diverses valeurs entre lesquelles le conducteur de travaux disposera d'une certaine latitude pour choisir. Le plan de base

préparé au ministère pour le conducteur de travaux se trouvant sur place pourrait comporter les informations types ci-après pour des projets ruraux:

- \* *Emplacement du chantier:* mention des emplacements devant être desservis et des principaux obstacles à éviter, comme les zones marécageuses, les routes, les cultures et les franchissements de rivières.
- \* *Exigences du tracé:* instructions concernant le jalonnement de la route le long de la ligne de crête ou à proximité des courbes de niveau.
- \* *Limite des dimensions:* recommandations relatives à la largeur de la couche superficielle ou du remblai, à la longueur du profil en travers d'un canal ou à la hauteur de chute d'un barrage.
- \* *Données techniques sur la qualité ou le niveau de service:* pente maximum, courbure horizontale et verticale minimum, distance de visibilité, devers maximum et bombement de la chaussée.
- \* *Caractéristiques des matériaux:* type, qualité et degré de compactage ou d'humidité et essais à effectuer.
- \* *Ouvrages:* recommandations sur l'utilisation des matériaux locaux comme la pierre et le bois et sur les normes techniques des ponts, ponceaux et ouvrages de protection de la route.

Tableau 3-1. Exemples de données techniques à définir par le service d'exécution au ministère pour la construction des routes rurales

Tracé en plan et en profil	Profil en travers type
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pente maximum</li> <li>• Rayon de courbure en plan minimum</li> <li>• Courbe de profil en long minimum</li> <li>• Distance de visibilité horizontale</li> <li>• Détails des fossés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Largeur de la route</li> <li>• Pente maximum du talus</li> <li>• Largeur de la chaussée</li> <li>• Epaisseur des couches</li> <li>• Largeur débroussaillée</li> </ul>
Données sur les matériaux	Caractéristiques des ouvrages
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type de sol ou de roche</li> <li>• Compactage et degré d'humidité</li> <li>• Séchage éventuel</li> <li>• Proportion des mélanges</li> <li>• Résistance nécessaire</li> <li>• Essais à effectuer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Franchissements de rivières</li> <li>• Ponceaux</li> <li>• Murs de soutènement</li> </ul>

Source: Banque Mondiale.

La situation et le tracé de la route présentent une importance particulière lorsque les travaux sont effectués manuellement. Des normes de tracé rigoureuses visant à réduire le nombre de virages et à aménager des pentes douces exigeraient, en particulier dans des régions de collines ou de montagnes, d'importants terrassements longitudinaux qui ne pourraient être effectués rentablement par des méthodes manuelles. Le conducteur de travaux doit donc être convaincu qu'il faut choisir des emplacements exigeant essentiellement des transports de terre latéraux et où le tracé en plan et le tracé en profil n'entraîneront pas le transport de matériaux sur de longues distances alors que les moyens ne le permettent pas.

Le tableau 3-1, qui utilise des travaux routiers comme exemple, illustre les données techniques que le service d'exécution doit fournir. A ce stade, il lui appartient de déterminer ces données de base et non pas de résumer

un plan complet. Il devra par exemple proposer des valeurs maximums et minimums des paramètres du tracé et non pas le tracé lui-même. C'est au conducteur de travaux qu'il appartiendra en définitive de fixer le tracé final. Une fois que le service d'exécution a fixé les paramètres techniques, les travaux effectués sur le terrain pourront permettre d'adapter les paramètres techniques aux contraintes physiques, logistiques, techniques et aux contraintes de gestion qu'impose un emplacement donné et d'ajuster le tracé en fonction des diverses techniques qui seront utilisées.

**CHOIX DE LA TECHNIQUE.** Le choix de la technique de construction est conditionné par de nombreux facteurs, notamment les caractéristiques données par le service d'exécution, les coûts relatifs et la disponibilité de la main-d'oeuvre et du matériel, les considérations tenant à la politique des pouvoirs publics et d'autres paramètres concernant l'environnement et les institutions locales.

Tableau 3-2. Tâches et activités dans le creusement d'un canal

Etape	Activité ou tâche
Travaux préliminaires	Jalonnement des limites du campement Préparation du campement
Défrichage	Débroussaillage Dessouchage Elimination des arbres et racines Découverte de la terre végétale
Terrassements	Excavation de la plate-forme Excavation du fond du canal Finition des talus Compactage du fond et des talus
Finition	Finition du fond du canal Revêtement Remise en place de la terre végétale
Ouvrages	Construction des prises d'eau Construction des dessableurs Construction des franchissements de rivières Construction des ouvrages de décharge

Source: Banque Mondiale.

Le service d'exécution se proposant d'utiliser des méthodes manuelles de façon rentable, les caractéristiques techniques qu'il établira devront permettre des choix qui ne favorisent pas une technique faisant appel à des machines. Les caractéristiques techniques d'une couche de base, par exemple, doivent permettre de choisir entre un hérisson et un macadam à l'eau, celles d'un mur de soutènement entre un mur de maçonnerie au ciment et un mur gabion, celles d'un revêtement en gravier doivent laisser le choix entre divers matériaux tout-venant et permettre de varier l'épaisseur du revêtement en fonction de sa qualité, enfin, les caractéristiques techniques des ponts doivent permettre l'utilisation de bois d'origine locale.

L'exemple présenté dans le chapitre II indique les choix techniques convenant à des travaux effectués manuellement ou à l'aide de machines pour la construction de routes à faible circulation (tableaux 2-1 à 2-3). Le chapitre II indique aussi le niveau de salaire correspondant au seuil de rentabilité et la façon dont il varie suivant l'activité et la tâche envisagées (figures 2-3 à 2-5). Le service d'exécution devra déterminer si les activités et tâches du projet peuvent être effectuées manuellement. Lorsqu'il envisagera les opérations qu'exige le projet, il pourra utilement répartir les travaux en plusieurs étapes telles le recrutement de la main-d'oeuvre, l'aménagement du chantier, les travaux de terrassement, etc. Chaque étape comporte plusieurs activités. Les travaux de terrassement peuvent par exemple comprendre l'excavation, le chargement et le transport des matériaux. Plusieurs activités présentant un lien entre elles sont appelées tâches. Les tableaux 3-2 et 3-3 indiquent la classification des tâches et des activités pour la construction de canaux et de routes.

Certaines activités (par exemple le compactage) doivent presque toujours être exécutées à l'aide de machines. Pour d'autres activités, la main-d'oeuvre sera meilleur marché ou du moins compétitive. C'est en déterminant s'il est préférable que chaque tâche soit exécutée manuellement ou par des machines que le service d'exécution pourra combiner au mieux les diverses ressources qui seront utilisées dans le projet pilote. Cette combinaison devra ensuite être modifiée en fonction des disponibilités de la main-d'oeuvre et du matériel.

D'autres modifications pourront y être apportées à la suite des mesures et des directives adoptées par les pouvoirs publics. Les directives demandant l'utilisation des méthodes manuelles pour la réalisation de certains projets visent habituellement à combattre un chômage élevé ou des taux de salaire faibles, ou elles peuvent résulter d'une pénurie de matériel et du manque de moyens permettant l'exécution de travaux à l'aide de machines.

Les paramètres de l'environnement et des institutions qui caractérisent chaque chantier peuvent influencer sur le choix entre diverses solutions techniques. La figure 3-1 présente des paramètres classés en deux catégories: les paramètres spécifiques (applicables à certaines activités ou tâches), les paramètres généraux (applicables à tout le procédé de construction).

Le présent ouvrage tient compte de ces deux catégories de paramètres. On trouvera dans l'annexe F (Données sur la productivité et effets des paramètres) l'examen détaillé des effets des paramètres. Le service d'exécution pourra utiliser un inventaire des méthodes de construction (annexe A) pour déterminer les diverses solutions possibles. Il pourra ainsi éliminer les méthodes pour lesquelles les ressources nécessaires ne seront pas disponibles et celles qui ne semblent pas permettre d'atteindre les niveaux de production ou les normes de qualité déterminés. Il pourra aussi abandonner les méthodes à l'égard desquelles la société locale éprouve une aversion culturelle et celles qui ne peuvent être appliquées en raison de l'état de santé et de nutrition déficient de la main-d'oeuvre. Il pourra ensuite examiner les autres méthodes en fonction des rythmes d'exécution et des coûts.

Tableau 3-3. Tâches et activités de la construction d'une route

Etape	Activité ou tâche
Travaux préliminaires	Implantation du campement Jalonnement du tracé initial
Travaux divers	Alimentation en eau Entretien des outils Protection contre l'érosion
Encadrement	Jalonnement du tracé détaillé Définition des tâches Mesure de l'avancement des travaux
Débroussaillage	Défrichage Dessouchage Abattage des arbres Essouchage Dérochement
Terrassements	Elimination de la terre végétale pour former la couche de fondation Déblai et remblai pour la couche de fondation Formation des talus Profilage et finissage des talus Drainage Creusement des fossés (rigole latérale, assemblage, fossé de réception) Formation de la pente Bombement Pose des buses
Ouvrages	Construction de buses multiples Construction des galeries Construction des ponts
Préparation des graviers	Préparation de la carrière Excavation, chargement, transport, déchargement et épandage

Source: Banque Mondiale.

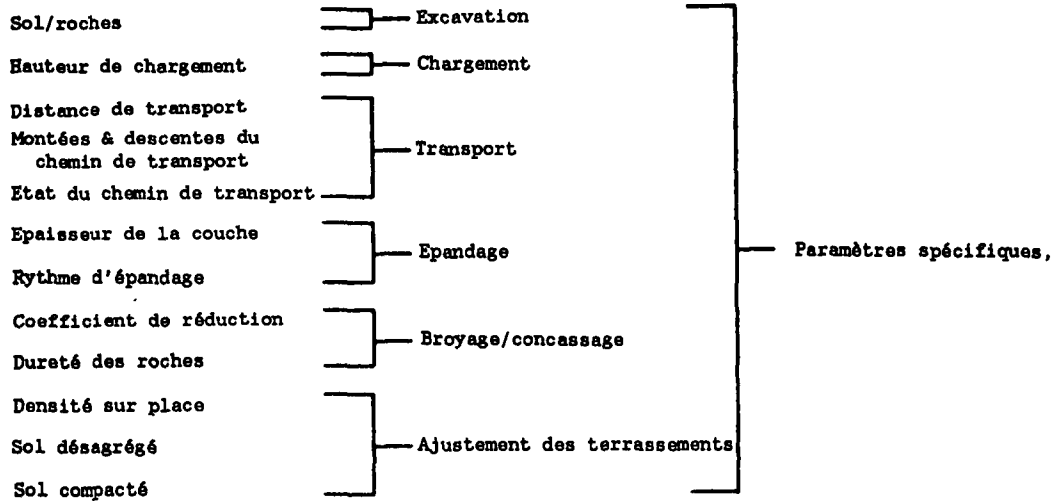
**ESTIMATION DES RESULTATS ET DES RESSOURCES.** La présente section est axée sur la main-d'oeuvre, le matériel et les matériaux nécessaires aux travaux. Les besoins d'encadrement et d'autres éléments des frais généraux seront étudiés dans les sections suivantes.

Les données devant permettre l'évaluation des quantités et des coûts des ressources nécessaires pour chaque chantier pourront être obtenues par un inventaire des ressources locales. Une équipe de deux personnes peut établir en une journée l'inventaire des ressources nécessaires à la construction de 25 kilomètres de routes, notant tout ce qui est nécessaire à la construction des ponts et ponceaux et les matériaux de construction disponibles. Les travaux prévus dans un projet pilote étant relativement simples, cet inventaire doit permettre de calculer le devis quantitatif. Si besoin est, un devis quantitatif plus détaillé pourra être établi peu après le début des travaux.

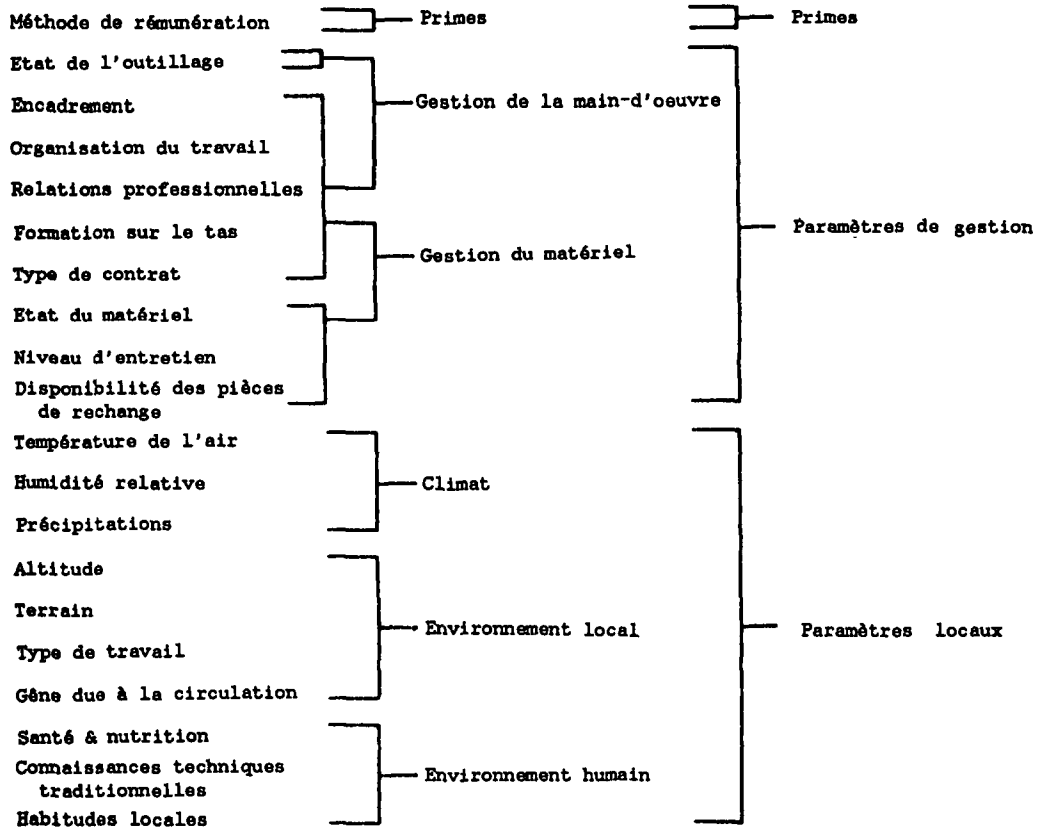
Pour obtenir les estimations nécessaires à la planification, les calculs des résultats et des ressources nécessaires sont généralement effectués pour chaque tâche. Si le service d'exécution doit se livrer à une analyse détaillée pour certaines tâches, il pourra effectuer ses calculs pour une activité. De même, lorsqu'un paramètre (comme la distance de transport) a

Figure 3-1. Paramètres influant sur le choix de la technique, par tâche et activité

Paramètres spécifiques, applicables uniquement à des activités ou tâches déterminées:



Paramètres généraux, applicables à toutes les activités ou tâches:



Source: Banque Mondiale.

un effet important sur le choix de la technique, le devis quantitatif se rapportant aux tâches à effectuer doit être ventilé en fonction des diverses valeurs de ce paramètre. C'est ce que l'on appelle la "division des tâches". Les terrassements peuvent par exemple comporter des activités que la main-d'oeuvre peut effectuer à l'aide de pelles (si la distance de transport est inférieure à 5 mètres), d'autres qu'elle pourra effectuer avec des brouettes (si la distance de transport est de 25 à 100 mètres) et d'autres enfin qui pourront être effectuées à l'aide de charrettes et de camions (pour des distances supérieures à 100 mètres).

C'est au service d'exécution qu'il appartient d'évaluer les ressources nécessaires à chacune de ces activités. L'évaluation des effectifs de main-d'oeuvre dépendra non seulement de la nature de la tâche mais aussi de la nature du matériel disponible et de la productivité de la main-d'oeuvre en général.

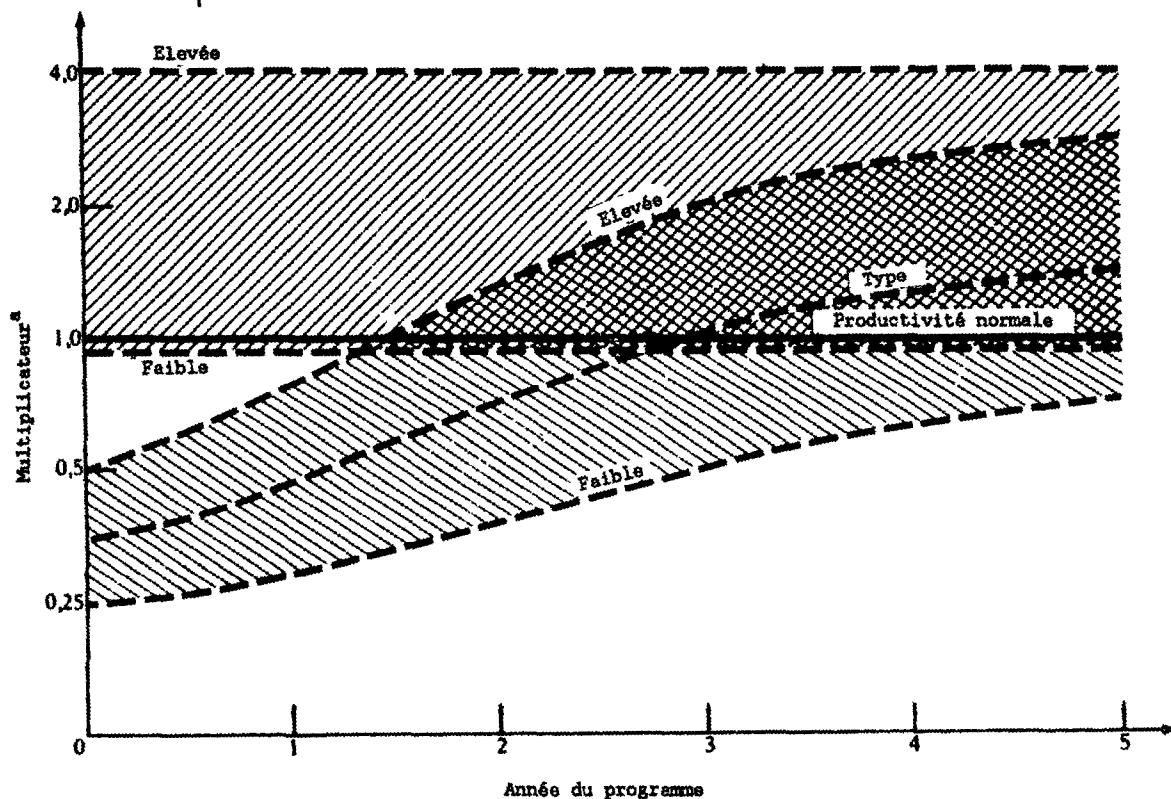
Pour évaluer de quel type et de quelle quantité de matériel le service d'exécution aura besoin pour la réalisation d'un projet pilote, il lui faudra envisager soit un matériel spécialisé soit un matériel polyvalent. Le transport peut par exemple être effectué à l'aide de camions à benne basculante ou de tracteurs avec remorques. Le camion convient peut-être mieux que le tracteur, mais il est moins facilement utilisable pour le remorquage de citernes à eau ou de petites niveleuses. Le service d'exécution devra donc choisir le matériel lorsqu'il envisagera les moyens nécessaires à l'ensemble du projet et le conducteur de travaux participera au choix lorsque sera étudiée la marche quotidienne du chantier. On trouvera dans le chapitre VII les méthodes de calcul des coûts de ces diverses possibilités.



La productivité intervient aussi dans la détermination de la combinaison des diverses ressources. Dans les pays qui utilisent traditionnellement les méthodes manuelles, la productivité est plus forte que dans ceux qui y recourent pour la première fois. La figure 3-2 retrace l'évolution de la productivité que l'on a pu observer à mesure que les programmes exécutés par des méthodes manuelles prennent de l'ampleur. Les zones rayées indiquent l'ordre de grandeur de la productivité suivant la qualité de la gestion et le versement de primes. Le service d'exécution pourra utiliser la courbe "type" pour adapter les données sur la productivité provenant de pays étrangers et, par la suite, pour prévoir les améliorations que l'on peut raisonnablement attendre lors de la réalisation du programme à grande échelle. Les coefficients d'ajustement des divers paramètres de la figure 3-1 sont donnés dans les exemples de l'annexe F (Données sur la productivité et effets des paramètres) qui présente divers calculs de productivité du début à la fin. Le tableau 3-4 donne aussi des exemples d'estimation de la productivité au stade de la planification.

**COMPARAISONS DE COÛTS.** La préparation des comparaisons de coûts des diverses techniques possibles doit s'inspirer en général des directives reproduites dans l'annexe G (Méthodes de calcul des coûts). Les tableaux 3-5 et 3-6 et la figure 3-3 présentent des comparaisons de coûts des méthodes faisant appel à des machines et des méthodes manuelles.

**ENTRETIEN.** Les projets d'infrastructure rurale sont généralement conçus et construits suivant des normes relativement basses et nécessitent de fréquentes opérations d'entretien. Il importe donc de définir une politique d'entretien lorsque sont effectuées les études du projet pilote.

Figure 3-2. Evolution de la productivité



Légende:  Pays utilisant traditionnellement les méthodes manuelles<sup>b</sup>  
 Pays ayant peu l'expérience des méthodes manuelles

Elevée = Bonne gestion et primes élevées

Faible = Gestion moyenne et primes peu stimulantes

a. A appliquer aux normes de productivité

b. Les trois quarts des données provenant d'Inde et d'Indonésie se situent dans cette fourchette.

Source: Banque Mondiale.

Les premiers éléments du projet à être terminés pourront être entretenus par les équipes qui auront exécuté les travaux. Les fonds et les ressources nécessaires à l'entretien devront être disponibles dès qu'un ouvrage est achevé.

A long terme (et étant donné la pénurie chronique de fonds pour les opérations d'entretien), il est souhaitable d'obtenir la participation de la population locale. Pour l'entretien courant des routes et des ouvrages d'irrigation, la main-d'oeuvre pourra être fournie par les bénéficiaires des installations. S'il s'agit de travaux de remise en état (comme le rechargement d'une route rurale), la seule contribution des habitants ne suffira pas. Le ministère technique devra prévoir des crédits budgétaires pour le coût de l'encadrement, des matériaux et du matériel qui pourront être nécessaires. De plus, il est essentiel que le ministère technique assure une supervision et une inspection régulières afin que les installations ne se détériorent pas au point de nécessiter d'importants travaux d'entretien.



Tableau 3-4. Exemple de calcul des résultats:  
normes de productivité par activité

Activité	Détail	Normes de productivité (M <sup>3</sup> /homme-jour)	
Excavation	Sol désagrégé	5,0	
	Sol compacté	3,0-4,0	
	Gravier décomposé	2,5-3,5	
	Gravier	2,0-2,5	
Chargement	Matériaux extraits transportés par des brouettes	10,0-15,0	
	Graviers transportés par tracteurs	7,0-10,0	
Transport	Distance, par brouette	50 m	7,5-9,0
		75 m	6,0-6,5
		100 m	5,0
Epannage	Graviers sur chaussée (par tracteur)	12,0-15,0	
	(par brouette)	15,0-18,0	
Compaction	Par dame à bras, pour des couches ne dépassant pas 75 mm d'épaisseur	8,0-10,0	

Source: Banque Mondiale.

Pour que la population locale participe aux travaux d'entretien courant, elle doit avoir la conviction que le projet présente pour elle un intérêt direct et immédiat. Or, la nécessité de l'entretien d'une route rurale nouvelle ou améliorée, par exemple, ne paraît pas toujours évidente aux yeux des habitants des villages. Peu après la construction d'une route, il est peu probable que les habitants seront nombreux à posséder une automobile; tout au plus utiliseront-ils les services de camion ou d'autocar. La valeur d'une route améliorant l'accès à une communauté isolée n'apparaîtra donc que plus tard: la route fait partie d'un réseau de transport qui stimule l'agriculture et, on le souhaite, le développement des cultures marchandes. Dans ce dernier cas, il ne sera peut-être plus aussi facile d'obtenir une main-d'oeuvre gratuite pour effectuer des travaux d'entretien courant, contrainte que le ministère technique aura intérêt à prévoir.

Que la main-d'oeuvre employée à l'entretien soit rémunérée ou non, les travaux doivent être organisés. C'est au service d'exécution et au ministère technique qu'incombe cette tâche. Dans certaines régions, il sera peut-être possible de passer un contrat avec des organisations locales. Dans d'autres, le ministère devra organiser les travaux lui-même. Au stade des études, le service d'exécution devra définir la politique d'entretien courant et obtenir les engagements de ressources financières nécessaires à la remise en état du projet pilote.

La qualité du sol et l'état du terrain sont décisifs pour l'entretien et, du fait que leurs effets combinés varient d'un emplacement à l'autre, il est difficile de formuler des recommandations générales sur les ressources financières nécessaires. On peut dire qu'il faut prévoir de façon empirique d'inscrire chaque année dans le budget des crédits représentant entre 4 et 10 % des coûts de construction pour l'entretien.

Les problèmes de gestion tiennent à la disponibilité de la main-d'oeuvre, aux méthodes de recrutement et de rémunération, aux besoins d'encadrement, à la logistique des chantiers et au système de suivi et d'analyse de l'avancement des travaux.

Tableau 3-5. Comparaisons de coûts des activités de chargement, transport et déchargement par camions et charrettes à boeufs en terrain plat au Honduras

A. Camion-benne <sup>a</sup>					
Distance (m)	Coût (\$EU)				Total/m <sup>3</sup>
	Chargement	Location camion	Location camion transport	Location camion déchargement	
200	2,25	10,90	0,15	0,60	2,78
400	2,25	10,90	0,29	0,60	2,81
500	2,25	10,90	0,36	0,60	2,82
1000	2,25	10,90	0,73	0,60	2,90
1500	2,25	10,90	1,09	0,60	2,97

B. Charrette à boeufs <sup>b</sup>				
Distance (m)	Productivité			Rentabilité (%)
	Cycle (mn.)	Nb théorique voyages/jour	Nb voyages observés/jour	
100	13,59	35	27	77
200	16,82	28	24	86
250	18,45	26	12	46
300	20,07	23	13	57
350	21,69	22	19	86
400	23,32	20	17	85
450	24,94	19	14	74
Moyenne				73

Coût (\$EU)						
Distance (m)	Chargement	Location charrette	Chef d'équipe	Coût 0,4 m <sup>3</sup>	Rentabilité de 73 %	Total m <sup>3</sup>
100	0,06	0,15	0,04	0,25	0,34	0,85
200	0,06	0,18	0,05	0,29	0,40	1,00
250	0,06	0,19	0,06	0,31	0,42	1,05
300	0,06	0,22	0,07	0,35	0,48	1,20
350	0,06	0,23	0,07	0,36	0,49	1,23
400	0,06	0,25	0,08	0,39	0,53	1,33
450	0,06	0,26	0,09	0,41	0,56	1,40

a. Hypothèses pour des activités effectuées par camion-benne, 1,80 m de hauteur, 5 m<sup>3</sup> de volume:

Chargement	
6 ouvriers, 5 m <sup>3</sup>	90 mn
Transport (aller et retour)	
Vitesse moyenne (dans les deux sens)	20 km/h
Déchargement	
Par camion en	5 mn
Dépenses	
Main-d'oeuvre non qualifiée, par jour	\$ 2,00
Locations camions publics, 1,5 h	\$ 10,90

b. Hypothèses pour des activités effectuées par charrettes à boeufs,  
0,4 m<sup>3</sup> de volume:

Chargement	
2 ouvriers, 0,4 m <sup>3</sup> en	6,41 mn
Transport (aller et retour)	
Vitesse moyenne (en charge)	3,28 km/h
Vitesse moyenne (à vide)	4,26 km/h
Déchargement (par le conducteur)	
1 ouvrier, 0,4 m <sup>3</sup> en	3,93 mn.
Dépenses	
Main-d'oeuvre non qualifiée, par jour	\$ 2,00
Conducteur pour 3 charrettes, par jour	\$ 4,00
Location charrette (avec conducteur) par jour	\$ 5,00

Source: Données provenant du programme de construction de routes rurales par des méthodes manuelles au Honduras, 1977-80.

**OFFRE, RECRUTEMENT ET PAIEMENT DE LA MAIN-D'OEUVRE.** La main-d'oeuvre peut être abondante dans un pays et le niveau de chômage élevé, mais le service d'exécution ne doit pas en conclure qu'il pourra trouver facilement la main-d'oeuvre nécessaire au projet pilote. Les fluctuations saisonnières des salaires dans l'agriculture peuvent être à l'origine d'excédents et de pénuries de main-d'oeuvre disponible pour effectuer des travaux dans un emplacement déterminé. Il ne sera pas rare que l'on constate une pénurie de main-d'oeuvre dans une région, alors que le chômage est élevé dans la région voisine.

Le service d'exécution devra se livrer à quelques évaluations préliminaires des facteurs qui ont des chances d'influer sur l'offre de main-d'oeuvre pour le projet pilote. Il s'agit notamment des salaires offerts par comparaison avec les salaires en vigueur pour des travaux semblables, des autres possibilités d'emploi existantes, des conditions d'emploi (notamment la forme et les méthodes de rémunération), de la période d'embauche, de la nature et du statut social des travaux, de l'origine et de la composition de la main-d'oeuvre (travailleurs locaux ou provenant d'autres régions, membres d'une famille ou équipes composées uniquement d'hommes) et de la méthode de recrutement (embauche directe, par l'intermédiaire des chefs de village, ou auprès d'entreprises de main-d'oeuvre). Les disparités régionales de salaires influent aussi sur l'offre de main-d'oeuvre.

Il est très important de choisir les chantiers et d'établir les plans de travail de façon à ne pas créer de problèmes pour l'agriculture, qu'il s'agisse des disponibilités de main-d'oeuvre ou des salaires qui doivent être versés pour retenir les ouvriers agricoles. Le service d'exécution devra s'informer auprès des administrateurs locaux et des agriculteurs des effectifs nécessaires aux activités agricoles à chaque saison.

La plupart du temps dans les opérations effectuées par des méthodes manuelles, la main-d'oeuvre non qualifiée est employée pendant la durée d'une saison de travaux, c'est-à-dire environ neuf mois. Etant donné le coût élevé des campements, il est souhaitable de recruter la main-d'oeuvre pouvant se rendre à pied au chantier, la distance maximum étant six kilomètres. Les statistiques et les cartes indiquant la densité démographique des diverses régions devraient être utiles pour déterminer le nombre de travailleurs pouvant être recrutés dans ce rayon, mais ces estimations devront être confirmées à l'issue d'une enquête sur place, effectuée sous la supervision du conducteur de travaux.

Tableau 3-6. Comparaisons de coûts des méthodes faisant appel à des machines et des méthodes manuelles pour la construction de routes au Kenya (Quantités et coût total par kilomètre de route)

Routes construites (par entreprise de travaux publics à l'aide de machines)				Chiffres correspondant pour travaux effectués en régie par la main-d'œuvre			
Description	Qté	Prix (ShK)	Total partiel (ShK)	Description	Qté	Coût total (ShK)	Total partiel (ShK)
Travaux préliminaires		5.398	5.398	Travaux préliminaires		5.398	5.398
Débroussaillage végétation peu dense	0,542 ha	615		Débroussaillage	0,969	2.424	2.424
Débroussaillage brousse dense	0,061 ha	162					
Élimination terre végétale, essouchage	1.607 m <sup>3</sup>	5.578	6.355				
Fouille matériaux classe 1	73 m <sup>3</sup>	185		Déblai	1.559 m <sup>3</sup>	11.330	
Fouille matériaux classe 2	7 m <sup>3</sup>	33		Remblai	1.467 m <sup>3</sup>		
Fouille matériaux classe 3	12 m <sup>3</sup>	75					
Remblai matériaux classe 1	16 m <sup>3</sup>	416					
Remblai matériaux classe 2	1.340 m <sup>3</sup>	7.130		Compactage	913 m <sup>3</sup>	2.571	
Remblai matériaux	111 m <sup>3</sup>	753					
Supplément pour compactage 100 % normes R.U.	609 m <sup>3</sup>	4.547					
Supplément pour compactage 95 % normes R.U.	304 m <sup>3</sup>	1.805					
Transport sur plus de 300m	104 m <sup>3</sup> /km	245	15.189			13.901	
Préparation couche de base, à moins de 300 mm du sol	450 m	3.281		Préparation couche de base à moins de 300 mm du sol	450 m	845	
Remblai, classe 2 minimum pour couche de base	603 m <sup>3</sup>	3.769	7.050	Préparation couche de base finale	1.000 m	1.582	2.427
Excavation et remblai pour ouvrages		185		Idem		185	185
Ponceaux		11.974	11.974	Idem		11.974	11.974
Entretien des routes et déviations existantes		218	218	Idem		218	218
Dégagement de la carrière de graviers	760 m <sup>3</sup>	118					
Construction et entretien accès	14 m	112		Idem	112		
Élimination terres de couverture des carrières	575 m <sup>3</sup>	1.608		Élimination terres de couverture	575 m <sup>3</sup>	2.700	
Couche d'usure graviers, type A	659 m <sup>3</sup>	13.476		Couche d'usure graviers et accotements, et transport	934 m <sup>3</sup>	18.894	

Tableau 3-6. (suite)

Routes construites (par entreprise de travaux publics à l'aide de machines)				Chiffres correspondant pour travaux effectués en régie par la main-d'œuvre			
Description	Qté	Prix (ShK)	Total partiel (ShK)	Description	Qté	Coût total (ShK)	Total partiel (ShK)
Couche d'usure graviers, type B	238 m <sup>3</sup>	5.518					
Transport couche d'usure graviers	2.370 m <sup>3</sup> /km	2.394					
Graviers accotements	37 m <sup>3</sup>	730					
Transport matériaux accotements	196 m <sup>3</sup> /km	204	24.158				
Dégagement des matériaux de carrière de la couche de base	24 m <sup>2</sup>	4		Idem			4
Elimination terres de couverture des carrières	13 m <sup>3</sup>	36		Idem			36
Couche de base, graviers type A	70 m <sup>3</sup>	1.446		Idem			1.446
Couche de base, graviers type B	20 m <sup>3</sup>	454		Idem			454
Transport couche de base	518 m <sup>3</sup> /km	533	2.473	Idem		533	2.473
Stabilisation ciment		3.698	3.698	Idem		3.698	3.698
Pose revêtement		2.591	2.591	Idem		2.591	2.591
Ouvrages béton		2.813	2.813	Idem		2.813	2.813
Ouvrages métal		630	630	Idem		630	630
Mobilier routier		474	474	Idem		474	474
Coût total sans les terrains			83.206				72.012

Note: Données sur les routes:

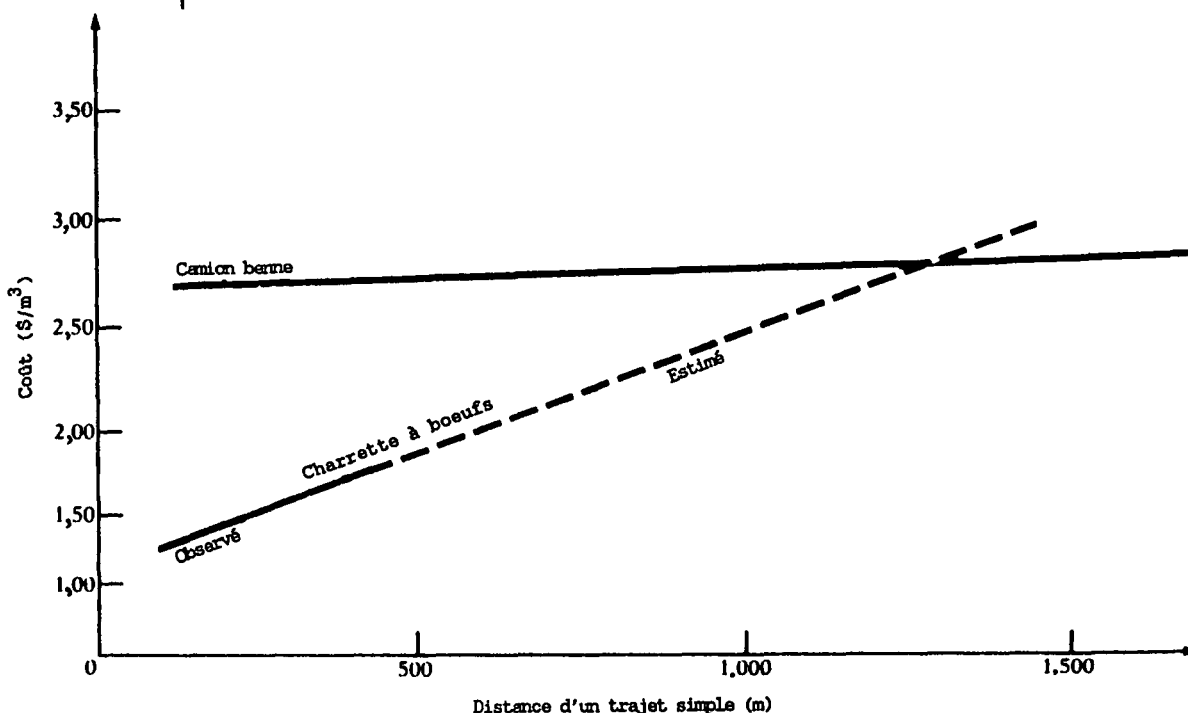
Longueur totale de la route suivant contrat	315,8 km	Distance moyenne de transport du gravier	4,0 km
Longueur asphaltée	28,2 km	Distance moyenne de transport des pierres de la couche de base	9,6 km
Vitesse de progression (finie)	1,6 jour/km	Distance moyenne de transport des gravillons	46,5 km

a. Les prix du contrat ne correspondent pas nécessairement au coût de l'entreprise pour chaque élément du devis. Le prix total de contrat est le coût total défini dans la note b. Les prix sont exprimés en milliers de shillings kényens.

b. Le coût total comprend tous les frais indirects, les frais généraux et les frais de l'administration centrale, mais n'inclut pas les frais généraux des clients dans le cas des travaux effectués par contrat. Les prix sont exprimés en milliers de shillings kényens.

Source: Banque Mondiale.

Figure 3-3. Comparaison des coûts des activités de chargement, transport et déchargement par camion benne et par charrette à boeufs, en terrain plat



Source: Données tirées du tableau 3-5.

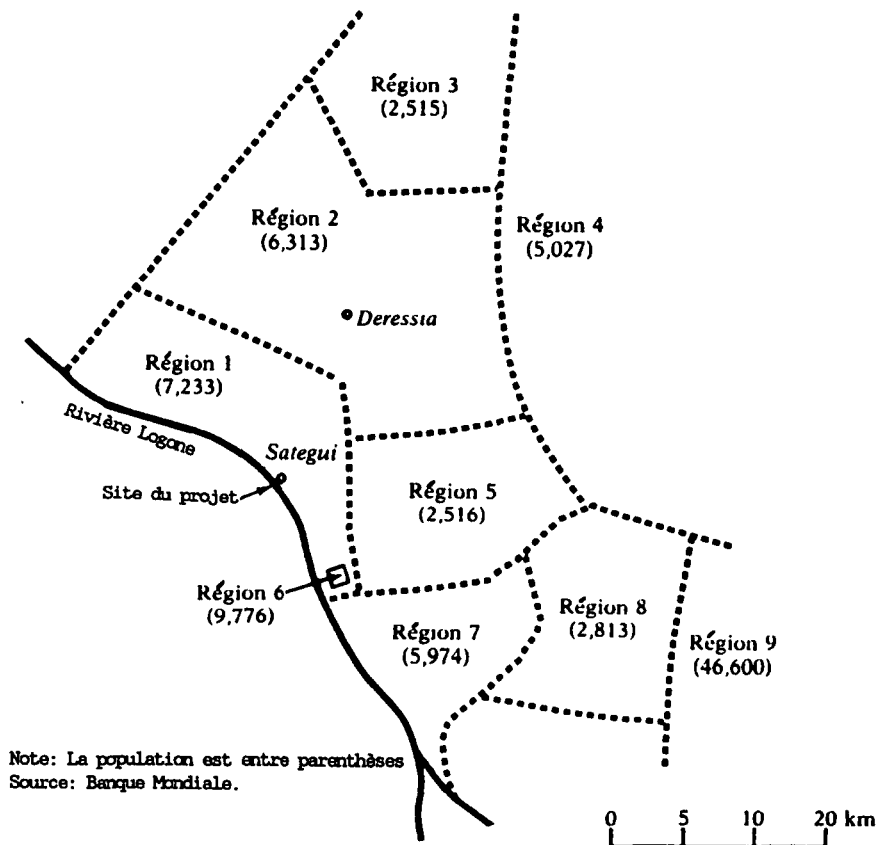
La figure 3-4 indique comment déterminer l'offre approximative de main-d'oeuvre d'après des données démographiques concernant une zone rurale au Tchad. Le service d'exécution a utilisé la méthode ci-après pour évaluer l'offre de main-d'oeuvre disponible pour l'exécution de travaux:

1. La carte représentée sur la figure 3-4 a été établie à partir des informations fournies par les administrateurs locaux et indique la population totale dans la région proche du projet.
2. Après discussion avec les représentants des pouvoirs publics, on a établi une estimation de la population totale disponible pour les travaux (7 - 15 % selon les saisons aux salaires en vigueur). L'exactitude des chiffres a été vérifiée de façon approximative d'après le nombre de travailleurs des villages voisins employés dans le projet.
3. En multipliant les pourcentages obtenus par le chiffre de la population totale, on a estimé pouvoir disposer pour les travaux de 2.000 à 5.000 ouvriers à condition de mettre à leur disposition des moyens de transport et des logements temporaires.

Ces estimations sont utiles aux premiers stades de la planification en ce qu'elles permettent de déterminer si l'on peut disposer d'effectifs suffisants étant donné la technique de construction utilisée dans une région rurale déterminée.

Le service d'exécution devra tenir compte de la rotation relativement élevée qui est le propre de la main-d'oeuvre non qualifiée. Il devra prendre des dispositions pour recruter un nombre de travailleurs supérieur à celui qu'impliquent les travaux. Pour ce faire (calcul des effectifs "théoriques"), il devra tenir compte de la diminution du nombre d'ouvriers qu'entraîneront selon toute probabilité les vacances, le mauvais temps,

Figure 3-4. Distribution approximative de la population au voisinage d'un projet d'irrigation au Tchad, 1975



l'absentéisme et les conflits du travail. La logistique et l'encadrement seront conditionnés par les effectifs théoriques plutôt que par les effectifs réels, puisqu'il est toujours possible que 100 % des effectifs théoriques se présentent au travail. On trouvera dans les tableaux 3-7 et 3-8 et dans la figure 3-5 les calculs permettant d'établir le rapport entre les effectifs réels et les effectifs théoriques. Dans l'exemple reproduit dans le tableau 3-8 et la figure 3-5, le nombre total de présences enregistré pendant la durée des travaux a été de 74.610 travailleurs<sup>1</sup>. En divisant le

<sup>1</sup> Le nombre total de présences pendant la période des travaux comporte quelque 2.700 travailleurs en décembre. La saison des travaux débutant normalement le 1er janvier, l'effectif de décembre peut être considéré comme un supplément; le chiffre total de 74.610 peut donc être divisé par 150 pour obtenir le nombre moyen de présences, soit 497 pendant les six mois que dure la période des travaux.

nombre total d'hommes-jour enregistré par le nombre total de jours ouvrables par saison (150), on obtient un chiffre quotidien moyen équivalent à la présence de 497 travailleurs, ce qui représente l'effectif réel moyen. Pour un coefficient de main-d'oeuvre réelle de 0,667, comme l'indique le tableau 3-8, l'effectif théorique nécessaire pour que l'effectif réel soit de 500 travailleurs est de 750 travailleurs ( $500 : 0,667 = 750$ ).

Tableau 3-7. Prévisions des effectifs réels et des jours ouvrables pour la réalisation d'un projet pilote

Hypothèses		
a.	Durée de la saison d'activité	40 semaines
b.	Durée de la semaine de travail	6 jours
c.	Nombre de jours de vacances officielles et locales	12 jours
d.	Nombre de jours perdus en raison du mauvais temps <sup>a</sup>	15 jours
e.	Nombre de jours perdus en raison de conflits <sup>a</sup>	3 jours
f.	Pourcentage des effectifs théoriques absents durant les 4 premières et les 2 dernières semaines	50 %
g.	Pourcentage des effectifs théoriques absents pendant les récoltes	75 %
h.	Durée de la saison des récoltes	4 semaines
i.	Pourcentage des effectifs absents en raison de la rotation de la main d'oeuvre, de la maladie et de l'absentéisme	15 %
j.	Jours de travail perdus en raison de la formation	0
Prévision du nombre de jours disponibles		
k.	Temps total (a) x (b) - (c)	228 jours
l.	Temps perdu (d) + (e)	18 jours
m.	Temps disponible (nombre de jours effectifs)	210 jours
Prévision du coefficient de main-d'oeuvre effectif <sup>b</sup>		
n.	Rapport effectifs maxi/mini (50/100 x 6/40)	0,075
o.	Rapport durant récoltes (15/100 x 40/40)	0,075
p.	Rapport rotation/absences (15/100 x 40/40)	0,150
q.	Coefficient de réduction général (n) + (o) = (p)	0,30
r.	Coefficient des effectifs réels	0,70

- a. Le nombre de jours perdus en raison du mauvais temps et des conflits du travail est normalement considéré comme du temps perdu, donc faisant partie du temps total perdu.
- b. Le coefficient des effectifs réels est la proportion des effectifs théoriques pouvant être présents dans les effectifs réels. Dans ces prévisions, les effectifs réels = 0,70 x effectifs théoriques.

Source: Banque Mondiale.



Tableau 3-8. Calcul des effectifs réels et du nombre de jours d'activité pour la réalisation d'un projet d'irrigation au Tchad, 1977-78

Hypothèses	
a.	Durée de la saison d'activité <sup>a</sup> 26 semaines
b.	Durée de la semaine de travail 6 jours
c.	Nombre de jours de vacances officielles et locales 6 jours
d.	Nombre de jours perdus en raison du mauvais temps <sup>b</sup> 2 jours
e.	Nombre de jours perdus en raison de conflits ou de la paye <sup>c</sup> 4 jours
f.	Pourcentage des effectifs absents <sup>a</sup> durant les 5 premières semaines <sup>d</sup> 40 %
g.	Pourcentage des effectifs théoriques absents pendant les semaines 40 %
h.	Durée de la saison des semaines 9 semaines
i.	Pourcentage des effectifs théoriques absents en raison de la rotation, de la maladie et de l'absentéisme 10 %
j.	Jours de travail perdus en raison de la formation 0
Nombre de jours disponibles	
k.	Temps total (a) x (b) - (c) 150 jours
l.	Temps perdu (d) + (e) 6 jours
m.	Temps disponible 144 jours
Coefficient de main-d'oeuvre effectif <sup>e</sup>	
n.	Coefficient de recrutement (40/100 x (5 x 6)/144) 0,083
o.	Coefficient durant les semaines (40/100 x (9 x 6)/144) 0,15
p.	Rapport rotation/absences (10/100 x 144/144) 0,10
q.	Coefficient de réduction général (n) + (o) = (p) 0,333
r.	Coefficient des effectifs réels 0,667

- La saison d'activité s'étend normalement du 1er janvier au 30 juin.
- 4 jours dont la moitié de la production a été perdue = 2 jours.
- Pour les conflits du travail: 2 demi-journées perdues = 1 journée; pour les jours de paye: 13 jours dont 25 % de la production a été perdue (outre les pertes dues à la pluie les jours de paye) = 3 journées.
- Compte tenu des "boni" de main-d'oeuvre de décembre comptés en janvier (voir texte).
- Les effectifs réels = coefficient des effectifs réels x effectifs théoriques = 0,067 x effectifs théoriques.

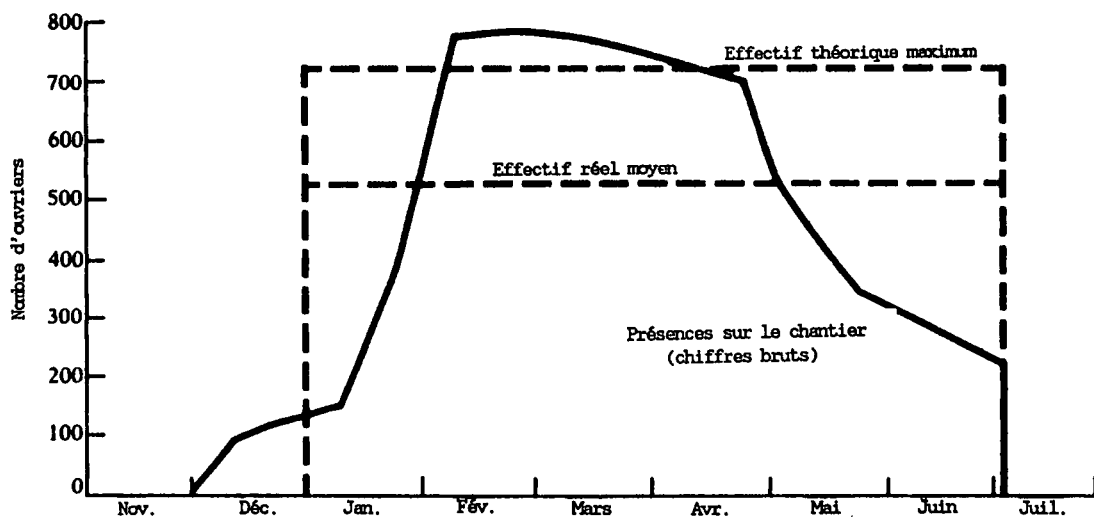
Source: Banque Mondiale.

Dans de nombreux pays, des mesures législatives protègent la main-d'oeuvre et réglementent les salaires. Le service d'exécution devra fournir aux conducteurs de travaux des instructions détaillées conformes aux lois et réglementations en vigueur. Ces instructions devront préciser les points suivants: réglementations sur les méthodes de recrutement et l'utilisation d'agences de recrutement, fourniture de logements ou de moyens de transport jusqu'au chantier, durée de la période d'embauche (dans certains pays, les travailleurs occasionnels deviennent des employés permanents de l'organisme d'embauche à l'issue d'une certaine période d'emploi), les différences de salaires pour chaque catégorie de main-d'oeuvre (taux fixes, fourchette des taux et pourcentage du salaire versé en espèces et

sous forme de nourriture), le nombre d'heures travaillées (par jour et par semaine), les vacances publiques officielles (en particulier si divers groupes religieux coexistent dans un pays), les avantages sociaux (congé de maladie et coût des médicaments), la méthode de rémunération (quotidienne, à la tâche, à la pièce, ou autres stimulants), la date de paye et les mécanismes de versement.

Il est un problème qui ne reçoit pas l'attention qu'il mérite, c'est celui de la promotion et des augmentations de salaire correspondantes de l'encadrement. Il arrive souvent que des cadres de supervision effectuant le même travail reçoivent des traitements différents. Certains écarts peuvent se justifier pour des raisons d'ancienneté et d'âge, mais si la disparité est excessive entre deux cadres également qualifiés et capables, celui qui est le moins bien rémunéré sera démotivé. Les barèmes des traitements versés par les pouvoirs publics dans les pays industriels comme dans les pays en développement rendent ces problèmes particulièrement difficiles à résoudre. Néanmoins, il est très important de les atténuer, si ce n'est de les résoudre dans les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre et le service d'exécution devra rechercher les moyens d'atténuer les disparités les plus criantes.

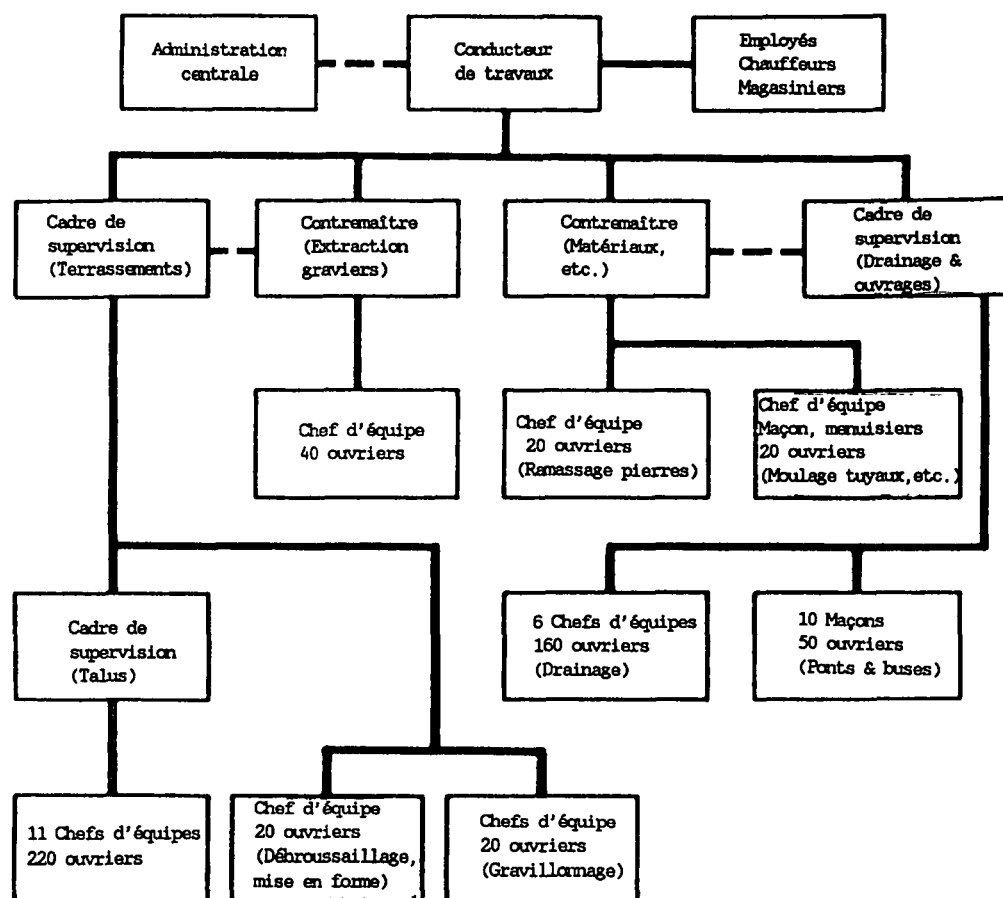
Figure 3-5. Effectifs réels et nombre de jours de travail pour un projet d'irrigation réalisé au Tchad en 1977-78



*Note:* Les présences sur le chantier correspondent au nombre de travailleurs occasionnels figurant sur les feuilles d'appel du projet pendant la saison des travaux 1977-78. Ces chiffres ne comprennent pas les chefs d'équipes ni la main-d'oeuvre employée pour des travaux annexes comme le transport de l'eau. En raison des absences dues à la maladie, aux séjours dans les foyers, ou pour d'autres raisons, le nombre réel d'ouvriers sur le chantier a été à tout moment inférieur d'environ 10 % aux chiffres bruts indiqués sur le graphique. Le graphique n'indique pas les jours perdus pour vacances, mauvais temps, grèves et paye.

Source: Banque Mondiale.

Figure 3-6. Organisation du chantier d'un projet pilote d'amélioration de routes au Malawi



Source: Scott Wilson Kirkpatrick and Partners, Basingstoke, Royaume-Uni, pour la Banque Mondiale.

Les salaires et traitements doivent être versés à la date prévue et intégralement - on ne saurait trop insister sur l'importance de cette règle. La main-d'oeuvre non qualifiée employée sur les chantiers a besoin de son salaire pour subsister et si le versement est retardé, les travailleurs seront la proie des créanciers. En dépit des difficultés administratives que rencontrent les cadres du chantier, les ouvriers doivent être payés toutes les deux semaines. En aucun cas, la période de paye ne doit dépasser un mois.

Le règlement doit s'effectuer en espèces. Le paiement par chèque convient au ministère technique, mais ne convient absolument pas aux travailleurs. Si la rémunération doit être versée sous forme de nourriture (soit pour la totalité soit pour une partie du salaire), le service d'exécution ne doit pas oublier les complications logistiques qui naîtront automatiquement. Ce ne sont pas les ressources alimentaires qui manquent pour la rémunération de la main-d'oeuvre employée dans des opérations faisant appel à la main-d'oeuvre, et un important volume de travaux sont effectués moyennant la nourriture comme seule forme de rémunération. Les denrées alimentaires sont habituellement fournies par un organisme donneur et le service d'exécution doit arrêter avec les donneurs un plan

de distribution. Les aliments distribués doivent être ceux que consomment habituellement les travailleurs et doivent être acceptables par eux. Si les donneurs ne peuvent fournir que des produits peu courants, le service d'exécution devra s'efforcer d'expliquer, non aux travailleurs eux-mêmes mais à leurs épouses, les avantages de ces aliments qu'ils ne connaissent pas. Les rémunérations versées sous forme de nourriture doivent comporter au maximum trois denrées différentes puisque la distribution sera effectuée sur le chantier où les installations de stockage font défaut. Les aliments devront être, si possible, présentés sous forme de rations quotidiennes ou hebdomadaires afin d'en faciliter la distribution.

**ENCADREMENT.** S'agissant d'un projet pilote faisant appel au départ à 300 ou 400 travailleurs, le personnel d'encadrement ci-après sera nécessaire:

- \* Un ingénieur, diplômé d'un établissement secondaire technique, ou cadre.
- \* Un directeur de bureau (facultatif).
- \* Un employé à la paye et à la comptabilité.
- \* Un magasinier.
- \* Un magasinier adjoint (un pour chaque chantier si les travaux sont dispersés).
- \* 4 à 8 cadres de supervision.
- \* 12 à 16 chefs d'équipe.
- \* 10 à 15 ouvriers qualifiés (chauffeurs, mécaniciens, menuisiers, forgerons, maçons).

L'importance et la composition de l'encadrement sur le chantier d'un projet pilote dépendent de la nature des travaux et de l'importance des effectifs non qualifiés utilisés. On trouvera sur la figure 3-6 l'exemple de l'organisation d'un chantier mise au point pour un projet de reconstruction de routes au Malawi par des méthodes manuelles.

Le conducteur de travaux dirige les travaux effectués manuellement pendant les phases initiales du projet pilote. Il prend contact avec les dirigeants de la communauté, identifie les sources de main-d'oeuvre disponible, fournit les outils, les matériaux et le matériel et aménage le chantier.

Si le nombre de chantiers s'accroît, il sera nécessaire de prévoir des cadres intermédiaires, les cadres de supervision. Leur nombre dépend en outre des effectifs et de la dispersion des différentes activités incluses dans le chantier: excavation, extraction des matériaux et des graviers, construction de ponceaux, etc. Si ces activités sont relativement proches les unes des autres, un cadre de supervision pourra en contrôler quatre ou cinq, mais si les chantiers sont dispersés, ce chiffre sera de deux ou trois.

Les cadres de supervision pourront être épaulés d'un chef de bureau qui règlera les problèmes administratifs, et d'un ou deux employés qui participeront à la planification, à l'organisation du travail, aux actions de formation et aux rapports à établir. La composition exacte de l'encadrement sur un chantier déterminé dépend de la facilité des communications entre le chantier et l'administration centrale et de l'ampleur des autres activités s'ajoutant aux travaux courants (comme la formation et les études d'organisation du travail).

Les conducteurs de travaux et cadres de supervision ont des fonctions semblables à celles des cadres de gestion sur les chantiers réalisés par des moyens mécaniques. Ils doivent posséder la formation technique leur permettant de déterminer l'emplacement du projet, le tracé, les sources de matériaux appropriés et d'établir le plan des ouvrages de drainage et des petits ponts ou d'autres types de franchissements des cours d'eau. Dans des projets de petite envergure, le conducteur de travaux devra probablement calculer le volume des matériaux nécessaires. Dans des projets de plus grande ampleur, il est souhaitable que des géomètres recueillent sur place les données nécessaires et supervisent ensuite les travaux.

Au-dessous de l'échelon de cadre de supervision, la composition de l'encadrement commence à différer de celle des chantiers réalisés par des moyens mécaniques. Bien que ces postes exigent une formation technique théorique peu poussée, ils doivent être confiés à des personnes ayant une aptitude à diriger. On abordera dans les sections suivantes du présent ouvrage, les programmes de formation à entreprendre pour accroître l'efficacité et les compétences de l'encadrement.

L'équipe que peut diriger une personne avec efficacité compte environ 25 ouvriers. Certaines tâches peuvent être exécutées de façon plus efficace par des groupes moins nombreux (environ 15 ouvriers), en particulier lorsque les travaux sont aussi effectués avec des moyens mécaniques. Chaque équipe doit avoir à sa tête un chef d'équipe qui supervise les travaux et transmet les instructions du contremaître aux ouvriers. Le chef d'équipe est normalement choisi parmi les ouvriers non qualifiés ayant des aptitudes à diriger. Sa rémunération est légèrement supérieure. Dans certains cas, il pourra amener sa propre équipe, constituée de sa propre initiative au moment du recrutement.

Un contremaître peut être chargé de trois ou quatre équipes (ou de 100 ouvriers au maximum) et il sera normalement un salarié permanent du ministère technique patronnant le projet pilote. Il doit être capable d'effectuer des tâches simples de planification et de jalonnement, d'indiquer aux ouvriers et aux chefs d'équipe les méthodes de travail à utiliser, de contrôler et de mesurer le volume des travaux et de préparer des rapports simples. Ces tâches peuvent être enseignées pendant des stages de formation relativement courts. La qualité principale des contremaîtres réside dans l'intérêt qu'ils portent aux ouvriers et dans leur capacité à les diriger. Cette qualité n'est pas toujours celle des contremaîtres lorsque les travaux sont effectués à l'aide de machines, aussi est-il important que le service d'exécution choisisse comme cadres de supervision des personnes qui ont foi dans les méthodes manuelles.

**LOGISTIQUE.** Planifier la logistique est une tâche importante étant donné les coûts qui peuvent être très modestes pour chaque poste, mais peuvent en s'additionnant atteindre des sommes considérables. Il s'agit notamment des coûts de transport des ouvriers, des outils et du matériel, de l'aménagement du campement et des installations de stockage des matériaux, des outils et du matériel. Les campements où seront logés les ouvriers ne pouvant retourner chez eux, et les abris de stockage des outils, du matériel et des matériaux entraînent des coûts de construction, de raccordement aux services publics et d'entretien. Il est préférable d'exprimer ces dépenses en pourcentage des coûts totaux directs, mais elles doivent être calculées d'une façon rigoureuse étant donné qu'elles peuvent varier sensiblement d'un pays à l'autre. Le tableau 3-9 présente

la façon de calculer les coûts du logement des ouvriers et des cadres de supervision dans un projet réalisé par des méthodes manuelles au Tchad.

Tableau 3-9. Calcul des coûts de logement  
en vue de la construction de campements au Tchad (\$)

	Logements ouvriers	Logements cadres	Nombre total de logements	% des coûts directs de logement
Main-d'oeuvre	5.170	3.440	8.610	56
Outils et contremaîtres <sup>a</sup>	520	340	860	6
Transport par camion	4.090	1.520	5.610	37
Matériaux	-	220	220	1
Total des coûts directs de logement	9.780	5.220	15.300	100
Nombre de loge- ments construits	100	12	112	-
Coût direct par logement	98	460	136	-
Coût direct par ouvrier	19	460	30	-
Coût direct par salarié	12	7	19	-
Coût direct en % des coûts de main-d'oeuvre	8	4	12	-

Note: Ce projet de construction se fonde sur les hypothèses suivantes:

Effectif total	800
Effectif devant être logé	500
Cadres devant être logés	12
Revenu moyen de la main-d'oeuvre (par an)	\$ 175
Coût total de main-d'oeuvre (par an) (\$ 175 x 800)	\$ 140.000

Il est en outre supposé qu'un logement sera occupé par cinq ouvriers et qu'un logement de cadre accueillera un cadre.

a. Les outils et les salaires des contremaîtres correspondent par hypothèse à 10 % des coûts de main-d'oeuvre.

Source: Banque Mondiale.

**SUIVI ET ETABLISSEMENT DES RAPPORTS.** L'un des objectifs d'un projet pilote est de fournir au service d'exécution des données sur les coûts réels et le calendrier des travaux afin de lui permettre d'effectuer des estimations concernant un programme de travaux à grande échelle. Seul un système méthodique d'établissement de rapports permettra d'obtenir les données nécessaires.

Le système de suivi et d'établissement des rapports variera selon les pays et selon les projets. Le service d'exécution devra chercher à obtenir le plus simplement et le meilleur marché possible uniquement les données nécessaires pour faire apparaître les principaux écarts entre les estimations et les chiffres réels de l'avancement des travaux et des coûts. Les systèmes de suivi et d'établissement des rapports ne doivent pas devenir des fins en eux-mêmes.

L'annexe I (Grandes lignes d'un système de suivi et d'établissement des rapports) donne des directives sur les rapports dont l'expérience a montré

l'utilité. Les formules de l'annexe I indiquent les données qui doivent être rassemblées sur chaque chantier et communiquées à l'administration centrale dont dépend le service d'exécution. Les services centraux feront la synthèse des données provenant des différents chantiers et les communiqueront au ministère des finances et aux autres sources de financement.

C'est au service d'exécution qu'il appartient de mettre au point le système de suivi à utiliser. Il devra répartir les responsabilités du rassemblement, de l'analyse et de la transmission des données et prévoir les stages de formation qui pourraient être nécessaires. Les formules proposées dans l'annexe I pourront être modifiées et adaptées aux besoins de chaque projet pilote. En tout état de cause, les formules retenues doivent permettre de recueillir les données devant être rassemblées et analysées. Le service d'exécution ne devra supprimer aucune des parties des formulaires de l'annexe I sans avoir la certitude qu'il a de bonnes raisons de le faire.

Le service d'exécution devra communiquer à toutes les sources de financement du projet pilote l'état d'avancement des travaux. Il faut souligner l'importance de cet aspect qui souvent est négligé. Bien souvent, les administrateurs des travaux réalisés par des méthodes manuelles croient que le simple fait d'avoir réuni des fonds les dispense de rendre compte de leur utilisation. Il s'agit là d'une mauvaise opération de relations publiques dont les répercussions se feront sentir lorsque les fonds seront épuisés et qu'il faudra de nouvelles ressources. En outre, en étant tenu de communiquer des rapports sur l'état d'avancement des travaux, le service d'exécution devra exercer une surveillance constante sur ses propres opérations. En ce sens, des rapports réguliers sont utiles pour ceux qui les préparent autant que pour ceux qui en sont les destinataires.

Il est souhaitable de communiquer des informations sur les aspects ci-après des opérations réalisées par des méthodes manuelles aux sources de financement et aux niveaux supérieurs de l'administration du ministère de tutelle:

- \* Montant des fonds (ou de la nourriture) dépensés cumulativement pendant la période considérée.
- \* Volume des travaux effectués cumulativement pendant la période considérée.
- \* Nombre total de travailleurs et d'hommes-jour calculé cumulativement pendant la période considérée.
- \* Comparaison des objectifs et de l'état d'avancement réel des travaux, accompagnée de l'explication de tout retard et de la description succincte des mesures prises pour y remédier.
- \* Travaux accomplis par les services de logistique.
- \* Travaux prévus pour la prochaine période.

Les activités de soutien logistique comprennent la mise au point et la fabrication des outils, et les interventions sous forme de nourriture, médicaments et compléments du régime alimentaire visant à améliorer la santé de la main-d'oeuvre.

**MISE AU POINT ET FABRICATION DES OUTILS.** La quantité et la qualité des travaux confiés à la main-d'oeuvre dépendent dans une large

*Activités de  
soutien logistique*

mesure des outils, qui doivent être adaptés aux tâches et bien entretenus. Lorsqu'un projet pilote est lancé, le service d'exécution devra envisager d'utiliser des outils manuels disponibles sur place ou importés. Toutefois, des opérations de plus grande envergure faisant appel à la main-d'oeuvre exigeront la fabrication d'une quantité suffisante d'outils solides et raisonnablement bon marché. Le service d'exécution devra donc étudier si les artisans locaux ont la possibilité de fabriquer des outils et un matériel léger répondant aux caractéristiques appropriées. Les artisans locaux devront être en mesure de fabriquer des produits de bonne qualité, mais pour ce faire ils auront besoin de modèles à copier, de recevoir une assistance technique pour modifier leurs pratiques traditionnelles et d'une assistance financière pour démarrer.

Le service d'exécution aura notamment les tâches suivantes:

- \* Etablir les dessins des outils et du matériel léger et mettre au point des modèles et les tester en vue de leur fabrication.
- \* Analyser les règles de passation des marchés en vigueur et proposer des modifications en s'attachant à encourager la fabrication locale et à réduire au minimum les importations.
- \* Evaluer la demande potentielle dans d'autres organismes gouvernementaux et parmi les entreprises locales.
- \* Etudier de quelle façon les pouvoirs publics pourraient le mieux encourager l'application de règles améliorées de passation des marchés et favoriser les capacités locales de fabrication d'outils de bonne qualité.

Dessiner des outils de bonne qualité, analyser les capacités de fabrication locale et apporter l'assistance technique et financière appropriée exigent des compétences et une expérience que le service d'exécution ne possédera probablement pas. Il sera donc peut-être nécessaire de recruter un spécialiste qui épaulera le service.

Le coût total des outils et du matériel léger utilisés dans des opérations réalisées manuellement est relativement faible si on le compare au coût total des salaires versés. C'est l'une des raisons pour lesquelles l'importance des outils est trop souvent négligée lorsque l'on veut obtenir une production élevée et pour lesquelles le choix des instruments appropriés fait l'objet d'une attention superficielle. Il n'en reste pas moins qu'un outillage de qualité médiocre ne résistera pas aux travaux difficiles qui seront demandés. Il ne pourra être utilisé facilement, s'endommagera très rapidement et ne servira bientôt plus à rien. Le coût global de cet outillage de qualité médiocre (représenté par la baisse de la production et l'accroissement des besoins de remplacement des outils) absorbera non seulement les économies réalisées sur le faible prix d'achat initial mais aussi entravera sérieusement la compétitivité de l'ensemble de l'opération réalisée manuellement.

L'annexe C (Notes sur les outils et le matériel léger) donne des indications qui permettront au service d'exécution de mettre au point un outillage et des règles de passation des marchés. On trouvera dans l'annexe H les qualifications requises d'un spécialiste en outillage.

**SANTE ET NUTRITION.** La maladie et la malnutrition influenceront défavorablement sur la production de la main-d'oeuvre sur les chantiers où sont utilisées les méthodes manuelles. Pendant la réalisation du projet pilote, le



service d'exécution devra donc mettre au point un programme d'interventions visant à atténuer ou à éliminer les carences nutritionnelles les plus répandues et à traiter les causes les plus communes des maladies. Il devra s'assurer le concours d'un spécialiste de la santé et de la nutrition qui l'aidera à mettre au point ce programme. Pour déterminer l'ampleur des problèmes de santé et de nutrition et prévoir les interventions appropriées, le service d'exécution devra choisir plusieurs chantiers typiques où il effectuera une enquête approfondie. Chacun de ces chantiers devra employer plus de 200 personnes pour que les conclusions de l'enquête aient une valeur statistique. Sur chaque chantier, le personnel ayant reçu la formation nécessaire devra procéder à des examens cliniques et déterminer l'état de santé et de nutrition de la main-d'oeuvre, entreprendre des mesures anthropométriques, des analyses de sang pour déterminer le niveau d'hémoglobine, rechercher les parasites du paludisme et les parasites intestinaux à l'issue d'analyses des selles.

Une fois connu l'état de santé et de nutrition de la main-d'oeuvre, des spécialistes médicaux assistant le service devront proposer diverses mesures correctives qui seront automatiquement adoptées par la suite lors de la réalisation du programme à grande échelle. On trouvera dans l'annexe H les descriptions de poste et les qualifications du personnel devant être recruté pour cette activité.

Dans le cadre du projet pilote, l'administration centrale devra prévoir l'alimentation de la main-d'oeuvre sur le chantier en cas de grave sous-alimentation, la distribution de tablettes de fer pour lutter contre l'anémie et le traitement temporaire des maladies parasitaires comme l'ankylostome et la schistosomiase. Ces mesures amélioreront la santé, réduiront l'absentéisme et relèveront la productivité et le bien-être de la main-d'oeuvre.

Si le projet pilote démontre que l'exécution ultérieure du programme à grande échelle devra faire appel à d'importants effectifs de travailleurs migrants vivant dans des campements, l'administration centrale devra prévoir l'approvisionnement en eau potable et une quantité suffisante de nourriture. L'expérience a montré que la dysenterie causée par la pollution de l'eau est un motif important d'absentéisme et de baisse de la production. De même, si les denrées alimentaires fournies sur le chantier ne sont pas d'un prix raisonnable, les travailleurs seront la proie de marchands peu scrupuleux qui leur demanderont l'équivalent d'une journée de salaire pour deux tasses de riz. Si l'exécution du projet pilote révèle l'existence d'une anémie parasitaire, il faudra prendre des dispositions pour que des médecins participent par la suite à l'exécution du programme à grande échelle.

On étudiera dans la présente section les divers coûts du projet pilote—coûts financiers et économiques, coûts directs, frais généraux et coût total. On formulera aussi des recommandations relatives à la description schématique et à l'estimation des coûts d'un projet pilote.

Les comparaisons de coûts des méthodes faisant appel à des machines et des méthodes manuelles permettent de déterminer la solution la plus rentable. Toutefois, il est fréquent que les prix du marché (ou coûts

## ESTIMATION DES COÛTS DU PROJET PILOTE

*Coûts financiers et  
coûts économiques*

financiers) ne correspondent pas exactement à la rareté des biens et services dans un pays donné, ce qui risque d'introduire une distorsion dans les coûts et les avantages économiques réels des deux méthodes.

Dans les pays où la main-d'oeuvre est abondante, le salaire minimum est parfois fixé à des niveaux très éloignés de celui auquel la main-d'oeuvre accepte de travailler. Ces pays surévaluent très souvent de façon délibérée leur monnaie, ce qui met le matériel, les combustibles et les pièces détachées importés à des prix artificiellement bas par comparaison avec ce que coûtent réellement ces importations pour l'économie nationale. Les prêts et les crédits d'aide au développement en provenance de l'étranger, affectés aux achats de matériel et assortis de taux d'intérêt favorables introduisent d'autres distorsions. Dans certains cas, les ministères omettent parfois purement et simplement d'inclure les charges d'intérêt afférentes au matériel ou à d'autres actifs, et qui sont un élément important des coûts économiques des biens d'équipement.

Lorsque ces distorsions sont importantes, il est nécessaire d'effectuer des comparaisons reposant sur les prix correspondant à l'efficacité économique (ou "efficacité de référence") et les prix du marché. Les prix correspondant au niveau de l'efficacité économique seront corrigés afin de représenter non pas ce que coûte le matériel en termes financiers mais ce qu'il coûte pour l'économie nationale. Ils sont égaux au "coût d'opportunité" ou produit marginal de la ressource affectée à un autre emploi. Les données relatives au juste prix d'efficacité économique doivent pouvoir être obtenues auprès de la division de l'économie de l'office national de planification ou d'un organisme semblable<sup>2</sup>.

Le service d'exécution doit tout d'abord préparer une analyse reposant sur les prix du marché. Il doit ensuite procéder à une analyse reposant sur les prix correspondant à l'efficacité économique, qui donnent une image plus exacte des coûts réels. Le prix d'efficacité économique de la main-d'oeuvre différera du prix du marché, par exemple, si le salaire minimum est fixé par la législation à 3 dollars par jour, mais si la population accepte de travailler pour un salaire ne dépassant pas 1 dollar par jour. Le prix d'efficacité économique d'un homme-jour de travail est donc 1 dollar et non pas 3 dollars. De même, au taux de change officiel, un boutoir peut revenir à l'équivalent de 100.000 dollars en monnaie locale, alors qu'en réalité il peut revenir à 150.000 dollars parce que la monnaie locale est artificiellement surévaluée. Le prix d'efficacité économique du boutoir sera donc 150.000 dollars. Ces corrections empêchent les distorsions des prix du marché d'entraîner une affectation et une utilisation erronées des ressources. Un taux de salaire minimum excessif risque de maintenir la population au chômage; des taux de change insuffisants peuvent occasionner une sortie de devises rares pour l'importation des biens nécessaires à des activités qui pourraient être effectuées à l'aide des ressources nationales.

---

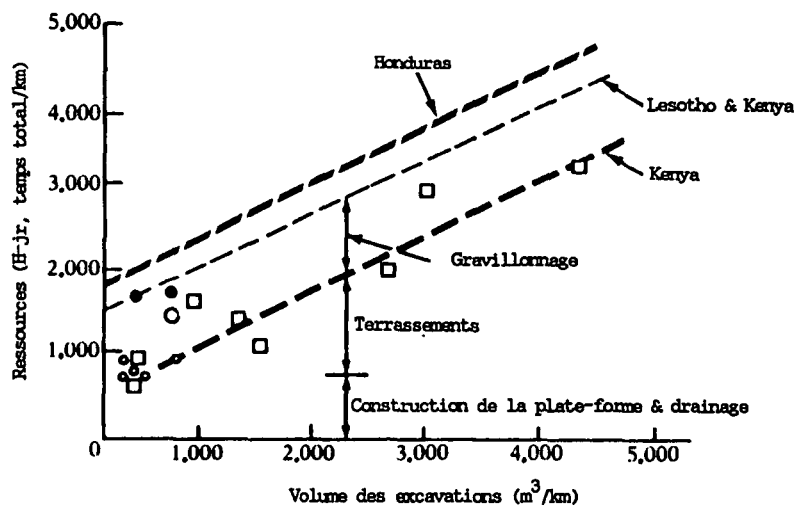
<sup>2</sup>. Dans certains cas, les prix sont en outre ajustés pour tenir compte des "pondérations sociales" que les planificateurs attachent à des objectifs sociaux comme la redistribution des revenus aux pauvres ou la lutte contre le chômage. Ces prix "sociaux de référence" ont pour effet de réduire encore le coût de la main d'oeuvre lorsque le chômage ou le sous-emploi sont élevés.

Le service d'exécution ne doit pas oublier que l'analyse des prix financiers et économiques ne peut tout au plus que démontrer que les méthodes manuelles représentent une affectation et une utilisation efficaces des ressources dans un environnement où les distorsions de prix du marché sont la règle. Le financement du projet doit normalement reposer sur les prix du marché. Le service d'exécution devra par conséquent présenter au ministère des finances des analyses financières et des analyses économiques des coûts et les justifier. Il devra identifier de façon explicite les corrections à apporter aux signaux de prix du marché et justifier les avantages que comporte l'utilisation d'une main-d'oeuvre non qualifiée nombreuse et d'une moins grande quantité de matériel dans l'exécution du projet proposé.

L'estimation des coûts directs doit reposer sur le volume physique des travaux à effectuer. Elle dépend des caractéristiques techniques du projet, des hypothèses concernant le volume des travaux qui seront exécutés par la main-d'oeuvre et par le matériel et le volume de matériaux nécessaires. Si le pays n'a que peu d'expérience des méthodes manuelles, le service d'exécution devra se fonder pour évaluer les coûts directs sur l'expérience des pays étrangers. L'exactitude des estimations dépendra donc de l'aptitude du service d'exécution à adapter aux conditions locales l'expérience acquise dans les pays étrangers.

*Coûts directs*

Figure 3-7. Temps de main-d'oeuvre total pour la construction de routes d'accès bon marché suivant le volume des excavations dans divers pays



- Légende: — Honduras (y compris gravillonnage)  
 □ Kenya, District A, terrain accidenté (sans gravillonnage)  
 ● Kenya, District B, terrain plat (sans gravillonnage)  
 ○ Lesotho (sans gravillonnage)  
 ● Lesotho (y compris gravillonnage)

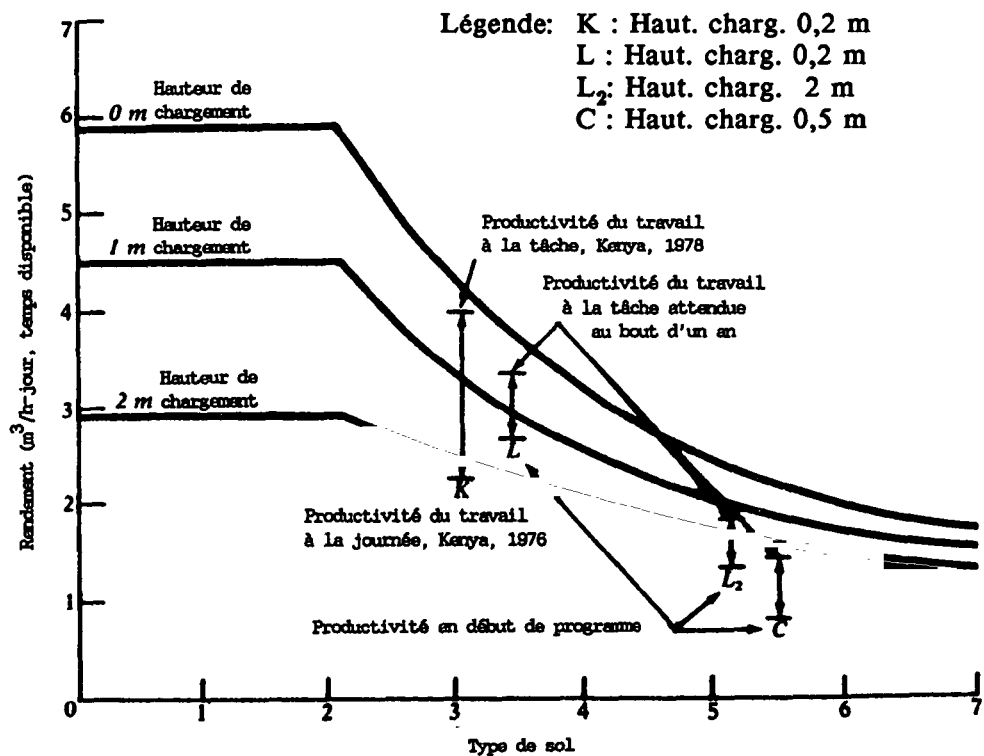
Source: D'après les travaux de l'unité technique de la Banque Mondiale rattachée au Programme de routes rurales d'accès du Kenya.

Les données provenant de pays étrangers, comme celles qui sont reproduites sur la figure 3-7, doivent être utilisées avec prudence, les

différences du milieu physique et de l'environnement rendant difficile la comparaison des résultats d'un pays à l'autre. La productivité relativement élevée observée en Inde et en Indonésie, pays utilisant traditionnellement les méthodes manuelles, ne pourra être obtenue immédiatement dans des pays qui utilisent ces méthodes pour la première fois. Toutefois, ces pays pourront atteindre un niveau de productivité comparable à condition que les travaux soient planifiés et supervisés comme il se doit (voir figure 3-8).

Le service d'exécution devra reprendre les données relatives à la productivité du matériel dans de précédents projets de construction, dans la documentation des fabricants et dans les dossiers techniques disponibles au ministère technique. C'est pourquoi les données sur la productivité du matériel ne sont pas incluses dans le présent rapport. Toutefois, pour comparer les méthodes manuelles et les méthodes faisant appel à des machines, le service d'exécution devra se rappeler que la productivité du matériel est souvent surestimée dans de nombreux pays en développement, tandis que le coût d'achat et de fonctionnement est sous-estimé.

Figure 3-8. Productivité réelle et productivité prévue des tâches d'excavation et de chargement dans divers pays



Note: Voir les définitions des types de sols dans l'annexe F. Les courbes des hauteurs de chargement de 0 m, 1 m et 2 m ont été établies à partir des données sur le travail rémunéré à la journée recueillies en Inde et en Indonésie.

Source: D'après les travaux de l'unité technique de la Banque Mondiale rattachée au Programme de routes rurales d'accès du Kenya.

L'estimation des ressources peut être établie à partir du volume des travaux, de la production et des délais nécessaires analysés ci-dessus. Multipliées par les prix en vigueur sur le marché, elles permettent d'obtenir les estimations des coûts. C'est ainsi que le nombre total d'hommes-jours nécessaire multiplié par le taux de salaire en vigueur permet d'obtenir les coûts de main-d'oeuvre directs. Les calculs sont semblables pour les matériaux, compte tenu de leur taux d'utilisation par rapport au volume des travaux prévus.

Deux grandes catégories de frais généraux doivent être examinées avec soin lors de la planification du projet pilote: les coûts de gestion et les coûts administratifs et celui des services de soutien. L'importance des frais généraux dépend du type, de l'emplacement et du nombre des chantiers que comporte le projet pilote et de l'importance relative de main-d'oeuvre et de machines qui seront utilisées dans les travaux.

Les frais généraux de gestion et d'administration comprennent les dépenses de personnel, les frais de bureau sur le chantier et en dehors et les frais de logement et de transport. Ces coûts tendent à augmenter avec la proportion des tâches effectuées manuellement dans le projet pilote. Pour planifier un projet pilote, le service d'exécution devra prévoir, comme on l'a vu, deux types de services de soutien: premièrement, une enquête visant à déterminer l'état de santé et de nutrition de la main-d'oeuvre; deuxièmement, une enquête qui permettra de déterminer les entreprises locales de fabrication d'outillage et de matériel léger de qualité. Ces deux services d'enquête pourront demander le recrutement de personnel qualifié qui aura le statut de consultants auprès du service d'exécution.

Le service d'exécution pourra étudier la ventilation du coût total observée dans des projets pilotes de construction de routes par des méthodes manuelles au Kenya et au Honduras. La comparaison de ces deux projets donne une idée des proportions des différentes catégories de coûts.

Le tableau 3-10 récapitule les résultats obtenus au Kenya. Les routes ont été construites pour un coût direct de 4.400 dollars (en dollars de 1978) par kilomètre, alors que l'estimation initiale était de 4.300 dollars. Les frais généraux ne sont pas indiqués car ils n'ont pas été jugés caractéristiques: en effet, une proportion relativement élevée de personnel expatrié a entraîné une distorsion des frais généraux.

Le tableau 3-11 récapitule les résultats observés au Honduras. Bien que les taux de salaire aient été sensiblement supérieurs à ceux du Kenya, le coût d'un kilomètre de route d'accès s'est étalé de 6.500 (en dollars de 1978) en terrain plat à 8.500 dollars en terrain accidenté et 12.500 en montagne. Ces coûts totaux (coûts directs et frais généraux) excluent les traitements des expatriés.

Le service d'exécution pourra aussi étudier les comparaisons entre des projets équivalents exécutés manuellement et à l'aide de machines. Le tableau 3-6 indique les coûts de construction de routes par des entreprises utilisant des machines et les coûts de construction de routes semblables en régie par des méthodes manuelles. Au moment où la comparaison a été effectuée, le taux de salaire quotidien de la main-d'oeuvre

*Frais  
généraux*

*Coût total*

non qualifiée était de 0,90 dollar et la proportion de frais généraux de 53 % (par rapport au coût direct total) était applicable au programme de routes rurales d'accès. A mesure que les opérations manuelles ont pris de l'ampleur, la proportion des frais généraux a diminué et en 1978 elle était retombée à 35 %. Sur la base de ce chiffre, il a été possible de calculer à l'époque qu'au Kenya, les taux de salaire devaient dépasser 1,30 dollar pour que les méthodes manuelles reviennent plus chères que les méthodes faisant appel à des moyens mécaniques.

Tableau 3-10. Ventilation des coûts directs d'un programme de routes rurales d'accès au Kenya

Catégorie	Pourcentage
Salaires des cadres	8
Salaires des ouvriers	48
Matériel	
Dépenses d'équipement	9
Dépenses de fonctionnement	10
Outils	5
Matériaux de construction	9
Campement (personnel permanent)	8
Indemnisation des terrains de carrières	1
Divers	2
<b>Total</b>	<b>100</b>

Source: Banque Mondiale.

Tableau 3-11. Ventilation des coûts totaux d'un programme de routes d'accès au Honduras

	Construction		Amélioration		
	Terrain montagneux	Terrain accidenté	Terrain montagneux	Terrain accidenté	Terrain plat
Main-d'oeuvre	64,4 %	68,6 %	76,6 %	60,0 %	55,4 %
Matériel/Outils	14,4 %	15,7 %	8,2 %	24,1 %	27,6 %
Matériaux/Emprise	3,8 %	3,03 %	4,3 %	2,0 %	5,3 %
Frais généraux	17,4 %	12,7 %	10,9 %	13,9 %	11,7 %
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
Nombre de chantiers	5	7	1	5	1
Longueur totale	14,55	31,54	4,0	37,35	6,14

Note: Sans le coût du personnel expatrié.

Source: Données du projet pilote de construction de routes rurales au Honduras par des méthodes manuelles.

Les comparaisons des méthodes de construction manuelles et faisant appel à des machines au Honduras confirment les conclusions auxquelles on est parvenu au Kenya. Lorsque les travaux sont réalisés dans des régions à peu près semblables, la solution manuelle revient à environ 90-95 % du coût de la solution recourant à des machines. En outre, la qualité technique du produit réalisé manuellement était supérieure parce que la couche de fondation a été construite en pierres posées à la main. De plus, la solution manuelle comprend le coût des installations de drainage lequel est exclu lorsque les travaux sont effectués par des machines. Dans ce cas, les avantages financiers de l'utilisation de main-d'oeuvre proviennent

en grande partie des désavantages financiers de l'utilisation du matériel: le coût du transport des machines jusqu'à des emplacements isolés et leur coût de fonctionnement pendant de très courtes périodes sont trop élevés.

Les travaux préparatoires présentés dans les pages précédentes étant achevés, le service d'exécution pourra décrire le projet pilote et en évaluer les coûts. L'exemple présenté dans le tableau 3-12 est celui d'un programme de trois ans prévoyant la construction ou l'amélioration de 300 kilomètres de routes et l'entretien de 130 kilomètres de ces routes. Le tableau comporte 4 sections principales: caractéristiques générales du projet, hypothèses de production et de coût, besoins et coûts estimatifs du matériel, résumé de l'estimation des coûts de l'ensemble du projet.

1. La section sur les caractéristiques générales du projet récapitule les caractéristiques de base du projet ainsi que le volume estimatif des travaux et établit une répartition du coût total des travaux entre ses 4 principales composantes: main-d'oeuvre, matériel, matériaux et frais généraux.
2. La section sur les hypothèses de production et de coûts montre la façon dont le service a modifié les données provenant d'autres pays et les a adaptées aux conditions supposées prévaloir sur place. Les objectifs de production et de productivité correspondent par hypothèse à des estimations réalistes, compte dûment tenu du manque d'expérience de la main-d'oeuvre et des cadres locaux dans l'utilisation des méthodes manuelles.
3. La section concernant les besoins et coûts estimatifs du matériel montre que le service s'est efforcé de choisir une technologie "appropriée" en prévoyant l'utilisation de matériel pour l'exécution de tâches (compactage, fouilles dans des roches dures, transport de matériaux) où l'utilisation de la seule main-d'oeuvre n'autorise pas à envisager des résultats satisfaisants.
4. La section relative aux coûts estimatifs tient compte des distinctions entre les coûts directs des travaux (main-d'oeuvre, matériel et matériaux) et les frais généraux (dépenses de planification du personnel local et du personnel expatrié et dépenses d'encadrement). Elle comprend aussi le coût des activités de soutien, telles les enquêtes sur la santé et la nutrition, et sur la mise au point et la fabrication locale d'outils et de matériel léger. Y sont aussi inclus les coûts d'entretien de 130 kilomètres de routes qui seront améliorées dans le cadre du projet pilote.

Etant donné le coût élevé du personnel expatrié, environ 50 % des coûts découlant des travaux sont des coûts en devises. Dans le tableau 3-12, les effectifs de personnel expatrié nécessaires à un projet pilote sont délibérément surévalués. Il se peut que les organismes donateurs subventionnent les prestations de ces experts et, dans ce cas, les estimations de coût doivent être réduites. Toutefois, le service d'exécution doit avoir la preuve que le personnel fourni par l'organisme donneur a les compétences nécessaires pour planifier et exécuter des projets réalisés par des méthodes manuelles et que tout le personnel rejoindra rapidement son poste.

*Description  
schématique et  
estimation de coût  
d'un projet pilote*

Tableau 3-12. Description schématique et estimation des coûts d'un projet pilote de trois ans

A. Caractéristiques générales			
Durée: 3 ans			
Longueur construite: 300 kilomètres			
Longueur des travaux d'entretien: 130 kilomètres			
Largeur de la route: 4 mètres de plate-forme et 2 accotements d'un mètre			
Densité maximum quotidienne de la circulation prévue: 20 véhicules 3 ans après les travaux			
	Terrain plat	Terrain accidenté	Terrain montagneux
Normes techniques			
Pente maximum (%)	4	8	12
Rayon de courbure horizontale	60	40	20
Quantités			
Débroussaillage (ha)	2	3	3
Excavation (déblai remblai) (m <sup>3</sup> /km)	1.000	2.500	4.000
Remblai (sol humide) (m <sup>3</sup> /km)	5.000	-	-
Matériau de revêtement (m <sup>3</sup> /km)	600	600	600
Murs de pierre (m <sup>3</sup> /km)	-	50	200
Drainage, ponceaux, etc. (ouvrages/km)	3	4	4
Technique proposée:			
pourcentage des coûts des travaux <sup>a</sup>			
Main-d'œuvre	60	55	50
Matériel	20	20	25
Matériaux	10	10	10
Frais généraux	10	15	15
B. Production et hypothèses de coût			
Taux de salaire quotidien			
Main-d'œuvre non qualifiée: 1,40 dollar			
Contremaîtres: 2,20 dollars			
	Terrain plat	Terrain accidenté	Terrain montagneux
Objectif de production par mois			
Construction de routes	800/1.000	700	500
Reconstruction de routes	1.000/1.200	900	650
Amélioration de routes	2.000	1.800	1.500
Productivité estimative de la main-d'œuvre occasionnelle			
Excavation/chargement/transport			
5 m maximum			
Déversement (m <sup>3</sup> /jour)	4,0	3,0	2,0
Déchargement/épendage (m <sup>3</sup> /jour)	4,0	3,0	2,0
Extraction graviers (m <sup>3</sup> /jour)	3,0	3,0	2,5
Chargement graviers (m <sup>3</sup> /jour)	5,0	5,0	5,0
Ependage graviers (m <sup>3</sup> /jour)	25,0	25,0	25,0
Objectif total			
Année 1 (Total: 30 km)	9 km	12 km	9 km
Année 2 (Total: 100 km)	30 km	40 km	30 km
Année 3 (Total: 170 km)	50 km	70 km	50 km
Total	89 km	122 km	89 km
Coût estimatif direct par kilomètre			
Main-d'œuvre	2.800	4.200	7.000
Encadrement	300	500	800
Matériel/Outils <sup>b</sup>	900	1.500	3.600
Matériaux	200	400	1.200
Total partiel	4.200	6.000	12.800
Imprévus 10 %	400	700	1.300
Total	4.600	7.300	14.100



Tableau 3-12. (suite)

## C. Besoins et coûts estimatifs du matériel

## Hypothèses de coûts de fonctionnement

Camions: \$ 0,33/km (+ 50 % pour travaux en terrain lourd) à 100 km par jour	
\$ 0,33 x 1,5 x 100 =	\$ 50,00
Conducteur	\$ 2,40
Total partiel	\$ 52,40
Imprévus 10 %	\$ 5,20
Total par jour	\$ 57,60

Marteau pneumatique: 23 dollars par jour, y compris le salaire du conducteur

Rouleau: 16,50 dollars par jour, y compris le salaire du conducteur

Tracteur/remorque: 36 dollars par jour, y compris le salaire du conducteur

Le matériel fonctionne 26 jours par mois.

Coût unitaire	Année 1		Année 2		Année 3		
	Un.ness.	Coût	Un.ness.	Coût	Un.ness.	Coût	
Coûts (Milliers \$)							
Camions berms	17	3	51	3	51	2	34
Marteau pneumatique	3	1	3	2	6	2	6
Rouleau	3	1	3	2	6	2	6
Tracteur agricole	8	1	8	2	16	2	16
Remorque	1,5	3	4,5	6	9	6	9
Camion	14	-	-	1	14	1	14
Total			69,5		102		85

## D. Résumé des coûts estimatifs (Milliers \$)

	Année 1		Année 2		Année 3		Coût total du projet	Dont en devises
	Coût total	Dont en devises	Coût total	Dont en devises	Coût total	Dont en devises		
Coûts directs de construction								
Main-d'œuvre								
(y compris la supervision)	154	-	515	-	874	-	1.543	-
Equipement	128	70	297	102	415	85	840	275
Matériaux	17	-	58	-	98	-	173	-
Total	299	70	870	102	1.387	85	2.556	275
							Coût total du projet	Dont en devises
Frais généraux								
Personnel local								
8 employés professionnels x 36 mois x \$200/mois							58	-
2 secrétaires x 36 mois x \$100/mois							7	-
6 chauffeurs x 36 mois x \$50/mois							11	-
2 secrétaires administratives x 36 mois x \$100/mois							7	-
Total							83	-
Personnel étranger								
222 homme/mois x \$7.000							1.554	1.554
Déplacements et frais divers							145	145
Total							1.699	1.699
Total des coûts de la construction								
Coûts directs							2.556	275
Frais généraux							1.782	1.699
Sous-total							4.338	1.974
Plus de 10 % pour les imprévus							434	197
Total							4.772	2.171

Tableau 3-12. (suite)

Coût total du projet	
<b>Activités de soutien</b>	
Interventions en faveur de la santé et de la nutrition	100
Enquêtes sur outils/matériel léger	50
Enquêtes sur le développement	
Total	150
<b>Entretien des routes terminées</b>	
Année 2: 30 km à \$ 350/km	11
Année 3: 130 km à \$ 350/km	46
Total	57
<b>Total estimatif général pour le projet pilote</b>	
Travaux	4.772
Activités de soutien	150
Entretien	57
Total	5.079
Dont environ 50 % en devises	

- a. On trouvera la classification détaillée des coûts de chaque élément dans l'annexe B, Comptabilité.  
 b. Coût d'achat + coût de fonctionnement du matériel de construction.  
 c. Ciment, explosifs, briques, pierres, etc.

Source: Banque Mondiale.

## RESULTAT DE LA PHASE DE PLANIFICATION

La phase de planification se termine avec la préparation d'un document exposant, d'une part, les caractéristiques générales, les coûts et les avantages attendus d'un programme de construction important faisant appel à des méthodes manuelles, d'autre part, les effectifs et les ressources nécessaires à la réalisation d'un projet pilote. Le document précisera:

- \* L'organisation du chantier et les fonctions du personnel.
- \* Les caractéristiques techniques et le volume estimatif des travaux.
- \* Les techniques de construction recommandées.
- \* Les ressources devant être fournies par l'administration centrale et les ressources que le conducteur de travaux peut employer, recruter, louer ou acheter.
- \* Les conditions d'emploi des cadres, de la main-d'oeuvre et des consultants.
- \* Les directives sur le type, le nombre et la dimension des campements et installations, véhicules et matériel du campement.
- \* Les coûts unitaires des ressources (prix ou tarifs de location) et les frais généraux.
- \* Des détails sur le démarrage des opérations pendant la première année d'exécution du projet pilote.

On trouvera dans l'annexe D (Plan d'action d'un projet pilote exécuté manuellement au Malawi) la présentation et le contenu d'un document établi à l'achèvement de la planification d'un projet pilote.

Adler, H.A. *Economic Appraisal of Transport Project*. Bloomington, Université de l'Indiana, 1971. Bonne introduction à la justification économique des projets de transport.

Carnemark, C.J., Biderman et D. Bovet. "The Economic Analysis of Rural Road Projects". Document de travail de la Banque Mondiale N°241, Washington, D.C., Banque Mondiale, 1976. Etude générale des problèmes posés par les routes de catégorie inférieure.

Harral, C.G. *Preparation and Appraisal of Transport Projects*. Washington, D.C., Département des transports, 1968. Voir aussi, W.D. Weiss, *Manual on Highway Project Appraisal in Developing Countries*. Washington, D.C., Banque Mondiale, 1974. Examen équilibré de la théorie et des applications pratiques.

Little, I.M.D. et Mirrlees, J.A. *Project appraisal and Planning for Developing Countries*. Londres, Heineman, 1974. Voir aussi, *Guidelines for Project Evaluation*. New York, Nations Unies, 1972. Conseils utiles sur l'évaluation des projets.

*Rural Access Roads Programme: Loan Application Submitted to the World Bank and the Swedish International Development Authority*. Nairobi, Ministère des travaux publics, 1974. Illustration de la façon dont un pays a traité les problèmes posés lors de la conception d'un programme réalisé par des méthodes manuelles et d'un projet pilote.

Scott, M.F.G. *Estimates of Shadow Wages in Kenya*. Oxford, Nuffield College, 1974. Examen détaillé de l'application des prix de référence.

Tendler, J. *Rural Infrastructure Projects: Roads*. Washington, D.C. U.S. Agency for International Development, 1978. Traitement pragmatique des problèmes fondamentaux de la planification des améliorations de l'infrastructure bon marché.





## CHAPITRE IV

### LE PROGRAMME A GRANDE ECHELLE: ORIENTATION DES ACTIVITES

Supposons que le projet pilote démontre que les méthodes manuelles peuvent rentablement se substituer aux machines et que les pouvoirs publics décident d'entreprendre un programme de construction à grande échelle par des méthodes manuelles: comment pourra être appliquée cette décision, c'est ce qui fera l'objet du présent chapitre.

La planification détaillée du programme suivra les principes institués pendant l'exécution du projet pilote: le service d'exécution déterminera les ouvrages qui devront être construits et entretenus et leur emplacement (travaux physiques), définira les actions de formation et les mesures visant à développer les entreprises locales de travaux publics (création d'institutions) et les moyens d'accroître la production par l'utilisation d'outils de bonne qualité, par des interventions en faveur de la santé et de la nutrition et par l'amélioration des règles de passation des marchés (activités de soutien). Plusieurs caractéristiques distinguent toutefois le programme complet du projet pilote. Le projet pilote aura peut-être été réalisé par des ouvriers recrutés directement et encadrés par le service d'exécution, mais il peut être avantageux d'exécuter le programme complet par voie de passation de marchés (les travaux seront exécutés par de petites entreprises capables d'utiliser efficacement les méthodes manuelles). De plus grande envergure, le programme devra aussi être administré par une structure plus complexe que celle du projet pilote.

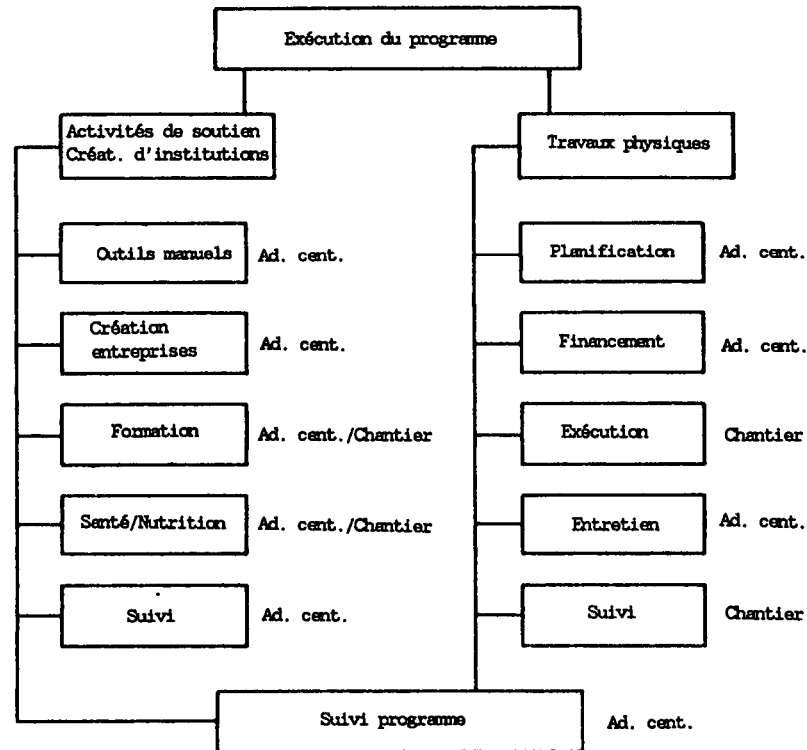
Les opérations réalisées par des méthodes manuelles exigent deux niveaux hiérarchiques physiquement séparés mais dont les fonctions sont liées. Le personnel de l'administration centrale sera chargé de la politique à suivre, de la planification, du financement et du suivi. Le personnel des chantiers sera chargé de l'exécution des travaux. La figure 4-1 montre le partage des responsabilités entre l'administration centrale et le personnel des chantiers.

### APRES UN PROJET PILOTE REUSSI

Les mesures techniques et administratives et les mesures de soutien qui créeront un environnement propice aux méthodes manuelles ne pourront être définies en général en moins de trois ans, ce qui est la durée approximative d'un projet pilote en moyenne. De la rapidité avec laquelle est prise chaque mesure dépend ensuite la rapidité du passage d'un projet pilote au programme complet. Ce passage au niveau supérieur exige un personnel plus fourni, ainsi que l'illustre le tableau 4-1.

Les difficultés qui surgissent lorsqu'il s'agit de gagner la confiance dans les méthodes manuelles et le soutien du ministère technique ont été évoquées dans les précédentes sections, de même que les réserves que peuvent émettre les techniciens et administrateurs invités à se joindre au service d'exécution. Au fond, ces réserves expriment les craintes que ressent le personnel du ministère d'être associé à une opération qui ne serait pas viable. Si les pouvoirs publics veulent montrer qu'ils ont foi dans les méthodes manuelles, ils peuvent alors transformer le service d'exécution en un département qui sera chargé des opérations réalisées par des méthodes manuelles. La figure 4-2 présente la composition d'un département ministériel chargé de la construction et de l'entretien de routes d'accès par des méthodes manuelles. Cette structure peut attirer de jeunes cadres ambitieux par les possibilités d'avancement, de promotion et de responsabilités accrues qu'elle offre.

Figure 4-1. Responsabilités du personnel de l'administration centrale et des chantiers



Source: Banque Mondiale.

Plus encore que le service d'exécution, le nouveau département devra chercher à décentraliser les activités, et cela pour trois raisons:

- \* Plus les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre prennent de l'ampleur, plus l'administration centrale aura de difficultés à résoudre les problèmes se posant sur les chantiers.
- \* Seul le personnel des chantiers peut résoudre des problèmes comme la participation de la population locale à l'entretien et aux travaux de construction.
- \* Une collaboration véritable avec les organismes publics et privés participant au développement rural ne peut être établie par le personnel de l'administration centrale qui n'est pas suffisamment familiarisé avec la situation locale.

Tableau 4-1. Elargissement de l'organisation chargée des opérations réalisées par des méthodes manuelles

Année	Type de Projet	Effectifs	Organis. Respons.	Personnel du siège		Personnel des chantiers	
				Economistes, techniciens, administrateurs	Person. adminis.	Conducteurs de travaux, cadres	Contre- maîtres
1	Pilote	200-300	Serv. exéc.	1	3	1	4-8
2	Pilote	500	Serv. exéc.	2	5	1	6-10
3	Pilote	1.000	Serv. exéc.	2	7	3	8-12
4	Complet	2.000	Département méth. man.	2	10	5	15-20
5	Complet	5.000	Département méth. man.	3	15-18	8	35-40
6	Complet	7.000	Département méth. man.	4	22-25	12	50-60
7	Complet	10.000	Département méth. man.	4	30-35	15	80-90

*Note:* Les différences d'effectifs et de cadres s'expliquent par la plus ou moins grande concentration ou dispersion des chantiers.

- a. Y compris employés de bureau, dactylographes, agents comptables, etc.

Source: Banque Mondiale.

Plutôt que d'intervenir pour tenter de résoudre les problèmes se posant sur chaque chantier, l'administration centrale doit concentrer son attention sur les questions intéressant l'ensemble du programme et qui influent sur l'efficacité dans les chantiers. Elle devra donc faciliter les apports de ressources aux chantiers, fixer les normes techniques d'exécution des travaux, assurer le suivi et organiser la formation et la carrière du personnel pour l'ensemble du programme. L'administration centrale devra se concentrer sur les tâches essentielles:

- \* *Administration:* fourniture et utilisation des locaux et du matériel de bureau, mobilier et fournitures, personnel de secrétariat; gestion du parc de véhicules du département, demande de fournitures, paiement, tenue des dossiers et personnel.
- \* *Economie et finances:* préparation et justification du budget de fonctionnement du département en ce qui concerne les travaux physiques, la création d'institutions et les services de soutien.

- \* *Planification des travaux:* évaluation de la couverture géographique, de la production annuelle, limites possibles dans lesquelles est fixée la combinaison de main-d'oeuvre et de matériel, et méthodes de paiement à utiliser.
- \* *Supervision et suivie des travaux:* détermination de la liberté d'action des conducteurs de travaux, directives à leur communiquer et méthodes de communication des rapports entre le chantier et le siège.
- \* *Formation du personnel:* sélection des stagiaires, préparation des programmes et mise au point du matériel d'enseignement, organisation des cours de formation, résolution des problèmes de personnel comme le logement des stagiaires, la création de postes permanents de fonctionnaires et les missions de formation.
- \* *Services de soutien:* fourniture de services de santé et de nutrition, fourniture d'outillage et création d'entreprises locales.

La figure 4-2 reproduit l'organigramme d'un département des travaux publics faisant appel à la main-d'oeuvre et placé sous la responsabilité d'un ministère technique déterminé. Toutefois, les méthodes de construction et d'entretien faisant appel à la main-d'oeuvre peuvent s'appliquer à des activités beaucoup plus vastes que celles qui relèvent d'un seul ministère. Même si le projet pilote a comporté l'exécution de routes, l'irrigation est un second secteur où peuvent être appliquées les méthodes manuelles dans le cadre d'un programme de construction de canaux de distribution secondaires ou tertiaires.

Si le service responsable de l'irrigation (ministère de l'agriculture ou organisme para-étatique) examine les résultats du projet pilote et accepte les méthodes manuelles comme représentant une solution raisonnable, le département des travaux faisant appel à la main-d'oeuvre devra offrir au nouveau "client" des services de soutien en matière de planification et d'administration. Que le département reste placé sous la tutelle du ministère initial ou qu'un nouvel organisme assure la tutelle afin d'éviter les frictions entre les ministères, ce problème devra être résolu selon chaque cas. Mais on ne saurait trop souligner que deux départements parallèles et séparés faisant appel à des méthodes manuelles, l'un pour les routes rurales et l'autre pour les travaux d'irrigation, entraîneront un chevauchement et un gaspillage inutiles des efforts.

A long terme, le développement des méthodes manuelles ne pourra être fructueux sans un changement des comportements et sans l'expérience des techniciens du secteur privé comme du secteur public des pays où la main-d'oeuvre est abondante et le capital rare. Les cadres techniques ayant reçu une formation sur les méthodes manuelles dans les établissements d'enseignement supérieur seront sans doute peu nombreux; les cadres administratifs et les ingénieurs eux-mêmes ayant reçu cette formation pourront en tout état de cause être influencés sur le plan opérationnel par des considérations personnelles favorisant les méthodes faisant appel à des moyens mécaniques.

Les cadres généralement enclins à utiliser des machines sont souvent motivés par la conviction que ces méthodes éliminent les problèmes de main-d'oeuvre. Si la main-d'oeuvre est sans nul doute une source de problèmes, aucun n'est insurmontable. Inversement, il ne s'agit pas d'ignorer les difficultés que comporte l'utilisation de machines dans de nombreux pays en développement: la pénurie de pièces détachées, le



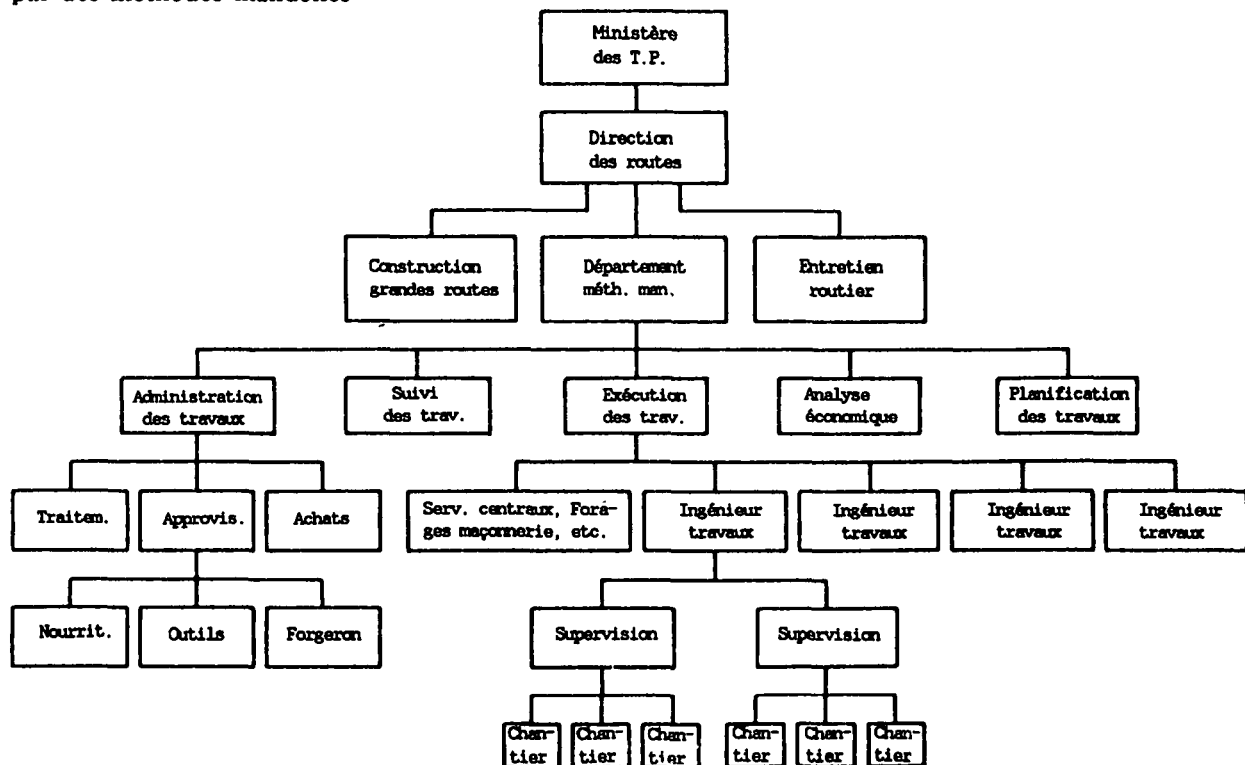
manque d'installations et de personnel d'entretien, les lourdes dépenses de combustibles et de lubrifiants. Le coût des pannes et de la sous-utilisation du matériel est rarement pris en compte à sa juste valeur dans l'évaluation du coût des méthodes faisant appel à des machines.

Pour modifier le comportement des cadres administratifs et techniques afin de les amener à envisager d'autres méthodes de construction, il faut en partie créer un environnement professionnel propice et en partie modifier le contenu et les méthodes de formation. Actuellement, le système de rémunération est tel que rares sont les spécialistes, dans les pays industrialisés comme dans les pays en développement, qui opteront pour des techniques qu'ils ne jugent pas modernes. La formation excessivement spécialisée dispensée dans les établissements d'enseignement ne contribue pas non plus à préparer les ingénieurs des pays en développement à envisager d'autres solutions à un problème de construction donné. A long terme, il est indispensable de diversifier les programmes et d'y inclure les techniques manuelles.

Le passage d'un projet pilote à un programme à grande échelle soulève des problèmes techniques et des problèmes de gestion et rend d'autant plus nécessaires les activités de soutien, notamment celles qui visent à favoriser les entreprises locales.

Un programme à grande échelle comporte les aspects techniques suivants: l'établissement de normes de production et de coûts, la planification du programme et le choix de l'emplacement.

Figure 4-2. Organisation d'un département des travaux réalisés par des méthodes manuelles



Source: Gouvernement du Kenya

LE PROGRAMME A GRANDE ECHELLE: ORIENTATION DES ACTIVITES

Aspects techniques

**NORMES DE PRODUCTION ET DE COUTS.** La planification d'un programme à grande échelle se fonde sur les données provenant du projet pilote. Ce dernier est le laboratoire approprié d'expérimentations visant à accroître la productivité. La mise à l'essai de différentes combinaisons des facteurs de production, des diverses méthodes de construction, des diverses séquences possibles des activités, de l'amélioration de l'outillage et du matériel et de l'amélioration des conditions de gestion et de travail doit être menée à bien avant la fin du projet pilote. Ces expérimentations ont toutes pour but de vérifier la faisabilité et de fixer les normes qui pourront ensuite être appliquées couramment pendant l'exécution du programme à grande échelle.

Sur la base des rapports que lui aura communiqués le chantier pendant l'exécution du projet pilote, l'administration centrale devra élaborer et publier des normes de productivité, les besoins de main-d'oeuvre et les fourchettes de coûts pour différentes normes techniques et différentes technologies. De même, c'est en fonction des rapports communiqués par le chantier que l'administration centrale évaluera les effets de la productivité observé sur le volume annuel des travaux qui peuvent être raisonnablement entrepris dans le cadre du programme à grande échelle. En collaboration avec les conducteurs de travaux, l'administration centrale devra évaluer les effets des paramètres généraux et spécifiques sur la productivité et sur les coûts et devra planifier en conséquence les opérations suivantes.

**PLANIFICATION DU PROGRAMME.** La planification d'un programme à grande échelle réalisé par des méthodes manuelles pose cinq grands problèmes.

Le premier est celui des ressources disponibles. Il s'agit non seulement de fournir à un chantier déterminé la main-d'oeuvre, les animaux, l'outillage, le matériel et les matériaux de construction en quantités suffisantes, mais aussi de prévoir le calendrier d'utilisation de ces ressources et le chantier où elles seront nécessaires, les besoins éventuels de formation et d'amélioration des compétences, et de rechercher sur place des gestionnaires capables de mettre sur pied l'organisation des ressources.

Le deuxième problème est celui du choix entre plusieurs solutions faisant appel à la main-d'oeuvre: c'est-à-dire entre les diverses proportions possibles de main-d'oeuvre et de matériel. La formule qui sera finalement retenue dépend de la conception et de la qualité du projet et du temps dont on dispose pour exécuter les travaux. Les résultats et les coûts des diverses solutions sont aussi importants du point de vue financier comme du point de vue économique. Chaque solution devra être examinée afin de déterminer les avantages supplémentaires (c'est-à-dire outre ceux qu'apportera l'installation une fois achevée) que pourront procurer celles qui font appel à une plus forte proportion de main-d'oeuvre: augmentation des emplois, amélioration de la distribution des revenus, dépendance réduite à l'égard des ressources extérieures dont l'offre peut être instable et réduction des dépenses en devises.

Le troisième problème est celui de la compatibilité du projet avec les autres actions engagées en vue du développement socio-économique d'une région déterminée. On peut considérer qu'il s'agit d'investissements parallèles. La croissance des régions rurales est la résultante d'un ensemble équilibré d'activités: accès amélioré, irrigation, octroi de crédit,

construction d'installations de stockage et de commercialisation et fourniture de services de vulgarisation agricole notamment. Les investissements destinés simultanément à une ou plusieurs de ces activités tendent à se renforcer mutuellement. Dans la mesure où les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre sont compatibles avec des investissements parallèles appropriés et ne réduisent pas l'offre totale de main-d'oeuvre, ces opérations doivent être encouragées.

Le quatrième problème est celui de la dimension du projet et de sa logistique. Lorsque les méthodes manuelles auront été utilisées normalement pendant plusieurs années, les planificateurs et les gestionnaires compétents auront été formés et ils pourront être chargés de lancer des projets complexes de grande envergure. Toutefois, les quelque douze premiers chantiers ne devront pas être trop ambitieux. Ils devront de préférence comporter de petits ouvrages pouvant être effectués par moins de 500 ouvriers sur chaque chantier afin de réduire au minimum les problèmes de gestion et de logistique. Dans un programme réalisé par des méthodes manuelles, les chantiers doivent être géographiquement dispersés afin qu'aucune pénurie de main-d'oeuvre n'apparaisse dans l'un d'entre eux. Le programme doit être composé de projets dont la conception et les normes de construction sont simples et comportant essentiellement des travaux de terrassement.

Le cinquième et dernier problème tient aux questions financières, administratives et opérationnelles qui se posent lors de la réalisation d'un programme par des méthodes manuelles. Les principales difficultés viendront de ce qu'il faudra convaincre les responsables de la politique, les administrateurs et les ingénieurs que les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre ont un rôle à jouer dans la construction et l'entretien des installations d'infrastructure rurale; il faudra donc mettre au point et appliquer des mécanismes et des stimulants financiers facilitant l'adoption de ces méthodes, il faudra encourager les petites entreprises locales à les appliquer et les artisans locaux à entreprendre la fabrication d'un outillage manuel et d'un matériel léger de bonne qualité, enfin, il faudra mettre au point et appliquer des systèmes de suivi et d'analyse des données.

Chacun de ces cinq problèmes est analysé en détail dans les pages qui suivent. Bien que les méthodes manuelles puissent être utilisées dans des travaux d'entretien comme dans des travaux de construction, ces derniers retiendront l'attention. En effet, les techniques d'entretien sont voisines des techniques de construction utilisées et nécessitent des procédés et un outillage semblables.

**SELECTION DU CHANTIER.** La sélection du chantier ou des chantiers où sera exécuté le projet pilote ne soulève pas de difficultés particulières. Il suffit en général que l'emplacement retenu soit caractéristique de la configuration du relief du pays et que l'on puisse disposer dans cette région d'une offre suffisante de main-d'oeuvre. Dans le cas d'un programme à grande échelle le choix des chantiers est plus complexe. Dresser la liste de tous les emplacements où les méthodes manuelles peuvent être utilisées est une entreprise trop importante même pour un programme qui prend le relais d'un projet pilote. C'est pourquoi le choix entre plusieurs emplacements se fera en fonction de critères permettant de déterminer par exemple les emplacements où des améliorations sont le plus nécessaires et où les méthodes manuelles apporteront les plus grands avantages.

On trouvera ci-après une liste des critères qui peuvent être appliqués pour classer les emplacements où pourra être réalisé un programme de routes rurales par des méthodes manuelles:

- \* *Etat actuel de la route.* Les communautés dépourvues d'accès auront la propriété absolue. Plus l'accès sera aisé, plus la priorité sera faible.
- \* *Accès ouvert toute l'année.* Les communautés dépourvues d'accès pendant certaines périodes de l'année auront la priorité absolue.
- \* *Zone d'influence de la route.* Plus la zone d'influence sera étendue, plus la priorité sera élevée. Il est important mais parfois difficile de déterminer avec exactitude la zone desservie: les limites sont en général les lignes de crêtes, les grands fleuves ou la proximité d'autres routes. S'il est impossible de fixer ces limites, l'ingénieur chargé de la planification devra s'en tenir à une zone d'influence correspondant à une distance de deux heures de marche de la route proposée.
- \* *Nombre d'habitants desservis.* Plus les habitants sont nombreux, plus la priorité est élevée.
- \* *Coût actuel de transport par kilomètre.* En règle générale, le coût des transports routiers dépend de l'état des routes. Plus les coûts actuels sont élevés, plus l'amélioration de la route permettra de les réduire.
- \* *Superficie des terres cultivées dans la zone d'influence de la route.* Un programme de routes d'accès rurales doit bénéficier au plus grand nombre possible d'agriculteurs. Les routes desservant les grandes exploitations auront un faible rang de priorité.
- \* *Superficie des terres cultivables dans la zone d'influence de la route.* Si l'accès est amélioré, les habitants pourront cultiver des superficies plus étendues.
- \* *Situation de l'emploi dans la région.* Les techniques manuelles ne peuvent être envisagées dans une région où les habitants ont déjà un emploi à temps plein. Il faudra déterminer les périodes de chômage saisonnier afin de programmer les travaux pendant l'année.
- \* *Orientation des produits locaux vers le marché.* Plus le volume de produits commercialisables est important, plus l'amélioration de la route sera prioritaire.
- \* *Accroissement potentiel de la production commercialisable.* L'accroissement de la production dépend de l'état des routes, l'accès plus facile au marché encourageant les habitants à produire davantage pour vendre.
- \* *Services économiques et sociaux disponibles.* La plupart des services économiques et sociaux (aide à l'agriculture et services médicaux) ne sont pas assurés dans les zones non desservies. Les nouvelles routes devront donc permettre aux communautés isolées d'y avoir accès.

Un certain nombre de ces critères doivent aussi entrer en ligne de compte lorsqu'il s'agit de déterminer les emplacements des projets d'irrigation, et ils seront complétés par les critères ci-après:

- \* *Accroissement potentiel de la superficie cultivée.* Cet accroissement peut résulter de l'aménagement d'un nouveau périmètre d'irrigation ou de l'amélioration d'un périmètre existant. Dans de nombreuses régions, l'irrigation permettra de transformer des pâturages naturels en terres agricoles.

- \* *Accroissement potentiel de la production agricole.* Un nouveau périmètre d'irrigation permettra sensiblement de relever le rendement des cultures actuellement pratiquées.
- \* *Qualité de la production agricole.* L'utilisation de la quantité d'eau voulue au moment approprié peut accroître la qualité et la valeur marchande des récoltes.
- \* *Proximité d'un marché.*
- \* *Nombre de bénéficiaires.* Un périmètre d'irrigation ne doit pas être construit pour quelques gros propriétaires mais pour le plus grand nombre possible de petits cultivateurs.
- \* *Ressources en eau.* Les ressources en eau varient en général au cours de l'année. L'irrigation peut être utilisée pour compenser les effets des périodes de sécheresse et assurer des conditions propices pour les semis et la récolte. Il faudra toutefois s'assurer que tout nouveau périmètre pourra fournir l'eau nécessaire sans que les autres périmètres existants en pâtissent.

Un certain nombre de points peut être attribué à chaque critère, par exemple de un à cinq. Pour évaluer la participation attendue de la population, on peut utiliser par exemple le système de points suivant:

- \* *Cinq points:* Les habitants accepteront de travailler pour le salaire minimum et libéreront sans charge les terrains de l'emprise.
- \* *Quatre points:* Les habitants travailleront pour un salaire supérieur au salaire minimum, mais libéreront sans charge les terrains de l'emprise.
- \* *Trois points:* Les habitants travailleront pour un salaire supérieur au salaire minimum et demanderont aux pouvoirs publics de payer les terrains de l'emprise.
- \* *Deux points:* Les habitants compteront que les terrassements soient effectués à l'aide de machines et se chargeront seulement de creuser les fossés et de débroussailler des talus.
- \* *Un point:* Les habitants ne veulent pas travailler à la construction de la route et veulent que des machines soient utilisées.

Les pouvoirs publics pourront s'être assignés des objectifs de développement qui privilégient certains critères par rapport à d'autres. La création d'emplois et l'accroissement de la production agricole peuvent par exemple l'emporter sur les considérations de coût dans un projet déterminé. Dans ce cas, l'importance du critère correspondant devra être accrue et il y aura lieu de lui attribuer un plus grand nombre de points ou un poids plus important. Le choix d'un système de pondération est une décision politique qui traduit les conditions socio-économiques et la politique des pouvoirs publics, et le service d'exécution devra veiller à ce que les pondérations qu'il choisit soient conformes aux priorités du pays en matière de développement.

Une fois que tous les critères ont reçu une pondération ou un certain nombre de points, ces points seront additionnés afin de déterminer la priorité relative de chaque chantier possible. Cette liste des priorités est la première étape de l'élaboration d'un programme annuel de travaux et elle doit être constamment mise à jour à mesure que de nouveaux emplacements sont identifiés. Un certain volume de données devra être rassemblé avant que les points puissent être attribués. Il sera préférable

de collecter ces données sur place et on trouvera dans l'annexe E (Sélection du chantier: Enquête sur terrain) un exemple d'enquête pouvant être utilisé.

Théoriquement, cette enquête devrait être effectuée par un ingénieur et un travailleur social qui se seront acquis la confiance de la population rurale. Si plusieurs équipes d'enquêteurs sont utilisées, ces enquêteurs devront avoir reçu une formation qui leur permettra de formuler des jugements objectifs et toute influence personnelle qu'une équipe peut avoir sur le classement d'un projet doit être éliminée. L'un des moyens d'y parvenir est de comparer le résultat global d'une équipe à ceux de plusieurs autres. Une deuxième solution est de demander à toutes les équipes de classer un petit nombre d'emplacements et d'utiliser les résultats pour situer le classement des autres emplacements étudiés par cette équipe.

A la fin du projet pilote, l'administration centrale devra avoir une solide expérience de ces enquêtes. La connaissance des besoins et des priorités par la population locale devra être utilisée au maximum de même que des techniques normalisées qui permettent de recueillir les avis de la population locale pour identifier de nouveaux emplacements. Les emplacements qui auront été identifiés localement avec l'appui de la population locale devront être examinés attentivement afin de déterminer s'ils se prêtent à des méthodes manuelles, s'ils peuvent être combinés à d'autres améliorations "parallèles" de la région et d'en connaître le coût par rapport à celui d'autres emplacements dans d'autres régions du pays.

Pour préparer un plan de travail annuel, le département chargé des méthodes manuelles devra étudier si le chômage et les travaux d'infrastructure nécessaires sont répartis uniformément dans tout le pays ou si certaines régions bénéficieront plus que d'autres des opérations réalisées manuellement. Le département devra ensuite répartir les chantiers sur tout le territoire national ou les concentrer dans une ou plusieurs régions. Il peut sembler intéressant politiquement de lancer des opérations faisant appel à la main-d'oeuvre dans des régions qui n'en tireront pas véritablement profit (principalement parce que la main-d'oeuvre est employée dans d'autres activités), mais il s'agirait en réalité d'une politique à courte vue: la pénurie de main-d'oeuvre ne permettra pas d'atteindre les objectifs de production fixés, ce qui pourra compromettre la crédibilité des méthodes manuelles.

*Problèmes  
de gestion*

Le département des travaux faisant appel à des méthodes manuelles devra résoudre quatre problèmes de gestion avant d'entreprendre un programme de travaux à grande échelle: sélection du personnel, formation du personnel, recherche des possibilités de verser des primes à la main-d'oeuvre non qualifiée et financement.

**SELECTION DU PERSONNEL.** Les cadres doivent être sélectionnés avec un soin particulier. Le choix doit se fonder sur le mérite et les qualités personnelles plutôt que sur les préférences individuelles de ceux qui demandent un transfert d'autres départements. Les entretiens personnels, les références et d'autres moyens d'appréciation permettront d'identifier les candidats les plus prometteurs. L'annexe H (Descriptions d'emplois) donne des indications sur la formation souhaitable des candidats à divers postes.

On étudiera ci-après le passage progressif des travaux effectués en régie aux travaux effectués par contrat. Pendant les deux premières années au moins du programme à grande échelle, l'essentiel des travaux devra toutefois continuer à être confié à des travailleurs recrutés et encadrés directement par le département. Il restera donc indispensable que les cadres des chantiers soient compétents et les contremaîtres et cadres supervisant les opérations réalisées manuellement par le département devront recevoir une formation spéciale. Il est la plupart du temps impossible de recruter sur le marché des candidats ayant cette compétence ainsi que de les transférer d'autres départements à celui qui est chargé des opérations manuelles. Par conséquent, il faudra prévoir des stages de formation auxquels participeront un nombre suffisant de cadres qui seront appelés à travailler sur les chantiers.

Un cadre de supervision est un dirigeant de chantier placé directement sous les ordres du conducteur de travaux et possédant une formation technique de base et une expérience des travaux publics ainsi qu'une aptitude évidente à la gestion de la main-d'oeuvre. Même après l'achèvement du projet pilote, les agents ayant ces qualifications seront encore relativement peu nombreux. Le département pourra compléter ces effectifs en choisissant les contremaîtres qui ont fait preuve d'intelligence et de diligence pendant le projet pilote. Une formation spécialisée pourra leur être dispensée pour les familiariser avec les caractéristiques particulières de la gestion et de la logistique des opérations manuelles. Ils pourront se voir confier la supervision de quatre chantiers au moins, peu éloignés les uns des autres, sous la direction d'un conducteur de travaux.

Un cadre de supervision doit être capable de motiver et de diriger les ouvriers, de planifier les travaux et de mesurer la production. Le département pourra nommer des nouveaux cadres de supervision parmi les chefs d'équipe compétents ou il pourra les recruter parmi les cadres en excédent d'organismes comme les départements de l'entretien routier. Quelle que soit leur expérience antérieure, les cadres de supervision devront être familiarisés avec les règles utilisées dans les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre.

Le département voudra peut-être choisir comme candidats à des postes de cadres de supervision des chefs d'équipe qui ont une connaissance directe de ce que représente le travail physique. Les perspectives de promotion au rang de cadre de supervision inciteront les chefs d'équipe à s'acquitter au mieux de leur tâche, leur poste ne conférant pas dans la plupart des administrations publiques le statut et les privilèges du personnel permanent.

Dans la plupart des ministères des travaux publics, les services chargés de l'entretien disposent souvent d'agents du niveau de contremaître qui sont souvent sous-employés et que pourrait recruter le département chargé des opérations manuelles. En règle générale, ces cadres ont reçu une formation et une éducation meilleures que celles des chefs d'équipe. Il faut toutefois avoir plusieurs considérations présentes à l'esprit pour recruter ces cadres. Premièrement, les agents des travaux publics ayant toujours utilisé des moyens mécaniques risquent de se sentir dévalués lorsqu'ils sont appelés à encadrer de la main-d'oeuvre non qualifiée. Deuxièmement, employés permanents du ministère, la sécurité de l'emploi est assurée et ils pourront de ce fait être moins motivés que les chefs

d'équipe qui sortent du rang. Troisièmement, aucune direction disposant d'un excédent de personnel ne laisse partir ses meilleurs agents.

Le nouveau département devra recruter du personnel supplémentaire comme les conducteurs d'engins (principalement les rouleaux), les chauffeurs (principalement pour les camions et les tracteurs agricoles), les mécaniciens (pour les travaux d'entretien courants et les petites réparations des véhicules et du matériel). Ce personnel fait défaut dans la plupart des pays en développement et le département des opérations manuelles devra prévoir la formation du personnel inexpérimenté qu'il recrutera.

**FORMATION DU PERSONNEL.** Les cadres devront recevoir une formation sur la façon de choisir les méthodes de travail les plus appropriées, sur l'évaluation des divers systèmes de versement de primes pour stimuler la productivité de la main-d'oeuvre, sur la préparation des devis et sur l'analyse suivie des facteurs de production, des coûts et des résultats. Chaque pays devra préparer des manuels appropriés à sa propre situation.

Les candidats présentant des aptitudes à la formation de contremaître devront avoir un entretien avec des représentants du département. Les contremaîtres venant d'autres départements devront passer un certain temps sur le terrain dans des chantiers où les travaux sont effectués par des méthodes manuelles, avant d'assister aux cours théoriques. Après avoir observé leur comportement sur le terrain, le département sera en mesure d'apprécier leur aptitude à la réalisation de travaux par des méthodes manuelles et à l'accomplissement des fonctions proposées.

Le programme de formation des contremaîtres peut s'inspirer des chapitres V à VII du présent ouvrage. L'enseignement théorique pourrait comporter les sujets suivants:

- \* Gestion des services de travaux réalisés par des méthodes manuelles, y compris la programmation des travaux et la gestion et l'administration de la main-d'oeuvre.
- \* Construction d'ouvrages par des méthodes manuelles.
- \* Ouvrages de drainage.
- \* Jalonnement et gestion des travaux.
- \* Préparation des rapports.
- \* Mécanique des sols.
- \* Notions de technologie du béton.
- \* Gestion des approvisionnements.

La formation pratique sur le terrain est un élément indispensable de ces cours. La formation théorique et la formation pratique sur le terrain pourraient se répartir comme ci-après pendant un cours de treize semaines: travaux théoriques à l'administration centrale, trois semaines; formation sur le terrain, neuf semaines; révision et tests à l'administration centrale, une semaine.

Une fois que les règles seront fixées et que le programme de formation des cadres de supervision progressera de façon satisfaisante, le département devra envisager de mettre au point des cours de formation à des tâches plus spécialisées, par exemple:

- \* Arpentage et sélection des tracés des routes.



- \* Opérations de gravillonnage.
- \* Gestion des carrières.
- \* Construction d'ouvrages de drainage.

Un programme de formation complet doit se dérouler dans le cadre d'une opération de construction en cours et, de préférence, débiter environ un an avant l'achèvement du projet pilote.

**METHODES DE REMUNERATION.** Les méthodes de rémunération des ouvriers non qualifiés sont au nombre de trois:

- \* Rémunération quotidienne, les ouvriers recevant un salaire fixe en échange d'un nombre d'heures de travail fixe.
- \* Rémunération à la tâche, les ouvriers recevant un salaire quotidien fixe en échange d'une quantité fixe de travail.
- \* Rémunération à la pièce, les ouvriers recevant une somme convenue par unité produite, le volume de travail quotidien étant laissé à la discrétion des ouvriers.

Les rémunérations à la tâche et à la pièce font partie des systèmes de primes dont l'application est complexe. Pour être efficaces, ces systèmes exigent le rassemblement sur place de données relatives à la production, ils doivent être souples afin d'adapter les taux de salaires aux conditions locales et apparaître équitables aux yeux des travailleurs. C'est essentiellement au conducteur de travaux qu'incombe la responsabilité de mettre au point les systèmes de versement des primes dont on trouvera une étude technique dans l'annexe F (Données sur la productivité et effets des paramètres).

Lorsqu'un projet pilote commence, les ouvriers doivent être rémunérés sur une base quotidienne jusqu'à ce que l'on ait rassemblé suffisamment d'informations pour pouvoir calculer des taux de primes réalistes. Les principaux avantages de la rémunération quotidienne résident dans sa simplicité administrative et dans la possibilité de l'appliquer à tous les types de travaux de construction. Son principal inconvénient est de ne pas encourager une production élevée.

Du système de rémunération quotidienne on peut passer à la rémunération à la tâche sans modification du niveau des salaires. La rémunération à la tâche comporte une prime pour les ouvriers qui ont la faculté de retourner chez eux après avoir terminé leur tâche quotidienne. Toutefois, il faut auparavant déterminer équitablement ce qui constitue - par rapport au salaire - une journée de travail normale. Pour calculer le volume de la tâche quotidienne, il faut tenir compte des différences des paramètres principaux comme la dureté du sol et la distance de transport des matériaux. Par comparaison avec la rémunération quotidienne, la rémunération à la tâche doit permettre d'accroître la production, de réduire les coûts unitaires et de rendre plus prévisibles la production et les coûts futurs. Par contre, elle risque de ne pas être une solution satisfaisante sur des chantiers où les ouvriers et les machines sont utilisés simultanément: les ouvriers chercheront à terminer tôt et le matériel sera sous-utilisé.

La rémunération à la pièce est une formule appréciée des ouvriers qui cherchent à maximiser leur gain en travaillant plus, plus longtemps ou les deux à la fois. Par comparaison à la rémunération à la tâche, la rémuné-

ration à la pièce exige des mesures plus précises et plus fréquentes encore de la production, sur la base de laquelle sont fixés les taux de rémunération. La rémunération à la pièce permet en général de maximiser la production mais elle entraîne aussi des coûts d'encadrement plus élevés. Le département chargé des opérations manuelles pourra donc peut-être trouver un système de rémunération à la pièce plus adapté aux projets exécutés par des travailleurs sous contrat, dans lequel l'entreprise prend à sa charge les frais généraux, que lorsqu'il s'agit de projets construits par des travailleurs placés directement sous la responsabilité du département. De surcroît, si l'on peut prévoir de façon précise les coûts unitaires directs des travaux effectués à la pièce, il est beaucoup moins aisé de prévoir le rythme d'avancement de l'ensemble du chantier. Le calcul des tarifs de rémunération à la pièce et à la tâche est présenté dans le chapitre VII.

L'efficacité d'un système de primes dépend du type de travaux, des ressources disponibles et de l'attitude des travailleurs. Certaines sociétés préfèrent des primes qui sont accordées à l'ensemble du groupe, d'autres préfèrent des primes individuelles. Bien qu'un élément matériel important assure habituellement le succès d'un système de primes, cet élément peut prendre des formes très variables. Lorsque le produit fini bénéficie directement aux travailleurs et à leurs familles (par exemple, une route reliant un village isolé au réseau routier national), le produit fini lui-même devient un puissant stimulant.

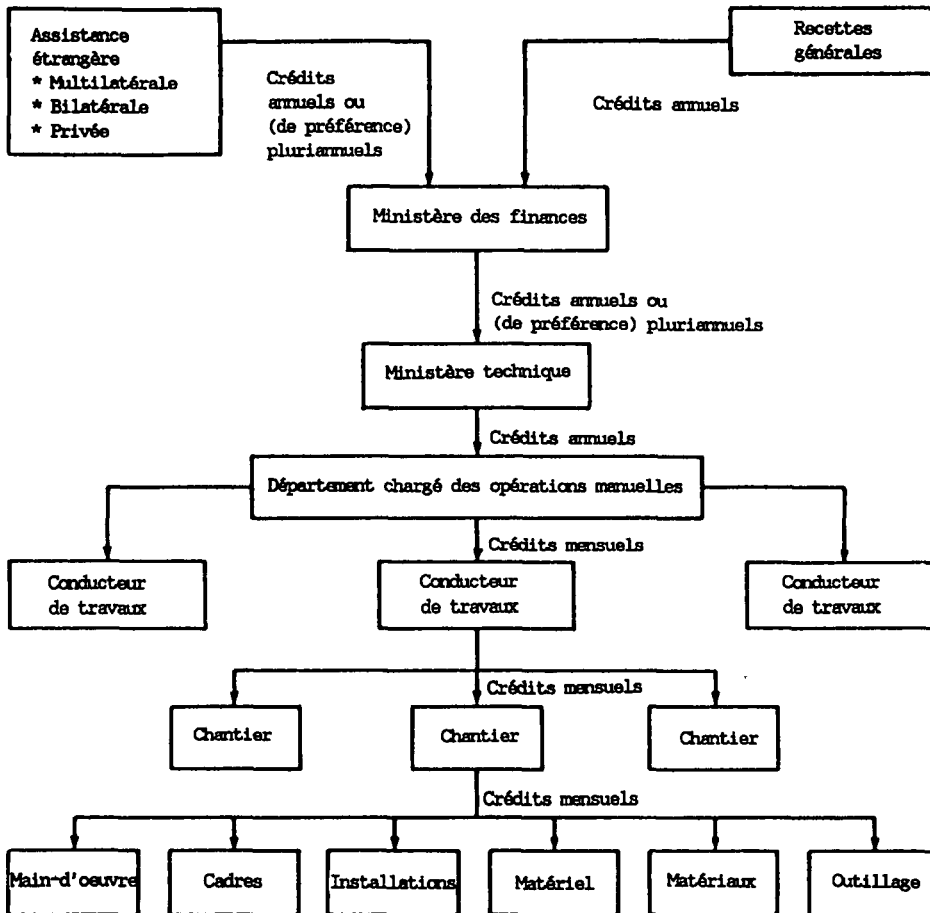
**FINANCEMENT.** Pour qu'une opération faisant appel aux méthodes manuelles puisse réussir, il est indispensable que cette opération soit dotée d'un budget suffisant, dont les crédits sont régulièrement renouvelés. Une grande souplesse est nécessaire pour approvisionner en temps opportun des chantiers dispersés en main-d'oeuvre, matériaux, outils et matériel. Le conducteur de travaux doit avoir le pouvoir d'accorder des avances aux ouvriers et aux fournisseurs de matériaux et d'outillage, qui tous sont perpétuellement à cours de liquidités. Une pénurie de fonds au ministère interdira cette souplesse sur le terrain. Telle est l'une des principales causes des retards d'exécution des travaux réalisés manuellement. La figure 4-3 représente les mouvements de fonds théoriques pour des opérations faisant appel à la main-d'oeuvre.

De nombreuses opérations faisant appel à la main-d'oeuvre sont réalisées dans le monde entier avec le concours d'organismes donateurs qui accordent souvent leur assistance annuellement. Le département devra régulièrement rappeler au ministère des finances que les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre et recevant le concours d'organismes d'aide doivent recevoir la priorité lors des négociations annuelles entre les pouvoirs publics et les organismes d'aide. Toute interruption du mouvement des fonds depuis le ministère des finances jusqu'au département et, de là, jusqu'aux chantiers, entraîne la suspension des travaux, la mise à pied des travailleurs et, souvent, d'importants dommages aux ouvrages déjà exécutés.

#### *Activités de soutien*

Les travaux préparatoires des activités de soutien devront être menés à bien avant la fin de la deuxième année du projet pilote. Les enquêtes sur la santé et la nutrition auront permis de révéler la nature et les coûts des interventions nécessaires. Des enquêtes auront de même permis de déterminer la nature et les coûts des encouragements qui devront être apportés aux fabricants nationaux d'outils et de matériel léger.

Figure 4-3. Mouvement des fonds dans une opération faisant appel à la main-d'oeuvre



Source: B.P. Coukis, en collaboration avec Scott Wilson Kirkpatrick and Partners, Basingstoke, Royaume-Uni, pour la Banque Mondiale.

Le département devra planifier les interventions nécessaires avant de lancer un programme à grande échelle. Pour appliquer les mesures concernant la santé et la nutrition, il y aura lieu de demander le concours du ministère de la santé et d'organismes internationaux comme le Programme alimentaire mondial. Des dispositions pourront aussi être prises pour obtenir la participation d'institutions bancaires locales à l'assistance financière en faveur des artisans qui à la suite de l'enquête auront été jugés capables de fabriquer l'outillage. Enfin, l'office d'adjudications du pays devra prendre des dispositions pour acquérir l'outillage et le matériel nécessaires sur la base des spécifications indiquées dans l'annexe C. Ces activités de soutien prolongent l'action engagée pendant la phase d'exécution du projet pilote. On examinera dans la présente section de nouvelles activités: celles qui ont trait à l'encouragement des petites entreprises locales de travaux publics orientées en particulier sur la construction et l'entretien des infrastructures améliorées.

**DEVELOPPEMENT DES ENTREPRISES LOCALES DE TRAVAUX PUBLICS.** Un pays dont la main-d'oeuvre est abondante et les ressources en capital rares et qui décide d'entreprendre pour la première fois des

travaux par des méthodes manuelles efficaces n'a guère d'autre choix que d'exécuter ces travaux en régie, soit à l'aide des ressources du département. Ces travaux sont donc exécutés par un organisme public sans mise en concurrence ni marché de gré à gré. Dans certains cas, l'organisme utilise sa propre main-d'oeuvre, son matériel et ses autres ressources. Dans d'autres cas, il s'adresse à de petites entreprises qui fournissent habituellement la main-d'oeuvre et les matériaux, et il loue le matériel à d'autres organismes. Dans d'autres cas enfin, il recourt à des organisations communautaires qui se chargent, dans le cadre d'un quasi-contrat, de l'exécution de la totalité ou d'une partie des travaux. La caractéristique commune de ces trois formules est que le personnel de l'organisme public assure la gestion et le contrôle quotidiens des opérations. Les travaux exécutés en régie se différencient donc des travaux effectués par contrat dont la responsabilité de la gestion incombe à l'entreprise.

**AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES TRAVAUX EN REGIE.** Les travaux exécutés en régie, une fois le système mis en place, peuvent en général répondre à des normes souples, tandis que les travaux sur marché exigent l'établissement de spécifications et de devis quantitatifs détaillés. De surcroît, les services d'un ministère peuvent plus facilement adapter leurs travaux aux contraintes budgétaires; la modification des travaux sur marché à la suite de contraintes budgétaires imprévues risque de donner lieu à des négociations prolongées, à des demandes de modification des spécifications et des conditions de paiement, voire à des demandes d'indemnisation.

Un autre avantage de la régie tient à ce que les ressources peuvent être adaptées aux technologies et aux matériaux qui sont conformes aux ressources réelles et à la disponibilité des facteurs de production dans l'économie, mais qui n'entreraient pas en ligne de compte en raison des prix du marché, lesquels dictent les choix des entreprises. Plus précisément, les entreprises ne proposeraient pas la combinaison de facteurs permettant l'utilisation optimale des ressources nationales - à moins d'y être contraintes par des spécifications détaillées qui modifient les prix du marché et l'emportent sur eux tout en offrant encore un intérêt financier suffisant pour que le marché soit exécuté.

Dans les pays où l'absence d'une industrie locale des travaux publics exclut toute mise en concurrence, les opérations en régie sont une solution de rechange intéressante qui permet de ne pas recourir à des entreprises étrangères. En outre, ces travaux exécutés en régie permettront à des chefs d'entreprise et à des techniciens de se faire la main et de créer ensuite une industrie locale des travaux publics.

Les travaux en régie laissent beaucoup de souplesse dans la conception et l'exécution parce qu'ils ne sont pas soumis aux sanctions financières imposées aux entreprises. Mais cet avantage ne va pas sans un point faible important: le département ne jouissant pas de l'autonomie financière et n'étant pas soumis à la concurrence, il sera moins incité à se soucier de l'efficacité des coûts. De surcroît, les contrôles excessifs - la "paperasserie administrative" - qui ne permettent pas de prendre des décisions en temps voulu, se combinent à l'inefficacité et l'un et l'autre peuvent souvent être occultés et perdurés à l'insu du public. Il peut arriver que la qualité et le volume des travaux soient réduits afin de ne pas dépasser les crédits budgétaires alloués. En résumé, la formule de la régie peut, et

c'est souvent le cas, être une source d'inefficacité et ne permet pas d'atteindre les résultats prévus.

De surcroît, si cette solution est trop souvent utilisée, l'organisme chargé de la régie tendra à monopoliser l'exécution de tous les travaux publics, ce qui pourra porter un grave préjudice au développement d'un secteur de travaux publics concurrentiel (entreprises publiques ou entreprises privées) qui serait probablement beaucoup plus efficace que les services d'un ministère pour l'exécution d'une gamme étendue de travaux.

Il sera donc souvent souhaitable de confier l'exécution de travaux par des méthodes manuelles à des entreprises qui y auront été préparées aussi rapidement que possible. Le département devra conserver les fonctions de planification, de financement et de suivi des travaux, mais envisager d'en confier l'exécution à des entreprises ou des organisations communautaires ayant la capacité d'entreprises.

S'il est facile de décrire comment passer des travaux en régie aux travaux sur marché, l'application pratique est difficile. Une opération effectuée en régie aboutit inévitablement à créer un statu quo: les ouvriers jouissent de la sécurité de l'emploi et les cadres administratifs jouissent du pouvoir et du prestige que leur confère leur statut. L'abandon des travaux en régie au profit des travaux sur marché accroîtra peut-être l'efficacité des opérations, mais contraindra aussi la main-d'oeuvre à travailler davantage et amoindrira le statut des cadres techniques. Cette transition ne sera sans doute pas favorablement accueillie ni encouragée par les personnes qui en subiront immédiatement les conséquences. Le département devra donc préparer le terrain en prenant les mesures décrites ci-après afin de minimiser les frictions qui ne manqueront pas de se produire lorsque les travaux sur marché remplaceront progressivement les travaux en régie.

**ENCOURAGEMENT DES PETITES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS.** En principe, les entreprises privées ont la souplesse nécessaire et les motivations financières leur permettant d'exécuter des travaux de construction efficacement. La plupart des grandes entreprises ont toutefois acquis une expérience considérable dans l'utilisation des machines et voient dans les méthodes manuelles une solution imposant de lourdes tâches de gestion, prenant du temps, peu fiable et généralement inefficace. C'est pour ces raisons et pour d'autres qu'il semble improbable que les grandes entreprises choisissent des méthodes faisant appel à la main-d'oeuvre.

Il semble que l'on pourra trouver plus facilement parmi les contre-maîtres et cadres de supervision des travaux effectués en régie par des méthodes manuelles des personnes ayant l'expérience de ce type de travaux. Il pourra s'agir en particulier de personnes susceptibles de devenir chefs d'entreprise qui seraient capables d'exécuter d'abord des contrats peu importants (1 à 2 kilomètres de routes d'accès par exemple) et par la suite des marchés de plus grande envergure, à mesure que le "candidat entrepreneur" acquiert confiance, expérience et ressources.

**ASSISTANCE TECHNIQUE ET FORMATION.** Le département devra donner aux "candidats entrepreneurs" des indications et des directives sur la manière d'améliorer l'efficacité des opérations. Ces directives doivent couvrir les principes fondamentaux de la passation des marchés et des

documents du marché, notamment les cahiers des charges, dessins et méthodes de rémunération, les principes d'estimation des coûts et du prix des offres, y compris l'analyse du risque, les règles de comptabilité pour le contrôle des coûts, la programmation et le calendrier des travaux, la planification et le contrôle financiers d'ensemble ainsi que la gestion du personnel et la formation en cours d'emploi. Le département devra peut-être pour cela recruter des conseillers techniques ayant l'expérience des marchés afin de leur confier l'organisation de stages de formation.

L'assistance technique destinée aux membres du personnel du département ne devra pas être négligée puisqu'il devra être préparé lui aussi à passer de l'exécution de travaux en régie à l'exécution de travaux sur marché. Les mêmes conseillers pourraient être utilisés, mais dans le cas des cadres du département les instructions devront être orientées davantage vers les tâches de supervision et couvrir la préparation des appels d'offres et des documents du marché, l'évaluation des offres, les documents des chantiers, les dispositions et règles de paiement ainsi que les conflits et l'arbitrage.

Dans les pays en développement où les méthodes manuelles peuvent être utilisées avantageusement, les "candidats entrepreneurs" sont les contre-maîtres et les cadres de supervision des projets réalisés par des méthodes manuelles, ainsi que d'autres cadres moyens et des techniciens. Ces candidats devront recevoir une formation plus poussée portant sur des sujets techniques et des questions commerciales. Le département devra prévoir, avec le ministère des finances ou d'autres sources d'aide extérieures, le financement des dépenses d'équipement pour les installations nécessaires et l'octroi d'un soutien financier destiné aux dépenses de fonctionnement.

**ASSISTANCE FINANCIERE.** Les petites entreprises, en particulier celles qui entreprennent pour la première fois des travaux par des méthodes manuelles ont besoin de ressources à court terme pour faire face aux charges qui leur incombent avant d'avoir été réglées pour les travaux exécutés. Parmi les charges figurent habituellement le recrutement de la main-d'oeuvre, l'aménagement des baraquements du chantier, l'achat de l'outillage et du matériel léger et les acomptes pour l'achat des matériaux de construction. Ces dépenses influent considérablement sur la trésorerie et les liquidités d'une entreprise. Dans la majorité des cas, se tourner vers les banques et les institutions financières locales pour obtenir des crédits commerciaux afin de faire face à ces besoins à court terme serait peine perdue, les petites entreprises ne pouvant guère offrir de caution. Le département devra offrir une assistance financière aux petites entreprises avec lesquelles il collaborera et pourra pour cela améliorer les clauses des contrats relatives au paiement. Ces clauses pourraient prévoir le versement d'avances pour le recrutement de la main-d'oeuvre, l'achat du matériel et des matériaux, le paiement ponctuel des entreprises pour les travaux exécutés et la fixation de plafonds aux cautionnements de bonne fin et au montant de la garantie bancaire ainsi que des limites à l'utilisation de la retenue de garantie.

*Des avances et acomptes* doivent être versés à une entreprise à concurrence de 20 % de la valeur du marché, mais ils doivent être assortis d'une sûreté ayant la forme d'une garantie bancaire ou autre. Les acomptes seront recouverts par déduction d'un pourcentage prédéterminé de la somme versée chaque mois à l'entreprise à l'issue d'un différé de paiement

qui pourra être, par exemple, de trois ou quatre mois. Le pourcentage du remboursement doit être fixé de façon à assurer le recouvrement de la totalité de l'avance pendant le reste de la période d'exécution du marché.

*Les entreprises doivent être réglées ponctuellement, et ce de deux façons. Premièrement, le département devrait être pénalisé s'il n'a pas réglé l'entreprise dans un délai de trente jours par exemple. Les pénalités peuvent prendre la forme d'un intérêt payable à l'entreprise aux taux commerciaux en vigueur pour retard de paiement. Deuxièmement, pour réduire au minimum les difficultés que soulève le paiement ponctuel aux entreprises des travaux effectués, le département devra envisager la création d'une caisse d'avances - fonds reconstitué périodiquement pour assurer la régularité des paiements - et il devra y affecter des ressources suffisantes bien avant l'exécution de tous travaux.*

*Des clauses du contrat pourront prévoir la constitution de cautionnements de bonne fin et de garanties bancaires afin de protéger le département contre toute défaillance de l'entreprise. Le niveau du cautionnement ou de la garantie dépendra de la nature du projet, mais il suffit qu'il corresponde en général à 5 à 10 % de la valeur du marché. Dans de nombreux pays en développement, les petites entreprises rencontrent des difficultés pour obtenir des cautionnements et des garanties à des conditions raisonnables auprès des sociétés d'assurance ou des banques commerciales. Le département ne devra pas se contenter de rechercher d'autres solutions qui permettraient à l'Etat de garantir ou de réassurer les petites entreprises enregistrées auprès du département. Dans les pays où il n'existe pas de facilités de cautionnement, le gouvernement devra assumer le risque total de l'achèvement des travaux effectués par de petites entreprises. Dans ce cas, il sera souhaitable de constituer une caisse de garantie correspondant à 5 à 10 % de la valeur des marchés pour tous les travaux confiés à de petites entreprises.*

*La retenue de garantie est une somme due à l'entreprise mais conservée par le département jusqu'à l'achèvement des travaux prévus dans le marché. Les retenues de garantie constituent un moyen de défense utile en cas de défaillance de l'entreprise, mais elles ont parfois l'inconvénient d'entraver l'avancement des travaux en mobilisant une partie des ressources de l'entreprise. Le montant des retenues de garantie doit être réduit au minimum dans les cas où un cautionnement de bonne fin ou une garantie suffisante ont été constitués.*

**DISTORSION DE LA PASSATION DES MARCHES.** Les conditions de l'appel d'offres et les clauses des marchés comportent parfois des distorsions à l'encontre des techniques faisant appel à la main-d'oeuvre. La meilleure façon de neutraliser ces distorsions est de modifier les règles de passation des marchés de façon à assurer l'impartialité de la conception du projet, de la publicité de l'appel d'offres, de l'évaluation des offres et de l'attribution du marché à l'égard de la technique de construction employée. La neutralisation commence dès la phase préparatoire; toutefois, la plupart du temps la révision des règles de passation des marchés prend de l'importance lorsqu'y participent des entreprises privées, c'est-à-dire habituellement après l'achèvement du projet pilote. Néanmoins, la révision des règles d'administration des marchés de travaux est une entreprise qui est importante et le département devra soutenir aussitôt et aussi vigoureusement que possible les arguments en faveur de diverses modifications.

On examinera dans la présente section six causes potentielles de partialité des règles de passation des marchés.

1. *Conception du projet.* On a exposé dans les chapitres précédents les liens entre les normes techniques du projet et les différentes technologies et l'on a conclu à la possibilité de mettre au point d'autres normes convenant à diverses techniques. Les tâches que comportent des travaux faisant appel à la main-d'oeuvre peuvent être conçues et définies de façon à pouvoir être exécutées manuellement. Chaque tâche pouvant normalement être exécutée par plusieurs méthodes, on disposera d'un grand nombre de combinaisons de tâches et méthodes disponibles. Mais en pratique, les diverses méthodes possibles ne doivent être définies que pour un petit nombre d'ouvrages importants représentant une proportion élevée des coûts du projet ou pour des ouvrages qui doivent être achevés avant que d'autres tâches importantes ne puissent être entreprises. De surcroît, il conviendrait d'établir pour chaque projet une liste des méthodes envisagées pour chaque partie d'ouvrage. A mesure que le programme avance, il apparaîtra que certains ouvrages ne peuvent être réalisés que par un petit nombre de techniques.

2. *Capacité et qualification de l'entreprise.* Les appels d'offre publiés peuvent implicitement favoriser les méthodes utilisant des moyens mécaniques, soit en raison de l'ampleur des travaux prévus, soit en raison des qualifications exigées des entreprises. La dimension du projet et la période d'exécution fixée peuvent souvent imposer le choix d'une technique, les projets dont l'envergure justifie l'utilisation de machines risquant d'être trop importants pour être exécutés par des méthodes manuelles. L'une des solutions à retenir consiste à décomposer le projet en une série d'ouvrages plus petits pour lesquels plusieurs appels d'offre seront lancés simultanément. Pour participer aux soumissions pour un ou plusieurs ouvrages plus petits, les entreprises devront être enregistrées ou présélectionnées.

Lorsqu'un appel d'offres est lancé pour un grand projet, les entreprises cherchant à être présélectionnées doivent habituellement montrer qu'elles possèdent une assise financière et un matériel satisfaisants. Cette pratique encourage les méthodes faisant appel à des machines et peut aussi donner la préférence à de grandes entreprises nationales ou étrangères. Pour éliminer ces distorsions, la présélection doit reposer non pas sur le critère du matériel dont dispose l'entreprise pour exécuter les travaux, mais plutôt sur l'efficacité avec laquelle elle peut utiliser les ressources, qu'il s'agisse du matériel ou de la main-d'oeuvre.

3. *Spécifications.* Bien que les normes des travaux faisant appel à des machines puissent être relevées sans entraîner de fortes hausses des coûts, la même amélioration relative des normes se traduirait par des coûts proportionnellement supérieurs dans le cas de méthodes manuelles. A supposer la situation suivante: les tolérances du revêtement d'un ouvrage terminé sont souvent fixées en fonction de celles que permet d'obtenir un matériel moderne. Dans la mesure où ces normes élevées ne sont pas nécessaires techniquement, ces tolérances représentent une distorsion technique implicite. Des tolérances serrées sont par exemple difficilement justifiables pour des routes non revêtues, étant donné les détériorations que causent la circulation et les pluies. Il est donc plus judicieux de préférer une pente transversale facilitant l'évacuation des eaux. Les spécifications devront donc tenir compte de ces considérations.



Ces distorsions peuvent être éliminées à la fois des spécifications concernant la "méthode" et de celles qui concernent la "qualité". Les méthodes manuelles et les méthodes faisant appel à des machines doivent permettre de respecter les spécifications relatives à la qualité. Celles qui se rapportent aux méthodes peuvent servir à orienter vers une solution qu'il est difficile de définir par des critères de qualité.

4. *Définition des travaux compris dans l'offre.* Dans le cas de marchés dont les travaux sont subdivisés en lots, les ouvrages semblables sont habituellement regroupés en lots et les prix de l'appel d'offres sont en réalité des prix moyens correspondant aux diverses circonstances envisagées. Le regroupement des travaux habituellement effectués dans des opérations faisant appel à des machines ne convient pas lorsque des méthodes manuelles sont utilisées, en particulier pour toute opération comportant des tâches de transport; les travaux doivent être regroupés le cas échéant en fonction de la technique envisagée.

Il peut être avantageux lorsque les méthodes manuelles sont utilisées de regrouper les travaux en lots selon la façon dont ils seront exécutés et payés, en particulier lorsque l'entreprise est relativement inexpérimentée et dispose de ressources financières limitées. Il peut être souhaitable de prévoir des devis plus détaillés pour certaines activités manuelles, comme dans le cas de travaux effectués par des sous-traitants dans des opérations faisant appel à des machines.

Un devis quantitatif impartial présentera diverses solutions techniques et diverses quantités, des méthodes de facturation différentes selon les solutions, des listes plus détaillées pour certaines activités faisant appel à la main-d'oeuvre et, éventuellement, diverses méthodes de métrage. Le soumissionnaire aura alors la faculté de choisir entre diverses méthodes pour la réalisation de chaque ouvrage.

5. *Calendrier d'exécution.* La réalisation de certains ouvrages par des méthodes manuelles peut rendre incertaine la date d'achèvement d'un marché en raison des fluctuations de l'offre de main-d'oeuvre et des contraintes pesant sur les effectifs qui peuvent réellement se trouver sur un chantier. Il peut par conséquent être nécessaire d'assouplir les conditions d'avancement et d'achèvement des travaux et de prévoir pour cela l'achèvement des travaux en plusieurs périodes ou des périodes d'exécution plus longues pour l'ensemble du projet.

6. *Evaluation des offres.* Etant donné l'éventail de solutions figurant dans les appels d'offres et dans les marchés, de même que les diverses possibilités de conception des travaux et leurs spécifications, les offres ne seront peut-être pas directement comparables sur la seule base des coûts; leur calendrier, leur trésorerie, leurs performances, la durée de vie du projet et d'autres facteurs peuvent être différents. L'évaluation des offres devra en tenir compte autant que possible quantitativement, aussi les méthodes d'évaluation des offres devront-elles être présentées clairement à tous les soumissionnaires dans les instructions qui leur sont communiquées avec les documents d'appel d'offres.

L'évaluation des offres devra donc tenir compte du calendrier des travaux. Si la date d'achèvement proposée par un soumissionnaire est plus tardive que celle d'un autre, l'évaluation devra en tenir compte étant donné les avantages réduits qui en résultent. Si le projet le justifie,

l'évaluation pourra alors prendre en compte d'autres facteurs comme la trésorerie et la qualité. Le *"Guide to Competitive Bidding on Construction Projects in Labor-Abundant Economies"*, publié par la Banque Mondiale en 1978, propose des règles d'évaluation des offres que l'on aura intérêt à consulter chaque fois que des distorsions apparaissent dans les méthodes de construction au cours de la planification des programmes réalisés par des méthodes manuelles.

PUBLICATIONS  
INTERESSANT  
CE CHAPITRE

*Anteproyecto para la Creacion de Pequenos Contratistas Locales.* Tegucigalpa: Ministère des communications, des travaux publics et des transports, 1980. Examine une possibilité de création de petites entreprises locales de travaux publics plus particulièrement orientées vers la construction et l'entretien d'ouvrages d'infrastructure rurale par des méthodes manuelles.

*Estudio de un Programa de Prioridades para la Construcción de Caminos Rurales.* Tegucigalpa: Ministère des communications, des travaux publics et des transports, 1978. Décrit les méthodes de sélection des ouvrages prioritaires parmi une longue liste de projets.

*Guide to Competitive Bidding on Construction Projects in Labor-Abundant Economies.* Washington, D.C. et Basingstoke, Royaume-Uni: Banque Mondiale et Scott Wilson Kirkpatrick and Partners, 1978. Etude des conditions générales de la modification des règles d'évaluation des offres, description des autres méthodes possibles de détermination des prix de référence des facteurs de production et recommandation d'un système d'évaluation des offres reposant sur des taux de salaires actualisés.

Karyadi, D. et Basta, S.S. *Nutrition and Health of Indonesian Construction Workers: Endurance and Anemia.* Document de travail de la Banque Mondiale No. 152, Washington, D.C.: Banque Mondiale, 1973. Aussi, L.M. Latham et S.S. Basta, *The Nutritional and Economic Implications of Ascaris Infection in Kenya,* Document de travail de la Banque Mondiale No. 271, Washington D.C.: Banque Mondiale, 1977. Résumé de recherches sur la nutrition et la santé des ouvriers des travaux publics en particulier.

*Inter-Agency Interim Evaluation Mission of the WFP Bangladesh Project 2197: National Relief Works Program for Land and Water Development.* Rome: Programme alimentaire mondial, 1979. Montre les résultats impressionnants de l'aide alimentaire utilisée comme rémunération des ouvriers employés dans des travaux d'amélioration de l'infrastructure rurale.

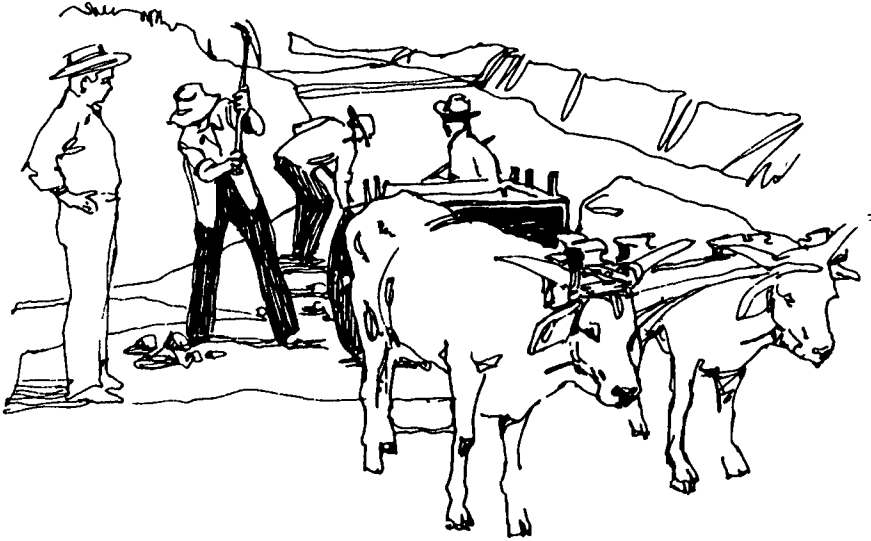
**DEUXIEME  
PARTIE**

**PLANIFICATION,  
GESTION ET  
ADMINISTRATION  
DU CHANTIER**



## CHAPITRE V

### PLANIFICATION ET LOGISTIQUE DU CHANTIER



Les diverses opérations de construction que comporte un programme réalisé par des méthodes manuelles, qu'elles soient exécutées directement par un ministère (en régie) ou sur contrat, sont en règle générale réparties entre plusieurs petits chantiers dispersés et assez isolés. Il est généralement difficile de créer des dépôts et des magasins centralisés et les communications sont habituellement lentes et difficiles entre les chantiers et l'administration centrale du programme. La réussite des travaux effectués manuellement est conditionnée dans une large mesure par la capacité du conducteur de travaux à planifier à l'avance les besoins en ressources et à disposer sur le chantier de réserves suffisantes de fonds, d'outils, de matériaux, de combustible, de lubrifiants et de pièces de rechanges utilisables à tout moment. Il est donc tout aussi important d'organiser la logistique du chantier pour les opérations faisant appel à la main-d'oeuvre que pour les travaux réalisés par des moyens mécaniques. Pour assurer la qualité des travaux, il faut que les ouvriers du chantier soient encouragés moralement. Tel ne sera pas le cas si les ressources financières nécessaires ne sont pas disponibles le jour de la paye, s'il se produit une pénurie d'outils, si la citerne de transport de l'eau potable est en panne ou si l'approvisionnement en matériaux de construction est interrompu.

Le présent chapitre expose des directives sur la planification des ressources des chantiers, étudie les problèmes de transport et propose des méthodes permettant d'évaluer les besoins en logements et en magasins de stockage. Les besoins en ressources dépendant de la méthode utilisée, ce chapitre comporte aussi une analyse succincte de la sélection de la méthode à retenir. Le chapitre est composé de la façon suivante:

- \* Description des ressources à prendre en compte dans la planification du chantier.

NECESSITE D'UNE  
PLANIFICATION  
MINUTIEUSE

- \* Règles permettant d'évaluer les diverses méthodes de construction et les besoins en main-d'oeuvre, matériel et matériaux.
- \* Principes logistiques de planification des chantiers et des campements pour la main-d'oeuvre.

Ce chapitre et les deux suivants présentent des règles applicables aux opérations exécutées, soit en régie, soit à l'entreprise. Par conséquent, le rôle et les fonctions du conducteur de travaux sont les mêmes lorsqu'il s'agit de l'employé de l'entreprise.

## LES RAPPORTS ENTRE LES RESSOURCES ET LA METHODE DE CONSTRUCTION

### *Inventaire des méthodes*

Sur chaque chantier, les quantités et les catégories de ressources dépendent de l'ouvrage et de la technique de construction qui sera employée. On a vu dans le chapitre IV que les diverses méthodes de construction possibles sont en général déterminées par l'administration centrale et communiquées aux conducteurs de travaux dans des instructions. On exposera dans la présente section les règles de sélection de la méthode que pourra appliquer le conducteur de travaux à l'intérieur des limites fixées par l'administration centrale.

On trouvera dans les manuels et les catalogues des fabricants les renseignements concernant les méthodes de travail, le matériel disponible et la productivité des machines utilisées dans la réalisation de travaux par d'importants moyens mécaniques. L'annexe A (Inventaire des méthodes de construction) résume les enseignements tirés des recherches et de l'expérience pratique accumulées sur les travaux réalisés par des méthodes manuelles. Elle présente la liste des méthodes selon l'activité, notamment l'extraction et le chargement, le transport, l'épandage et le compactage ainsi que la production des matériaux de construction des routes.

Les conducteurs de travaux ne doivent pas oublier que chaque tâche peut être effectuée par diverses méthodes. Le choix de la méthode peut être simplifié si l'on se concentre sur un nombre de tâches relativement restreint, c'est-à-dire qui représente 10 % ou plus des coûts directs ou dont l'achèvement conditionne le démarrage d'autres tâches importantes.

### *Problèmes de planification*

Les conducteurs de travaux pourront peut-être plus facilement déterminer la meilleure méthode s'ils tiennent compte de certains problèmes résumés ci-après et qui leur permettront d'éliminer certaines méthodes sans avoir à se livrer à des analyses détaillées.

**DISPONIBILITE DES RESSOURCES.** Si les ressources nécessaires à l'application d'une méthode donnée ne sont pas disponibles en quantité suffisante à l'endroit et au moment voulus, cette méthode ne sera pas viable et devra être abandonnée. Toutefois, pour disposer des ressources nécessaires, il suffit le plus souvent d'établir un calendrier. Il peut être raisonnable d'envisager l'exécution d'une certaine tâche par une méthode pendant les premiers mois de la saison des travaux puis de passer à la meilleure méthode lorsque les ressources nécessaires arrivent. Dans le cas de la main-d'oeuvre, une méthode donnée peut exiger la présence d'effectifs inhabituellement nombreux pendant certaines étapes de la période de construction. S'il est impossible d'apporter des modifications pour rendre

la demande de main-d'oeuvre plus régulière. il conviendra d'envisager d'autres méthodes.

Tableau 5-1. Liste des tâches et des méthodes d'exécution possibles

Description des tâches	Méthode	A envisager	Motif d'élimination
Extraction de matériaux (fermes)	Main-d'oeuvre, pioches	Oui	Trois fois plus cher que la main-d'oeuvre d'après l'expérience
	Tracteur, défonceuse	Non	
Extraction de matériaux (durs)	Main-d'oeuvre, pioches, leviers	Oui	-
	Tracteur, défonceuse	Oui	-
Terrassements <sup>a</sup>	Main-d'oeuvre, pioches, brouettes	Oui	-
	Main-d'oeuvre, pioches, paniers	Non	Tous les hommes refusent de porter des paniers
	Main-d'oeuvre, pioches, palanches	Oui	-
	Main-d'oeuvre, pioches, ânes et paniers de bât	Non	Non disponible
	Décapeuse tirée par un animal	Non	Attente des résultats d'une expérience sur un autre chantier
Gravillonnage <sup>b</sup>	Main-d'oeuvre, tracteur/remorque	Non	Terrain accidenté - peu d'espace, fortes pentes
	Main-d'oeuvre, camion plate-forme	Oui	-
	Main-d'oeuvre, charrette avec animal	Non	Fortes pentes
Arrosage <sup>c</sup>	Pompe, tracteur/remorque-citerne, pulvérisateur	Oui	-
	Pompe, tracteur/remorque-citerne, tirant un pulvérisateur manuel	Oui	-
	Puits, pompe, réservoir	Non	Terrain accidenté, forage très cher

- La tâche comprend l'extraction, le chargement, le transport, le déchargement et l'épandage de matériaux fermes. Distance de transport: 50 mètres.
- La tâche comprend l'extraction, le chargement, le transport, le déchargement et l'épandage de graviers. Distance de transport: 2 kilomètres.
- La tâche comprend le chargement, le transport, le déchargement et l'arrosage. Distance de transport: 1 kilomètre.

Source: Banque Mondiale.

**PROPORTIONS DE MAIN-D'OEUVRE ET DE MATERIEL.** Il n'est généralement pas recommandé de faire accomplir sur le même chantier simultanément par la main-d'oeuvre et à l'aide de matériel lourd des activités identiques ou étroitement liées. En effet, les ouvriers se démoralisent lorsqu'ils constatent la production beaucoup plus importante des machines. En outre, les capacités respectives des ouvriers et du matériel lourd sont incompatibles. Les rouleaux mécaniques, par exemple, permettent d'effec-

tuer des travaux de terrassement qui exigeraient plusieurs centaines d'ouvriers. Si le chantier n'est pas suffisamment étendu pour utiliser des effectifs aussi nombreux, le rouleau sera sous-utilisé.

La sélection de la méthode la plus appropriée commence avec l'identification des solutions techniquement possibles pour chaque tâche importante, sans tenir compte des coûts. Aucune méthode ne doit être éliminée d'emblée simplement parce qu'elle n'a jamais été utilisée ou parce que l'impression persiste qu'elle est trop coûteuse. Le tableau 5-1 présente une liste des travaux possibles permettant d'envisager les méthodes applicables à chaque tâche importante.

A mesure que l'on acquiert de l'expérience des travaux réalisés dans des conditions réelles, on constate qu'il existe pour l'exécution de certaines tâches une méthode qui non seulement est techniquement possible mais aussi qui est économiquement préférable. C'est ce que l'on peut observer sur la figure 5-1 qui présente les étapes à suivre pour choisir la méthode appropriée à chaque tâche importante. Les opérations effectuées à chaque étape sont les suivantes:

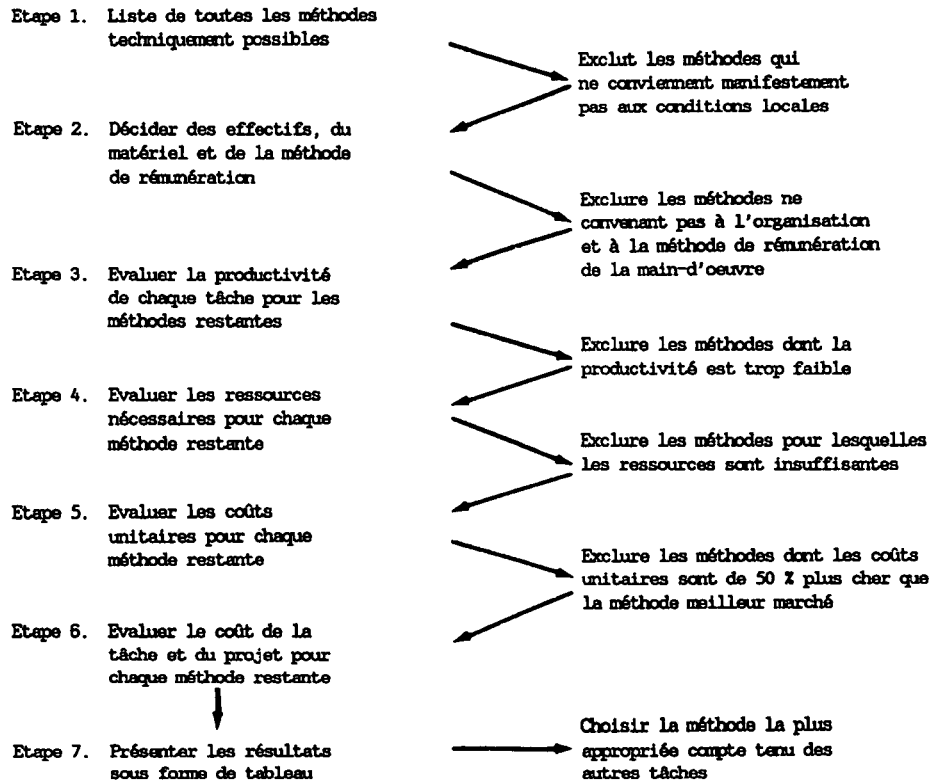
**ETAPE 1: IDENTIFICATION DES METHODES.** Identifier toutes les méthodes techniquement possibles pour exécuter la tâche. En établir la liste suivant les indications données précédemment. Etudier les avantages et les inconvénients de chaque méthode; les inconvénients permettront d'éliminer une ou plusieurs méthodes.

**ETAPE 2: CHOIX DU MATERIEL, DE LA MAIN-D'OEUVRE ET DE LA METHODE DE PAIEMENT.** Décider du type de matériel et de main-d'oeuvre qui seront utilisés dans la réalisation de la tâche, choisir une méthode de recrutement et la méthode de rémunération de la main-d'oeuvre. Ces décisions permettront d'éliminer certaines méthodes. On saura peut-être, par exemple, que la main-d'oeuvre féminine refusera d'utiliser des brouettes, que les hommes ne porteront pas de paniers sur la tête ou que les animaux ne peuvent être utilisés que dans des travaux à la pièce.

**ETAPE 3: ESTIMATION DE LA PRODUCTIVITE AU NIVEAU DE LA TACHE.** Evaluer directement la productivité à partir des données connues ou publiées, compte tenu des conditions du chantier, ou indirectement par la synthèse des données sur la productivité des tâches provenant des données sur les activités qui la composent. Certaines méthodes pourront être éliminées uniquement pour des raisons de productivité. Si les principales ressources utilisées dans les méthodes que l'on compare sont les mêmes, choisir la méthode ayant la plus forte productivité. Par exemple, si la productivité des ouvriers déplaçant des matériaux à la pelle sur une distance donnée est la moitié de celle de ces mêmes ouvriers munis de brouettes, on éliminera l'utilisation des pelles. Si une méthode exige plus de ressources qu'une autre mais que la productivité de la première est plus faible, choisir la méthode ayant la plus forte productivité. Si un tracteur permet une productivité plus élevée qu'un camion et qu'il est nettement meilleur marché, éliminer la méthode utilisant le camion.



Figure 5-1. Procédé de sélection de la méthode



Source : Banque Mondiale.

**ETAPE 4: EVALUATION DES RESSOURCES NECESSAIRES.** Déterminer le nombre d'ouvriers, d'outils et de pièces de matériel nécessaires pour accomplir la tâche dans les délais prévus. Il se peut que le volume des ressources nécessaires lorsqu'une certaine méthode est utilisée ne soit pas disponible ou soit trop important pour être géré de façon efficace, auquel cas cette méthode sera éliminée. On pourrait se trouver par exemple dans les situations suivantes:

- \* Dix tracteurs sont nécessaires pour le transport des gravillons, mais cinq seulement sont disponibles.
- \* Une centaine d'ouvriers sont nécessaires pour extraire les pierres d'une carrière, mais l'espace permet à trente d'entre eux seulement de travailler sans se gêner.
- \* Douze camions sont nécessaires pour le transport des pierres, mais il est impossible de recruter plus de quatre chauffeurs.

**ETAPE 5: ESTIMATION DES COUTS UNITAIRES.** Calculer le coût de chaque tâche pour chacune des autres méthodes utilisées. Il faut pour cela connaître la productivité de toutes les ressources, telle qu'elle est calculée lors de l'étape 4 et le prix de chaque ressource. Les coûts sont calculés au départ sous forme de coûts unitaires directs. Lorsque les frais généraux diffèrent selon la méthode utilisée, ils doivent être pris en compte dans les comparaisons de coûts. Toutes les méthodes dont le coût unitaire est supérieur de 50 % au coût de la méthode meilleur marché doivent être éliminées.

**ETAPE 6: ESTIMATION DES COUTS PAR TACHE ET PAR PROJET.**

Lorsque le volume des travaux d'une tâche varie selon la méthode utilisée, évaluer le coût total de la tâche pour une méthode donnée. Par exemple, si la main-d'oeuvre est utilisée pour effectuer des travaux de terrassement dans un terrain accidenté, les rochers peuvent être extraits à la main et servir ensuite d'agrégats pour la construction de la chaussée. Si les terrassements sont effectués à l'aide de machines, il est difficile d'isoler les roches et la quantité qui sera extraite et transportée pour constituer les agrégats sera supérieure au volume qui serait nécessaire si la main-d'oeuvre était utilisée. Il est parfois utile de calculer les coûts totaux d'une tâche lorsque les coûts fixes sont élevés, comme dans le cas de la construction de plate-formes de chargement ou de l'amélioration d'une piste de transport. En principe, ces coûts fixes peuvent toujours être convertis en coûts unitaires si on les divise par le volume de la production.

**ETAPE 7: TABLEAU DES RESULTATS.** Etablir le tableau des ressources et des coûts unitaires pour chaque méthode encore envisagée après l'étape 6. Sur la base de ce tableau, choisir une combinaison raisonnable des diverses méthodes pour chaque tâche, compte tenu des considérations suivantes:

- \* Les coûts unitaires ne sont que des estimations, et la marge d'erreur qu'ils comportent peut être plus importante que de simples écarts. La méthode la meilleur marché d'après les calculs n'est peut être pas la moins coûteuse en réalité. Il peut être utile de vérifier et d'affiner les hypothèses initiales dans les cas limites.
- \* Il est souvent intéressant de choisir la deuxième des méthodes retenues pour l'exécution d'une tâche si, ce faisant, l'équilibre global des ressources est amélioré. A supposer que d'après les estimations les camions sont le moyen de transport le meilleur marché des pierres de la couche de base et que les tracteurs à remorque soient les plus économiques pour le transport de la terre végétale, mais que dans les deux cas l'avantage de coût de la méthode meilleur marché soit minime. Il sera donc probablement préférable d'utiliser soit des camions soit des tracteurs à remorques pour les deux tâches afin d'obtenir l'utilisation de matériel semblable dans les deux tâches.

Une fois que les méthodes appropriées ont été choisies, les besoins correspondants en ressources doivent être additionnés et groupés par grandes catégories: main-d'oeuvre non qualifiée, outillage et matériel, matériaux, etc. Ces estimations serviront de base à la planification du chantier, qui sera le thème des sections suivantes.

**RESSOURCES**

Les ressources nécessaires à la réalisation de travaux par des méthodes manuelles sont: les cadres de supervision et cadres administratifs, la main-d'oeuvre qualifiée et non qualifiée, les animaux, l'outillage, le carburant, les lubrifiants et les pièces de rechange ainsi que les matériaux et les approvisionnements. Les quantités et les caractéristiques techniques de chaque ressource varient d'un chantier à l'autre. Sur la base des instructions données par l'administration centrale quant aux méthodes de construction, aux contraintes d'organisation, à la disponibilité des ressources et aux objectifs de production, le conducteur de travaux doit

déterminer la combinaison des ressources convenant aux opérations à effectuer. En outre, il devra évaluer les conséquences logistiques des ressources dont il a besoin afin de préparer et prévoir l'agencement du campement, le transport jusqu'au chantier et les services.

On décrira dans la présente section les besoins en ressources pour différentes catégories de travaux. Les indications données ci-après sont essentiellement de caractère quantitatif; le calcul des ressources nécessaires en volume est présenté dans les chapitres VI et VII.

L'offre de main-d'oeuvre peut beaucoup fluctuer en cours d'année (problème traité dans le chapitre VII). Même si l'administration centrale a effectué une enquête nationale sur la main-d'oeuvre, le conducteur de travaux doit effectuer ses propres plans en fonction des conditions qu'il trouve dans la région où il doit exécuter des travaux. L'offre de main-d'oeuvre peut être évaluée pour chaque chantier puis comparée aux effectifs nécessaires pour la réalisation des travaux envisagés. Les estimations de la demande doivent tenir compte de la productivité de la main-d'oeuvre locale, du volume des travaux à exécuter, des délais, de la nature du chantier, enfin de la disponibilité en cadres et de leur expérience.

Pour évaluer les besoins de main-d'oeuvre, le conducteur de travaux doit savoir que la main-d'oeuvre non qualifiée est normalement recrutée pendant une saison de travaux, voire moins longtemps, si ces délais suffisent à l'achèvement des travaux nécessaires. Les ouvriers ont avantage à être recrutés à proximité du chantier, afin qu'il n'y ait pas à prévoir de moyens de transport et de logements.

Sur des chantiers utilisant des méthodes manuelles mais recourant aussi à des véhicules et à des moyens mécaniques, le conducteur de travaux doit prévoir au moins un mécanicien résident pour effectuer les travaux d'entretien courant et préventif. Un chauffeur doit être affecté à chaque véhicule et un conducteur à chaque engin et l'organisation du chantier doit prévoir quelques chauffeurs et conducteurs supplémentaires pour remplacer les malades. Les chauffeurs et les conducteurs d'installations seront des salariés permanents du ministère responsable des travaux faisant appel à la main-d'oeuvre, afin d'être responsables du véhicule ou de l'engin dont ils ont la charge, même si ceux-ci sont transférés d'un chantier à un autre. En tout état de cause, le conducteur de travaux doit avoir la faculté de renvoyer les chauffeurs et conducteurs incompetents.

Les cadres permanents d'un chantier où sont utilisées des méthodes manuelles doivent aussi comporter un certain nombre d'ouvriers qualifiés (par exemple forgerons, menuisiers, maçons). Le nombre et la catégorie de cadres de supervision et cadres administratifs devant être affectés à chaque chantier sont fixés dans les instructions données par l'administration centrale aux conducteurs de travaux.

Le coût et la durée de vie utile d'un matériel simple, comme les brouettes, charrettes, défonceuses, câbles aériens, étant en général faible, la totalité du coût est imputée à un chantier. Il faut néanmoins souligner l'importance de la qualité de ces ressources. Bien que le conducteur de

*Main-d'oeuvre  
et encadrement*

*Outils et  
matériel simple*

travaux n'intervienne pratiquement pas dans la passation des marchés des outils et du matériel simple de l'ensemble d'un programme, il doit toujours insister sur la qualité, en particulier lorsque l'organisme d'achats de l'Etat tient à ce que le marché soit attribué au fournisseur offrant le plus bas prix unitaire. L'annexe C (Notes sur l'outillage manuel et le matériel léger) présente des illustrations des outils qui se sont révélés utiles à l'usage.

On trouvera dans le tableau 5-2 la liste typique de l'outillage et du matériel léger pour la réalisation d'un projet de routes rurales. Cette liste est fondée sur la durée de vie attendue d'un matériel de bonne fabrication et solide; la durée de vie des outils ordinaires du commerce peut être nettement plus courte. La durée de vie d'un outil dépend aussi de la nature des sols, des règles d'entretien appliquées ainsi que de l'intensité d'utilisation. Il n'est pas possible d'établir une liste universellement valable des outils et du matériel léger parce que le choix est conditionné par les caractéristiques propres à chaque chantier.

Les outils endommagés, en mauvais état et usagés doivent être remplacés pendant l'exécution des travaux. Lorsque l'on détermine la quantité d'outils devant être détenue en stock pour les besoins du remplacement, il importe de tenir compte des délais entre la passation des commandes et la livraison. Il faut souvent compter plusieurs mois dans le cas d'outillage et de matériel léger. Ce délai peut parfois dépasser un an pour les pièces détachées de véhicules et d'installations. Dans la plupart des pays en développement, c'est l'organisme central du gouvernement qui se charge des achats. Le conducteur de travaux doit tenir compte de la rapidité et de l'efficacité de cet organisme lorsqu'il planifie le volume des stocks nécessaires.

#### *Matériaux de construction*

Les matériaux de construction sont nécessaires à la réalisation des ouvrages sur le chantier même et pour les aménagements dépendant du chantier comme les campements. On peut trouver sur place les graviers, les pierres ou l'argile. Le ciment, l'acier, le bitume ou le bois doivent être achetés et transportés jusqu'au chantier. Le présent chapitre porte sur les matériaux achetés. L'acquisition des matériaux se trouvant sur place est traitée dans le chapitre VI.

En général, le conducteur de travaux n'a guère la liberté de déterminer les quantités de matériaux et leurs caractéristiques techniques. Il a toutefois la faculté de choisir parmi un éventail de chiffres spécifiques fixés dans les instructions communiquées par l'administration centrale. Il peut donc compenser la qualité médiocre d'un matériau disponible en augmentant le volume. On trouvera dans le chapitre VII des indications sur ces possibilités.

#### *Animaux*

De nombreux pays, en particulier en Asie, utilisent traditionnellement les animaux pour le transport. Sur de courtes distances, il est souvent meilleur marché d'utiliser des animaux de somme, capables de se déplacer en terrain accidenté et de grimper de fortes pentes, plutôt que le transport à dos d'homme ou par des moyens mécaniques. Les charrettes tirées par des animaux, équipées de roues à pneus et de paliers, peuvent être compétitives par rapport à d'autres modes de transport sur des distances ne dépassant pas un kilomètre.

Tableau 5-2. Outillage type pour un projet de routes rurales

Outils <sup>a</sup>	Nombre	Manches de rechange <sup>b</sup>
Houes	50	10
Pioches	15	3
Pioches-haches	20	2
Pelles	50	5
Barres	5	-
Brouettes	10	-
Pangas (machettes)	30	-
Fauchards	15	-
Haches	10	5
Dames	15	2
Ependeurs	15	5
Seaux	4	-
Plateaux	7	-
Meules	2	-
Calibre	1	-
Limande	1	-
Niveau à bulle	2	-
Ruban (3 m)	3	-
Cordeau (50 m)	1	-
Clinomètre	1	-
Nivelettes	3	-
Jalons	5	-
Trousse de secours	1	-
Marteau de tailleur de pierre	2	-
Truelles	2	-
Burins	2	-
Bidon d'huile	1	-
Pinces	1	-
Jerrican (5 gallons)	1	-
Matériel d'arrosage	-	-
Matériel supplémentaire en terrain rocheux et pierreux		
Masses, bout tranchant (5 - 6 kg)	c	c
Coins	c	-
Barres supplémentaires	c	-
Cric	c	-
Perceuses à main	c	-
Massettes (2 - 2,5 kg)	c	c
Lunettes de sécurité	c	-

Note: Les besoins sont calculés pour un projet de routes rurales employant 100 ouvriers. Les besoins de chaque chantier dépendront du terrain, du type de sol et des effectifs réels.

- La liste peut varier suivant les préférences de la main-d'oeuvre locale.
- A supposer que le manche d'origine et les manches de rechange soient d'une qualité déterminée.
- Les besoins varient selon les conditions locales.

Source: Banque Mondiale.

Si le conducteur de travaux envisage d'utiliser des animaux, il doit en connaître la productivité dans des conditions diverses et recevoir les conseils d'un expert sur la façon de les atteler, de les alimenter et sur leurs habitudes de travail, qui influent sur la santé et la production des animaux. Il est souhaitable de demander aux propriétaires de s'occuper de leurs animaux, dont ils connaissent les capacités de travail.

**AGENCEMENT ET  
CONSTRUCTION  
DU CAMPEMENT**

Les travaux réalisés par des méthodes manuelles placés sous la supervision d'un conducteur de travaux peuvent être groupés sur un seul chantier relativement important, ou dispersés entre plusieurs petits chantiers. Dans chaque cas, le soutien logistique nécessaire est différent. Dans le premier cas, le conducteur de travaux organise le campement et les installations nécessaires, sur place ou à proximité. Les cadres administratifs et techniques, les approvisionnements, les garages et les ateliers sont tous groupés sur le chantier, et le transport des matériaux, des approvisionnements et du personnel est réduit au minimum. Lorsqu'il s'agit de plusieurs petits chantiers dispersés, la logistique est plus complexe. C'est ce dernier cas uniquement que l'on étudiera; les dispositions prises dans le premier cas sont une forme simplifiée de celles qui concernent le second.

Le conducteur de travaux doit implanter au centre son propre campement afin de réduire au minimum les coûts de transport et de communication et de faciliter la supervision des travaux. Le campement doit être situé à proximité d'une ville ou d'un village afin de tirer parti des installations proches, comme le bureau de poste, le téléphone, les ateliers ou les marchés. Pour des raisons de tranquillité et de sécurité, le campement devra toutefois être nettement séparé de toute implantation permanente.

Outre le campement principal, un campement de plus petite dimension est nécessaire sur chaque chantier. L'encadrement minimum sur chacun de ces campements comprend un contremaître et un magasinier qui sont chargés de contrôler l'outillage, les matériaux et les approvisionnements.

*Campement  
principal:  
bureaux et  
installations*

Le campement principal se compose habituellement d'un bâtiment de bureaux, d'installations de réparation du matériel et de hangars de stockage du matériel, des matériaux, de l'outillage et d'autres marchandises.

**BUREAUX DU CHANTIER.** Les locaux abritant les bureaux du chantier varient suivant l'envergure et la nature des travaux. On peut dire en gros que les bureaux d'un chantier employant 300 ouvriers doivent avoir une superficie brute de plancher de 150 mètres carrés alors qu'un chantier comptant 1.000 à 1.500 ouvriers doit comporter des bureaux de 200 à 300 mètres carrés.

**INSTALLATIONS POUR LE MATERIEL ET HANGARS DE STOCKAGE.** Outre les véhicules, les travaux exécutés par des méthodes manuelles exigent certains biens d'équipement comme les camions, les tracteurs, les remorques, les citernes à eau, les rouleaux et les compresseurs. La dimension et la capacité des ateliers nécessaires sur le chantier dépendent non seulement de l'envergure du projet, mais aussi de la distance du village le plus proche offrant des installations commerciales de réparation. Lorsque les principales installations de réparation et d'entretien sont à proximité, les travaux d'entretien à effectuer sur le chantier sont le graissage, la vidange et le changement de filtres, ainsi que la réparation des pneus. Il faut pour exécuter ces travaux un outillage approprié et un bâtiment construit sur un sol en béton ou en briques. Lorsqu'il s'agit d'un projet important réalisé dans une région éloignée, les principaux travaux d'entretien et de réparation devront être effectués sur le chantier. Il faudra donc disposer d'un atelier équipé de matériel de levage permettant

de retirer les moteurs, une fosse d'inspection ainsi que de matériel d'usinage, de soudure et de traitement thermique.

L'entrepôt de stockage du matériel doit être aménagé sur un terrain relativement plat et bien drainé. Il faut compter environ 60 mètres carrés par engin, voire davantage si la configuration du chantier rend les manoeuvres difficiles. Sur un emplacement de 25 mètres de large par exemple, le matériel peut être stocké sur deux rangées entre lesquelles les manoeuvres sont possibles. Il faut aussi prévoir un espace pour inverser le sens des véhicules remorqués.

Si les stocks peuvent être conservés dans un endroit sûr, il est utile de prévoir plusieurs mois de consommation de carburants et de lubrifiants en cas de pénurie éventuelle. Dans les endroits éloignés, où les communications routières sont interrompues par des inondations ou des chutes de neige périodiques, il y aura lieu de conserver des approvisionnements correspondant à une saison de consommation. Le carburant diesel peut être conservé à l'extérieur dans des fûts métalliques placés dans un enclos fermé à clé, mais il est plus sûr de les conserver dans un hangar spécialement construit à cet effet. L'essence doit être gardée dans des citernes ou des bidons placés dans un bâtiment fermé à clé. Pour calculer la consommation de carburants et de lubrifiants, on peut appliquer la règle approximative suivante: 20 litres de diesel par cheval et par mois pour un travail à un poste ; 0,5 litre de lubrifiant par cheval et par mois pour un travail à un poste; 500 litres d'essence par mois pour chaque véhicule à quatre roues motrices, 300 litres pour un véhicule à deux roues motrices (sur la base de 2.500 kilomètres par mois).

**STOCKAGE DES MATERIAUX.** L'asphalte, l'acier et le bois peuvent être conservés à l'extérieur, de préférence dans un hangar fermé à clé. Le bois doit être surveillé étant donné ses nombreuses utilisations et un marché favorable. Il doit être placé sur des cales de pierres et ne pas être en contact avec le sol; dans les climats secs, il doit être conservé dans des hangars à l'ombre afin de ne pas se fendre.

Le ciment et les denrées alimentaires doivent être conservés dans un bâtiment bien ventilé pour les protéger de l'humidité. Les sacs doivent être à l'écart des murs, qui peuvent être humides, et ils doivent être empilés sans être en contact avec le sol. Dans les régions sèches, il est conseillé de prévoir une installation de stockage permettant d'entreposer la quantité de ciment nécessaire aux travaux d'une saison, les livraisons étant parfois effectuées avec retard. Une pièce de 40 mètres carrés et de 2,5 mètres de haut peut abriter 50 tonnes (1.000 sacs) de ciment tout en permettant la circulation de l'air le long des murs. Dans les climats humides, le ciment ne doit pas être stocké plus de deux mois avant d'être utilisé. Il convient de prévoir le stockage de un ou deux mois de consommation de tous les matériaux afin d'éviter les ruptures de stocks.

**STOCKAGE DE L'OUTILLAGE ET MATERIEL DIVERS.** Un entrepôt abrité de la pluie et fermant à clé, construit sur un sol de briques ou de ciment, doit être prévu pour stocker l'outillage et 25 % des pièces détachées. Le matériel simple peut habituellement rester à l'extérieur mais à l'intérieur de l'enclos de stockage.

Un espace séparé doit être réservé au matériel devant être réparé. Il faut prévoir un forgeron et une forge afin de réparer et remettre en

forme l'outillage. Ce service peut être assuré par un fonctionnaire permanent du ministère de tutelle ou par un forgeron privé. Le service du matériel simple doit être assuré dans l'atelier.

Sur les chantiers annexes, il peut être nécessaire de prévoir des hangars supplémentaires pour abriter l'outillage et le matériel simple. Ces petits hangars pourront être construits en bambou, en branchages ou autres matériaux similaires; à défaut des tentes pourront être utilisées. Tout entrepôt doit être surveillé 24 heures sur 24.

### *Logements*

Lorsque les logements doivent être prévus sur les chantiers, des installations séparées seront aménagées pour les ouvriers et les cadres.

**LOGEMENT DES OUVRIERS.** S'il est nécessaire d'employer des ouvriers migrants, en raison de l'insuffisance de la main-d'oeuvre à proximité du projet, le conducteur de travaux devra prendre des dispositions en vue du transport et du logement des travailleurs migrants. Il pourra en résulter une hausse importante des coûts, sans compter les problèmes administratifs et sociaux.

Une politique visant à encourager les travailleurs migrants à faire venir leur famille améliore en général les relations sociales entre le campement et les habitants des villages voisins pendant les travaux. Toutefois, cette politique risque d'inciter les travailleurs migrants à s'installer dans la zone du projet une fois les travaux terminés. A moins que le projet ne contribue à accroître les superficies agricoles (grâce à l'amélioration du drainage et de l'irrigation), l'implantation permanente des travailleurs risque de susciter des conflits avec la population locale.

Le conducteur de travaux devra tenir compte des considérations ci-après lorsqu'il déterminera l'agencement des campements des travailleurs:

- \* Les campements doivent être aménagés sur des terrains surélevés et bien drainés.
- \* Les campements doivent être accessibles à pied depuis les ouvrages mais en être nettement séparés (200 mètres au minimum). Si les travaux se déplacent de plus de 2 ou 3 kilomètres pendant une saison, il faut prévoir l'implantation des campements de façon à éviter des déplacements à pied sur de trop grandes distances et veiller à ce que les plus longues distances à parcourir à pied ne coïncident pas avec l'époque où les travaux sont les plus durs (comme pendant les fortes chaleurs de l'été).
- \* Les campements doivent être implantés en dehors des villages afin d'éviter des conflits entre les ouvriers et la population locale. Dans des projets d'irrigation visant à développer l'agriculture, il peut être intéressant d'implanter les campements de façon à former le noyau d'un nouveau village.

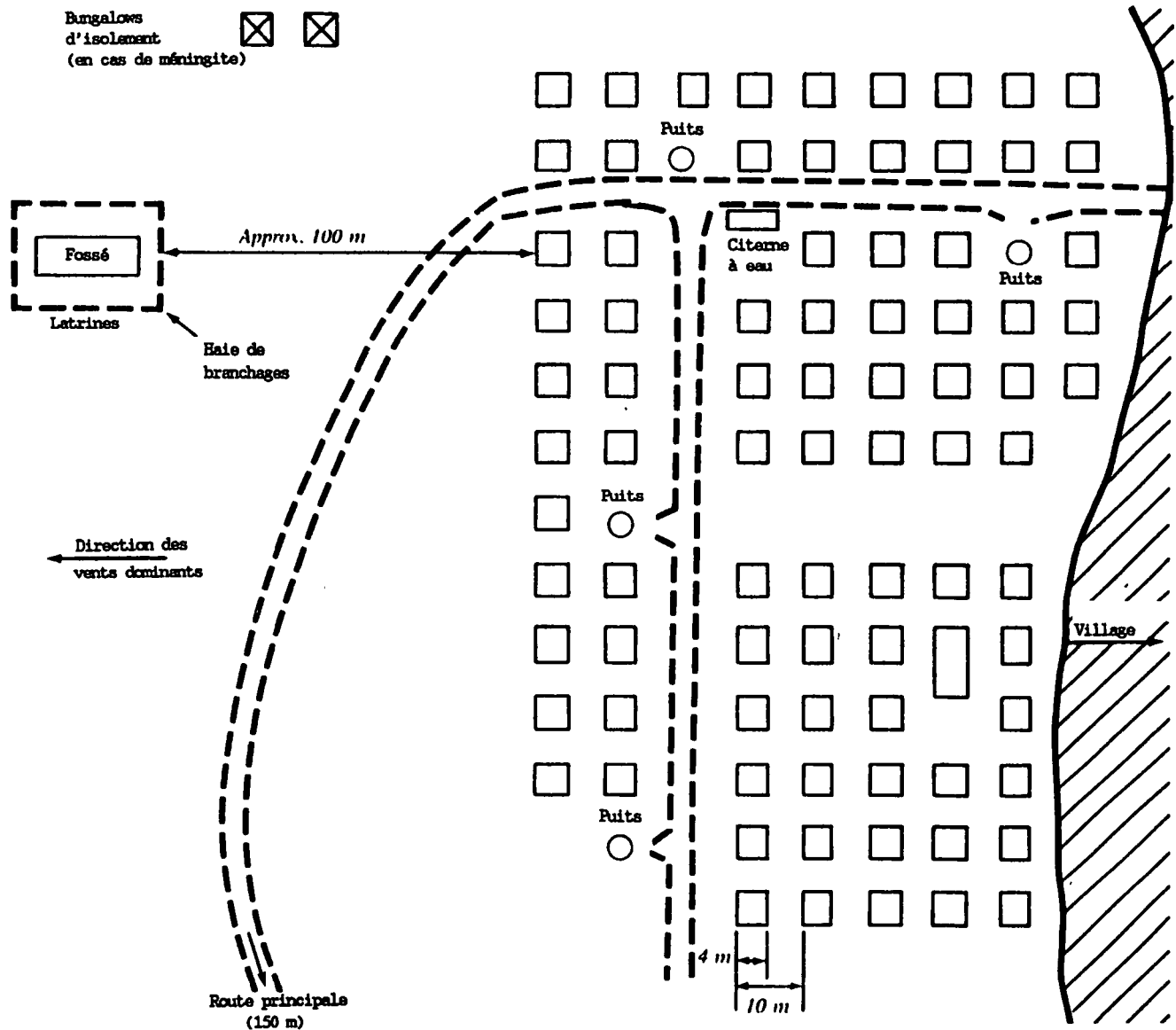
En règle générale, il y a lieu de prévoir une surface de 5 mètres carrés par personne. On trouvera sur la figure 5-2, le plan de masse d'un campement pour la main-d'oeuvre au Tchad, comptant approximativement 80 baraquements.

**LOGEMENT DES CADRES PERMANENTS.** L'expérience acquise au Tchad montre que la superficie nécessaire pour un contremaître célibataire est



de 10 à 15 mètres carrés et pour une famille elle est d'au moins 50 à 60 mètres carrés. Il faut prévoir à l'arrière de petites cours clôturées pour le lavage et la cuisine. Le magasinier du chantier doit disposer, en dehors de son logement, d'une surface de 10 mètres carrés pour y installer son magasin.

Figure 5-2. Plan d'un campement pour la main-d'oeuvre au Tchad



*Notes de la figure 5-2.* Les baraques de chantier ont été construites par les ouvriers, plus ou moins selon un plan rectangulaire tracé par le conducteur de travaux. La dimension des baraques varie, mais elles font habituellement 4 mètres carrés et sont distantes de 5 mètres les unes des autres de tous les côtés. (Les ouvriers ont voulu réduire au minimum l'espace entre les baraques afin de se protéger contre les tempêtes de sable, fréquentes pendant la saison sèche.) Des allées plus espacées, de 10 à 15 mètres de large, ont été tracées pour permettre l'accès des véhicules aux puits.

Les baraques sont construites en secko et constituées de panneaux de branchages tressés mesurant environ 1,5 mètres de haut et 3 mètres de long, fixés par des lianes à des pieux de bois d'environ 2,5 mètres de haut. Les toits ont été construits dans les mêmes matériaux. Au début des pluies en avril, les ouvriers ont compris les inconvénients des toits plats, et certains ont été reconstruits en pente. Ce travail est d'autant plus aisé que l'on peut utiliser des pieux dont une extrémité se termine par une fourche si l'on coupe une branche. Pour être vraiment imperméables, les toits doivent être recouverts de la même façon que les cases circulaires communes dans la région. Le coût doublera probablement, étant donné que le volume de travail, la quantité d'herbes et de branchages et la quantité de bois nécessaires augmenteront.

Des latrines d'environ 10 mètres de long ont été creusées à 100 mètres du campement. Elles ont rarement été utilisées, même après avoir été clôturées. Les ouvriers préféreraient utiliser des endroits sous le vent dominant du nord par rapport au campement. Une enquête rapide a toutefois montré que la distance influait plus sur le choix que l'orientation.

Deux bungalows d'isolement ont été construits pour accueillir les malades victimes d'une attaque de méningite pendant la nuit, afin qu'ils attendent d'être transportés à l'hôpital. Ces bungalows n'ont heureusement pas été utilisés, bien que la plupart des années une épidémie de méningite se déclare pendant les mois les plus chauds.

Le coût direct d'un baraquement a été de 112 dollars en 1978, comme l'indique le tableau 5-3.

Source: Banque Mondiale.

*Coût des  
travaux et  
options*

Les locaux abritant les bureaux et le logement du personnel peuvent être des bâtiments permanents spécialement construits, des bâtiments permanents loués, des bâtiments rudimentaires construits spécialement ou encore des baraquements préfabriqués ou des tentes. Les bâtiments permanents présentent l'avantage de pouvoir ensuite être utilisés par le ministère comme bureaux, hangars d'entretien, ateliers et bâtiments d'inspection. Il peut aussi être souhaitable de construire des bâtiments permanents pour les logements qui sont appelés à constituer le noyau de nouveaux villages. Les bâtiments permanents exigent en général d'importants investissements en capital, bien que l'on puisse convaincre les ouvriers envisageant de s'implanter dans les villages prévus de construire leur propre logement permanent. S'il n'est pas nécessaire de prévoir des bâtiments permanents, on pourra louer des locaux, de préférence à un autre ministère ou département. La location de locaux privés présente deux inconvénients dans les régions rurales: les bâtiments sont rarement adaptés aux fonctions de bureaux, sont trop petits, mal isolés contre les intempéries ou mal situés; les loyers sont habituellement élevés parce qu'il est généralement difficile de trouver des locaux vacants.

Il est souvent plus économique de construire des bâtiments rudimentaires à l'aide des matériaux locaux. Ils peuvent être de dimension convenable et construits à l'emplacement le mieux adapté. Dans les régions de climat sec, les ouvriers peuvent souvent fabriquer des logements temporaires à l'aide de bambous, de branchages, d'herbes sèches, de feuilles et de boue et autres matériaux semblables. Le ministère responsable des travaux réalisés par des méthodes manuelles peut aider les ouvriers en fournissant et en transportant les matériaux. Au Tchad, par exemple, le coût d'une maison construite en briques de pisé avec toit de

chaume, d'une superficie de 13 mètres carrés et d'une durée estimée à 5 ans, était de 300 dollars en 1978. Ce coût représente 0,17 dollar par homme et par jour de travail pendant une saison de 150 jours pendant 4 ans si le bâtiment est utilisé par 3 ouvriers (voir tableau 5-3). Sur les chantiers où les précipitations durent assez longtemps pendant la saison des travaux, il sera nécessaire de prévoir un local raisonnablement bien abrité de la pluie. Si le matériau de la toiture n'est pas imperméable à l'eau, le ministère pourra fournir des plaques en amiante ou en tôle galvanisée qui pourront être réutilisées pour des constructions semblables sur d'autres chantiers.

Tableau 5-3. Coût direct moyen d'un logement dans un campement au Tchad

	Main- d'oeuvre	Transport	Total
Coût direct moyen par baraquement (\$) <sup>a</sup>			
Enclos (30 baraquements x 1,02 l'un) <sup>b</sup>	31	-	31
Bois (y compris le transport sur 100 km)	7	23	30
Construction du campement, transport des matériaux secs, forage des puits et divers ouvrages	21	30	51
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>53</b>	<b>112</b>
Nombre moyen d'ouvriers par baraquement pendant la saison			5
Coût direct moyen par ouvrier (\$)			22
Salaires quotidiens moyens (\$)			1,6
Nombre de jours ouvrables (5 mois)			120
Coût direct d'un logement par ouvrier en pourcentage du salaire <sup>c</sup>			11

Note: Aux prix et salaires de 1978.

- Y compris outillage et chefs d'équipe, mais sans autres coûts d'encadrement ou frais généraux.
- Ce coût unitaire inclut une provision de 0,20 dollar pour les clôtures brûlées, brisées et volées.
- Coût direct par ouvrier divisé par le salaire total par ouvrier (salaire quotidien multiplié par le nombre de jours ouvrables), exprimé en pourcentage.

Source: Banque Mondiale.

Les baraquements préfabriqués sont utiles sur de petits chantiers qui ne durent que quelques semaines ou quelques mois. Mais ils ont des inconvénients: ils sont en général de petite dimension, insuffisamment isolés contre la chaleur et le froid, enfin, ils sont coûteux. Dans un projet réalisé en 1978 en Afrique, les coûts ont atteint 540 dollars pour un baraquement préfabriqué de 20 mètres carrés. Si quatre travailleurs sont logés dans chaque baraquement, et que les baraquements ont une durée de vie étalée sur trois saisons de 150 jours de travail chacune, le coût est d'environ 0,30 dollar par homme et par jour de travail. Si l'on y ajoute les sanitaires, les coûts de transport et de construction et la pose d'un socle surélevé sur trois chantiers différents, le coût total dépasserait 0,50 dollar par homme et par jour de travail.

Les tentes ne doivent être utilisées qu'en dernier recours pour abriter des bureaux. Elles conviennent le mieux aux enquêtes sur le terrain et au logement du personnel temporaire.

*Services publics et  
approvisionnements  
divers*

Si une source d'eau ne peut être atteinte à pied depuis le campement, il sera économique de creuser un puits muni d'une pompe manuelle afin d'assurer un approvisionnement temporaire. Au Tchad, le coût d'installation d'un puits de 25 mètres, y compris l'achat d'une pompe et de la tubulure de 150 millimètres de diamètre, a été d'environ 300 dollars en 1978. Si la pompe et la tubulure sont réutilisées, le coût annuel est ramené à environ 100 dollars par installation. Il est en outre possible d'amener l'eau au campement par citerne ou à l'aide d'une remorque avec tracteur. Si un tracteur avec une remorque-citerne de 5.000 litres et une pompe sont utilisés pour amener l'eau une fois par jour (en une heure) à 200 ouvriers à raison de 25 litres chacun, le coût, y compris les frais généraux, est d'environ 1.000 dollars pour une saison de six mois.

Si le bois de feu est rare, le département chargé des travaux doit y pourvoir. Les coûts sont variables, mais d'après l'expérience acquise en Inde, le coût a été d'environ 0,30 dollar par homme et par jour dans ce pays.

Dans des régions plus développées, la nourriture pourra être achetée sur les marchés locaux. Le conducteur de travaux devra prévoir le marché le jour de repos des ouvriers. Si le marché est trop éloigné pour que l'on s'y rende à pied, le conducteur de travaux devra prévoir un moyen de transport jusqu'au marché le plus proche, sinon prévoir le transport des travailleurs jusqu'au marché et retour tous les 15 jours ou toutes les semaines; enfin, il pourra ouvrir un magasin alimentaire qui vendra des produits au prix coûtant ou meilleur marché. Si possible, le magasin devra être tenu par un marchand local et le conducteur de travaux devra veiller à ce qu'il maintienne des stocks équivalants à un mois d'approvisionnement.

**TRANSPORTS**

Il faut habituellement prévoir un moyen de transport pour le personnel permanent, les matériaux et les travailleurs.

*Transport du  
personnel*

Le nombre de véhicules nécessaires pour le personnel permanent dépend de la dispersion des chantiers. Pour un projet dont les chantiers sont très dispersés et employant environ 1.000 travailleurs temporaires, il faut compter un véhicule pour le conducteur de travaux et un pour chaque cadre de supervision. Lorsque les chantiers sont rapprochés ou lorsque l'ensemble d'un projet est exécuté sur le même chantier, comme dans le cas d'un barrage, un ou deux véhicules suffiront. A l'intérieur du chantier, les cadres de supervision pourront utiliser une bicyclette, une motocyclette ou un cheval pour se déplacer.

Un ou plusieurs des véhicules devront avoir quatre roues motrices afin d'assurer le transport à travers des terrains accidentés. Des camionnettes à quatre roues motrices ont l'avantage de permettre le transport des approvisionnements nécessaires d'urgence jusqu'au chantier. Toutefois, l'achat et le fonctionnement des véhicules à quatre roues motrices étant coûteux, il convient de ne pas en prévoir inconsidérément l'acquisition.

Le contremaître, qui réside sur le chantier, n'a pas particulièrement besoin d'un moyen de transport extérieur. Il est toutefois souhaitable qu'il puisse se mettre en rapport rapidement avec le campement principal en

cas d'accident grave. Une solution efficace et relativement bon marché est de lui fournir un radio-téléphone.

Un camion à plate-forme suffit habituellement au transport de l'outillage et des matériaux pour un projet de terrassement employant jusqu'à 500 ouvriers. Une quantité suffisante d'outils et de matériaux doit être transportée depuis le campement du conducteur de travaux jusqu'à chaque chantier lorsque les travaux démarrent. Il convient d'établir un système de planification des approvisionnements pour un stock minimum afin d'espacer la fréquence des réapprovisionnements. Si le projet est bien organisé, aucun chantier ne devra être approvisionné plus souvent que tous les 15 jours ou tous les mois. La reconstitution des stocks devra être assurée par des livraisons régulières à plusieurs chantiers en une tournée. En cas de besoin imprévu, il devra être possible d'y faire face lorsque le conducteur de chantier ou le cadre de supervision effectuent leur tournée d'inspection.

Si les travaux exigent de grandes quantités de sable, d'agrégats ou d'autres matériaux, les livraisons de routine ne suffiront pas et des tournées spéciales devront être effectuées. Si un ou plusieurs véhicules sont déjà utilisés, il sera souvent plus économique de louer des moyens de transport que d'acheter des véhicules qui risqueront par la suite de rester longtemps inutilisés.

Lorsque les salaires sont versés sous forme de nourriture, il faut prévoir des dates de livraison régulières afin que les ouvriers soient payés à la date prévue sur tous les chantiers. Il convient en outre de leur fournir des sacs ou des emballages leur permettant d'emporter leur nourriture chez eux.

Le transport quotidien de la main-d'oeuvre peut être une entreprise coûteuse. Il devra être évité chaque fois que possible par le recrutement du personnel dans le voisinage immédiat du chantier. En cas d'impossibilité, il conviendra de comparer le coût du transport quotidien des ouvriers depuis des villages éloignés au coût de construction de baraquements pour la main-d'oeuvre. Les véhicules utilisés pour le transport des graviers ou d'autres matériaux pourront aussi servir avant et après les heures de travail pour le transport de la main-d'oeuvre. Mais en général, mieux vaut éviter l'utilisation de ce matériel étant donné que les coûts de fonctionnement augmentent rapidement, que les véhicules doivent être remplacés plus rapidement et qu'il faudra finalement recruter des chauffeurs supplémentaires.

Le tableau 5-4 présente un exemple de calcul des coûts qu'entraîne le transport quotidien des ouvriers habitant loin des chantiers. Si, par hypothèse, dans un chantier de construction moyen, un camion permet de transporter 100 ouvriers, le tableau 5-4 permet de dégager deux conclusions principales:

- \* Le coût de transport quotidien en proportion des salaires peut varier d'environ 20 % lorsque les ouvriers habitent dans un rayon de 5 kilomètres du chantier à 60 % lorsqu'ils vivent jusqu'à 20 kilomètres.

*Transport  
des matériaux*

*Transport de la  
main-d'oeuvre*

- \* Le temps passé par les camions à transporter la main-d'oeuvre peut varier entre 25 % et 75 % du nombre d'heures normales de travail quotidien pour des distances correspondantes.

Si les remorques avec tracteur (qui servent normalement au transport) sont aussi utilisées pour le transport de la main-d'oeuvre, le temps passé par les tracteurs à transporter la main-d'oeuvre est encore proportionnellement plus long que leur nombre d'heures de travail normal (par comparaison avec les camions) parce qu'ils se déplacent plus lentement.

Tableau 5-4. Exemple de calcul des besoins de transport quotidien de la main-d'oeuvre jusqu'au chantier

	Distance moyenne d'un trajet <sup>a</sup>	
	5 km	20 km
Durée du trajet aller et retour (heure)	0,5	1,5
Nombre de trajets par camion et par jour (matin et soir) <sup>b</sup>	20	20
Capacité de transport de la main-d'oeuvre (véhicule-heure/jour) <sup>c</sup>	10	30
Coût de transport de la main-d'oeuvre par jour	\$100	\$300
Capacité totale des camions (heure/jour) <sup>d</sup>	40	40
Coût salarial total de la main-d'oeuvre par jour <sup>e</sup>	\$500	\$500
Pourcentage de la capacité totale des camions consacré au transport de la main-d'oeuvre	25 %	75 %
Coût de transport de la main-d'oeuvre en pourcentage supplémentaire de la masse salariale	20 %	60 %

Note: Les calculs se fondent sur les hypothèses suivantes:

Nombre d'ouvriers à transporter	500
Salaire des ouvriers	\$1/jour
Camion à plate-forme, 10 tonnes, prix comprenant le carburant, le chauffeur, etc.	\$10/heure
Vitesse moyenne	30 km/h
Chargement, temps d'attente à chaque trajet	10 min
Contenance du camion	50 hommes
Nombre de camions par groupe de 500 ouvriers	5

- Distance aller simple.
- Nombre d'ouvriers à transporter divisé par la contenance du camion "x" par le nombre de trajets par jour et par ouvrier (deux par hypothèse).
- Nombre de trajets par camion "x" par durée du trajet.
- Nombre de camions "x" nombre d'heures par jour ouvré (huit par hypothèse).
- Nombre d'ouvriers "x" salaire quotidien par ouvrier.

Source: Banque Mondiale.

Pour planifier la logistique du transport de la main-d'oeuvre, le conducteur de travaux doit tenir compte des considérations suivantes:

- \* Quelle est la distance maximum que les ouvriers peuvent raisonnablement parcourir à pied chaque jour? Cette distance de déplacement à pied est probablement de 4 à 6 kilomètres.
- \* A l'intérieur de ce rayon, combien peut-on espérer recruter d'ouvriers?
- \* Par conséquent, combien d'ouvriers doit-on faire venir de l'extérieur? De quelle distance?
- \* Où peuvent être logés les ouvriers venant de l'extérieur?
- \* Quel sera le moyen de transport des ouvriers venant de l'extérieur entre leur logement et le chantier? Viendront-ils à pied? Seront-ils transportés par des camions du projet? Par des remorques et tracteurs? Par des moyens de transport publics?

Les facteurs décisifs de l'efficacité du transport des travailleurs entre leur logement et le chantier et retour sont les suivants:

- \* Le pourcentage d'heures par véhicule disponible qui sera utilisé pour transporter la main-d'oeuvre.
- \* Le pourcentage de la masse salariale de la main-d'oeuvre venant de l'extérieur qui sera dépensé en transport.
- \* Le pourcentage de la masse salariale totale qui sera consacré aux coûts de transport.

Les coûts de la logistique liée à la main-d'oeuvre sont un élément important des frais généraux lorsque les opérations réalisées par des méthodes manuelles prennent de l'ampleur et que le nombre d'ouvriers recrutés augmente. Le conducteur de travaux devra évaluer les frais généraux relatifs à la main-d'oeuvre sous forme de coût par homme et par jour ouvré pour les ouvriers venant de l'extérieur et pour l'ensemble des ouvriers. Ces estimations lui permettront de calculer le coût marginal du recrutement de la main-d'oeuvre à l'extérieur du chantier et de déterminer si les frais généraux supplémentaires sont justifiés au regard des travaux que peuvent exécuter les ouvriers venant de l'extérieur pour accélérer l'achèvement du projet. Des entreprises de l'Inde ont estimé que les frais généraux, exprimés en pourcentage du coût salarial des ouvriers venant de l'extérieur et vivant dans des huttes de branchages à proximité du chantier, sont les suivants:

Transport jusqu'au chantier et retour	3-7 %
Logement, eau et bois de feu	5 %
Avance de salaire (considérée comme créance irrécouvrable)	5 %
Total	environ 15 %

Les frais généraux peuvent beaucoup varier d'un chantier à l'autre. Ils doivent être évalués attentivement dans chaque cas selon les avantages obtenus. Le tableau 5-3 montre, par exemple, que la première année, les coûts de construction de huttes de branchages dans un projet réalisé au Tchad ont représenté à eux seuls 11 % des coûts salariaux.

#### FRAIS GENERAUX POUR LA MAIN- D'OEUVRE VENANT DE L'EXTERIEUR

**PUBLICATIONS  
INTERESSANT  
CE CHAPITRE**

*Guide to Tools and Equipment for Labor-based Road Construction.* Genève: Organisation internationale du travail, 1981. Aussi, W. Armstrong, *Better Tools for the Job: Specifications for Hand Tools and Equipment.* Londres. Intermediate Technology Publications, Ltd., 1980. Description d'outils et de matériel simple pouvant être utilisés pour la construction et l'entretien de routes.

*Labor Intensive Construction Unit Survey.* Maseru, Lesotho: Ministère des travaux publics, 1977. Etude pratique de calculs de l'offre de main-d'oeuvre pour chaque chantier.

Vaidya, K.G. *Kenya Labor Supply Study: Final Report.* Londres: Ministère du développement, 1979. Etude détaillée des problèmes de l'offre de main-d'oeuvre.

Banque Mondiale, Ministère des travaux publics du Kenya et service de technologie du Ministère du développement du Royaume-Uni. *Technical Manual.* Nairobi, Kenya: Ministère des travaux publics, 1978. Etude des problèmes de planification des chantiers et méthodes de comparaison après expérimentation et essais.





Le présent chapitre traite des aspects de l'aménagement du chantier intéressant les travaux faisant appel à la main-d'oeuvre et qui ne sont pas exposés habituellement dans les manuels techniques. Il s'attache en particulier au type de travaux convenant à l'amélioration de l'infrastructure rurale pour lesquels les méthodes manuelles sont habituellement les plus compétitives. Les sujets traités sont l'établissement des plans, l'arpentage, le débroussaillage, l'organisation des terrassements, l'établissement des devis quantitatifs et l'entretien du produit terminé.

Les principales caractéristiques du plan sont fixées dans les instructions communiquées par l'administration centrale aux conducteurs de travaux; elles indiquent les points de détail laissés à la discrétion du personnel du chantier. Cet ouvrage n'est pas un manuel d'établissement des plans et les pages qui suivent ont simplement pour propos d'aider les techniciens de chantier ayant une expérience limitée des opérations faisant appel à la main-d'oeuvre.

Le plan judicieux de toute installation d'infrastructure comporte quatre éléments qui doivent être pesés: le coût des travaux, le coût de l'entretien, le coût pour l'utilisateur (ou coût d'exploitation) et les avantages pour l'utilisateur. Dans un projet routier, l'étude de ces divers coûts peut être présentée de la façon suivante:

- \* Les coûts de construction peuvent être réduits si les normes de compactage sont abaissées, ou si des matériaux de qualité inférieure sont utilisés; il en résulte toutefois une augmentation des coûts d'entretien.

- \* Les coûts de construction peuvent être réduits si les pentes autorisées sont plus fortes; il en résulte toutefois une diminution des avantages pour l'utilisateur.

Les conducteurs de travaux sont rarement en mesure de prendre des décisions ayant une incidence importante sur les coûts d'entretien, ou sur les coûts ou les avantages pour l'utilisateur. Le principal objectif d'un conducteur de travaux réalisés par des méthodes manuelles doit être d'établir les plans d'un projet qui, à l'intérieur des limites imposées par l'administration centrale, réduiront au minimum les coûts des travaux.

Le plan le plus économique est celui qui exige le moins de déplacement des matériaux. Les autres facteurs entrant en ligne de compte sont les différences de distance de transport, qui peuvent être favorables à l'extraction et à l'utilisation de plus grandes quantités de matériaux meubles à la place de plus faibles quantités de matériaux plus durs (en particulier les roches), les coûts unitaires, qui peuvent être réduits si les matériaux peuvent être transportés en terrain plat ou en descente plutôt qu'en montée, le choix des itinéraires ou des chantiers à proximité de sources d'eau, afin de réduire les coûts de compactage, et le choix d'un tracé évitant la construction de franchissements de cours d'eau coûteux ou l'extraction de matériaux, même si la route doit être plus longue.

*Caractéristiques techniques des matériaux*

Les méthodes manuelles permettent d'exploiter des carrières de plus petite dimension que celles qui font appel à des machines; de surcroît, la main-d'oeuvre peut extraire les matériaux de façon plus sélective que les machines. Cette souplesse des méthodes manuelles peut être mise à profit si les caractéristiques techniques permettent l'utilisation de sols et de roches de types divers pour la construction des sous-couches ou le revêtement des canaux et des digues. Les caractéristiques techniques permettront par exemple de prévoir une épaisseur différente en fonction de la qualité des matériaux. S'il est possible de choisir, un calcul rapide fera apparaître les coûts comparatifs. Le tableau 6-1 présente un exemple dans lequel il est plus économique d'utiliser une pierre plus tendre provenant de la carrière A, même si la quantité de pierres nécessaire est plus importante, que d'utiliser des matériaux plus durs provenant de la carrière B pour laquelle la distance de transport est supérieure.

*Plan des travaux routiers*

Les conducteurs de travaux des projets routiers pourront trouver utiles les notes ci-après sur l'établissement des plans des travaux routiers:

- \* Etablir le plan de la route de façon à réduire au minimum les mouvements de matériaux.
- \* En terrain accidenté, choisir les lignes de crête et suivre les courbes de niveau dans toute la mesure du possible.
- \* Prévoir le tracé de façon à éviter des franchissements de cours d'eau nombreux et importants. Choisir les franchissements aux endroits où la construction d'un pont sera simple ou à ceux qui permettent l'utilisation d'un bac en toutes saisons.
- \* Lorsque des cours d'eau peu profonds traversent la route, envisager un "passage submersible" muni de ponceaux, de gués ou de chaussée empierrée.
- \* Pour choisir l'itinéraire, tenir compte de la proximité de matériaux convenant à des routes.

- \* Les coûts de construction peuvent être réduits si les pentes autorisées sont plus fortes; il en résulte toutefois une diminution des avantages pour l'utilisateur.

Les conducteurs de travaux sont rarement en mesure de prendre des décisions ayant une incidence importante sur les coûts d'entretien, ou sur les coûts ou les avantages pour l'utilisateur. Le principal objectif d'un conducteur de travaux réalisés par des méthodes manuelles doit être d'établir les plans d'un projet qui, à l'intérieur des limites imposées par l'administration centrale, réduiront au minimum les coûts des travaux.

Le plan le plus économique est celui qui exige le moins de déplacement des matériaux. Les autres facteurs entrant en ligne de compte sont les différences de distance de transport, qui peuvent être favorables à l'extraction et à l'utilisation de plus grandes quantités de matériaux meubles à la place de plus faibles quantités de matériaux plus durs (en particulier les roches), les coûts unitaires, qui peuvent être réduits si les matériaux peuvent être transportés en terrain plat ou en descente plutôt qu'en montée, le choix des itinéraires ou des chantiers à proximité de sources d'eau, afin de réduire les coûts de compactage, et le choix d'un tracé évitant la construction de franchissements de cours d'eau coûteux ou l'extraction de matériaux, même si la route doit être plus longue.

*Caractéristiques  
techniques des  
matériaux*

Les méthodes manuelles permettent d'exploiter des carrières de plus petite dimension que celles qui font appel à des machines; de surcroît, la main-d'oeuvre peut extraire les matériaux de façon plus sélective que les machines. Cette souplesse des méthodes manuelles peut être mise à profit si les caractéristiques techniques permettent l'utilisation de sols et de roches de types divers pour la construction des sous-couches ou le revêtement des canaux et des digues. Les caractéristiques techniques permettront par exemple de prévoir une épaisseur différente en fonction de la qualité des matériaux. S'il est possible de choisir, un calcul rapide fera apparaître les coûts comparatifs. Le tableau 6-1 présente un exemple dans lequel il est plus économique d'utiliser une pierre plus tendre provenant de la carrière A, même si la quantité de pierres nécessaire est plus importante, que d'utiliser des matériaux plus durs provenant de la carrière B pour laquelle la distance de transport est supérieure.

*Plan des  
travaux routiers*

Les conducteurs de travaux des projets routiers pourront trouver utiles les notes ci-après sur l'établissement des plans des travaux routiers:

- \* Etablir le plan de la route de façon à réduire au minimum les mouvements de matériaux.
- \* En terrain accidenté, choisir les lignes de crête et suivre les courbes de niveau dans toute la mesure du possible.
- \* Prévoir le tracé de façon à éviter des franchissements de cours d'eau nombreux et importants. Choisir les franchissements aux endroits où la construction d'un pont sera simple ou à ceux qui permettent l'utilisation d'un bac en toutes saisons.
- \* Lorsque des cours d'eau peu profonds traversent la route, envisager un "passage submersible" muni de ponceaux, de gués ou de chaussée empierrée.
- \* Pour choisir l'itinéraire, tenir compte de la proximité de matériaux convenant à des routes.

Tableau 6-1. Exemple de calcul pour la sélection d'une carrière

	Carrière A	Carrière B
<b>Hypothèses</b>		
Distance de transport (dans un sens) (L)	3 km	10 km
Capacité de transport des camions (C)	10 tonnes	10 tonnes
Vitesse moyenne des camions (aller et retour) (S)	20 km/heure	25 km/heure
Quantité de pierres par km de route (Q)	1.600 t.	1.000 t.
Productivité de la carrière (P)	1,5 t/H-j	1,0 t/H-j
Frais d'exploitation du camion (T)	\$8/heure	\$8/heure
Salaire des carriers (R)	\$0,8/jour	\$0,8/jour
<b>Calculs:</b>		
Coût de transport par km de route		
$\left( \frac{Q \times L \times T}{C \times S} \right)$	\$384	\$640
Coût de production des pierres par km de route		
$\left( Q \times \frac{R}{P} \right)$	\$853	\$800
Productivité et coût de transport par km de route		
	\$1.237	\$1.440

Note: Les coûts de chargement et de déchargement aux deux carrières sont faibles et il n'en est pas tenu compte dans le présent exemple.

Source: Banque Mondiale.

- \* Etablir le tracé afin d'éviter par la suite d'avoir à le rectifier (par exemple, en atténuant les courbures et les pentes) et à élargir la route.
- \* Prévoir un nombre de zones de dépassement suffisant. Le tronçon de route entre deux zones de dépassement doit être visible des deux côtés.
- \* Si possible, abattre les arbres à une distance du bord de la route égale à la hauteur des arbres (davantage si la route est orientée d'est en ouest) afin de faciliter le séchage après la pluie.
- \* Eviter de construire deux courbes séparées par une courte ligne droite. Il est préférable d'aménager une courbe plus longue.
- \* Eviter toute courbe horizontale au sommet ou juste après une courbe verticale là où le chauffeur ne pourra pas la voir.
- \* Prévoir un drainage suffisant. Un mauvais drainage est la cause la plus fréquente de la détérioration d'une route; la force portante d'une route gorgée d'eau diminue beaucoup.
- \* Construire des fossés de drainage larges et peu profonds. Des drains de grande largeur permettent à l'eau de s'écouler plus lentement que des drains étroits, ce qui atténue l'érosion du fossé. En outre, les drains larges sont moins facilement obstrués et plus faciles à entretenir que des drains étroits.

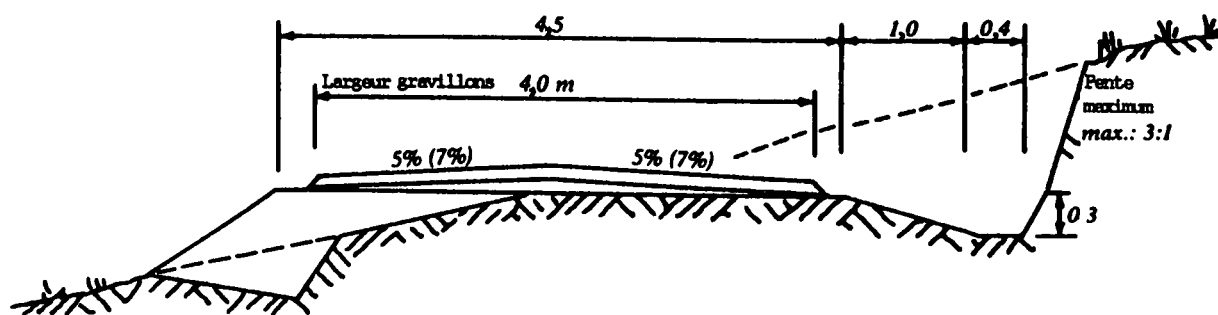
La figure 6-1 illustre les caractéristiques habituelles de la section transversale et des dimensions de routes rurales dans un programme réalisé au Kenya.

Lorsque les travaux sont relativement dispersés, comme dans le cas de la construction de petits canaux ou périmètres irrigables, la main-d'oeuvre peut être répartie sur une superficie étendue. Les champs plats ou terrassés, qui sont essentiels pour l'irrigation par submersion, peuvent être nivelés en même temps. Les matériaux extraits des canaux et autres travaux de nivellement ne devant être transportés que sur de courtes distances avant d'être étalés, les méthodes manuelles sont efficaces. Le matériel tiré par des animaux peut aussi être utile, en particulier les décapeuses.

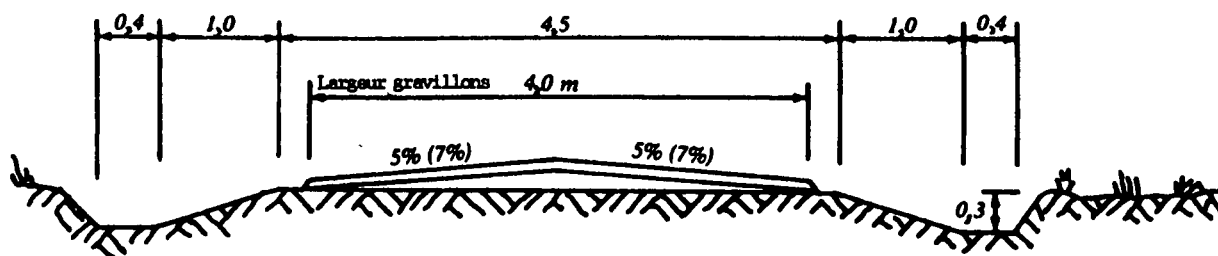
Pour construire un canal de grandes dimensions, les méthodes manuelles peuvent aussi faire concurrence au matériel, mais les canaux doivent être conçus de façon à pouvoir être construits par petits tronçons, les terrassements étant effectués par déplacements de terre transversaux. Divers tronçons peuvent être confiés à des équipes ou à des entrepreneurs, selon l'organisation du chantier.

Figure 6-1. Coupe transversale et caractéristiques géométriques de routes rurales exécutées par des méthodes manuelles

A. Coupe transversale sur terrain incliné



B. Coupe transversale en terrain plat



Note: les caractéristiques de la route sont les suivantes:

Pente longitudinale: maximum 8 %, sauf sur de courtes distances où 12 % sont acceptables.

Courbures: rayon de 30 mètres souhaitable et minimum absolu de 15 mètres pour des courbures horizontales.

Chaussée: plate-forme de 4,5 mètres de largeur (route en terre); largeur gravillonnée: 4 mètres.

Bombement: sol non compacté, non tassé: 7 %; sol compacté (avant gravillonnage): 5 %.

Source: D'après les travaux de l'unité technique de la Banque Mondiale rattachée au Programme de routes rurales d'accès du Kenya.

Les travaux d'arpentage de haute précision sont normalement effectués par les techniciens de l'administration centrale. Les travaux d'arpentage habituellement confiés au conducteur de travaux comportent des levés topographiques préliminaires permettant de choisir le tracé des routes ou des canaux, notamment les routes de service et les routes d'accès, ou l'emplacement d'un barrage ou des digues de protection contre les inondations, des levés des bassins hydrographiques préalablement à l'établissement des plans d'un barrage, d'un pont et de ponceaux, des levés de la zone de retenue du lac, des enquêtes pédologiques afin de vérifier la qualité du sous-sol, des levés plus précis du site ou de l'itinéraire choisis afin d'évaluer la quantité de matériaux nécessaires, enfin, le piquetage du tracé ou de l'emplacement des travaux sur le terrain, notamment les routes de service et les routes d'accès, les ouvrages et divers autres éléments des travaux.

Pour effectuer les levés du tracé de routes secondaires et tertiaires, il suffit souvent de conduire le long de l'itinéraire proposé un véhicule à quatre roues motrices. Les itinéraires peuvent être reportés sur des cartes à grande échelle et la lecture du compteur kilométrique du véhicule permet de mesurer la distance.

Le levé topographique a pour but de déterminer l'emplacement ou l'itinéraire le plus économique des ouvrages envisagés. Pour un projet peu coûteux, l'opération consiste normalement à relever en se déplaçant à pied sur la zone choisie les tracés ou sites possibles, les carrières éventuelles et l'état du sol. Un clinomètre, une ficelle de maçon et un mètre constituent l'outillage minimum nécessaire pour ces travaux de repérage.

*Levés  
topographiques*

La superficie du bassin versant peut être estimée à l'aide de cartes indiquant les courbes de niveau ou de photographies aériennes, mais ce travail est normalement effectué par les techniciens du chantier. Les levés plus détaillés doivent être pris en charge par les techniciens de l'administration centrale. Pour calculer le volume d'eau contenu dans une retenue, il est nécessaire de tracer des lignes de niveau équidistantes d'un mètre; ce travail exige des ficelles de maçon, des instruments de nivelage, des mires et, de préférence, un théodolite.

Il est utile de disposer de données sur les caractéristiques des sols, à la fois pour choisir les sites et les itinéraires et pour faciliter la conception et l'établissement des spécifications du projet. Habituellement, le conducteur de travaux enverra des échantillons à un laboratoire des sols. Il faut toutefois reconnaître que dans de nombreux pays en développement ces laboratoires sont rares et tendent à être monopolisés par des projets ayant la préférence. En outre, les tests de laboratoire peuvent être coûteux et prendre du temps lorsqu'il s'agit de projets dispersés qui sont mieux adaptés aux méthodes manuelles.

*Enquêtes  
pédologiques*

Le conducteur de travaux devra donc probablement effectuer lui-même certains des tests décrits ci-après. Ces tests in situ, utilisés en même temps que des tests de laboratoire portant sur des échantillons semblables pour d'autres projets et complétés par de sérieuses observations sur la façon dont des matériaux semblables se sont comportés, permettront de réunir des informations suffisantes pour prendre des décisions techniques judicieuses.

**TESTS DETERMINANT LE POURCENTAGE DE FINES.** Prélever à la main ou à l'aide d'un tamis un échantillon représentatif du sol et en éliminer les particules d'un diamètre supérieur à 10 millimètres. Mettre ensuite le sol dans un flacon de verre (d'une contenance d'un demi-litre environ) jusqu'à ce qu'il soit rempli au tiers. Ajouter de l'eau jusqu'aux deux tiers. Fermer le flacon et le retourner, le secouer vigoureusement pendant trente secondes et laisser reposer le mélange. Si l'eau redevient claire dans la minute qui suit, il s'agit d'un sol sableux ne contenant ni limon ni argile. Si l'eau reste trouble, la laisser reposer pendant une heure. Puis secouer de nouveau le flacon et laisser reposer pendant environ 8 heures. Au bout de 7 heures, les plus grosses particules se seront déposées au fond, mais les particules plus fines se décanteront plus lentement. Il apparaît une ligne assez nette au-dessous de laquelle on peut observer les particules à l'oeil nu; le sol semble changer légèrement de couleur de part et d'autre de cette ligne. Les particules situées au-dessous de la ligne sont celles du sable et des graviers; celles qui subsistent au-dessus de la ligne forment du limon et de l'argile. Le "pourcentage de fines" est la proportion exprimée en pourcentage, de la hauteur du limon et de l'argile dans le flacon.

**TEST DE CONSISTANCE A LA DENT (POUR LE SABLE).** Placer un peu de sol sur la langue et le faire passer entre les dents. Le sable contenu dans le sol semble dur, mais l'argile et le limon laissent l'impression de grains beaucoup plus fins.

**ESSAI D'AGITATION (POUR LE LIMON).** Prélever un échantillon de sol humide et le pétrir dans le creux de la main. Lorsqu'il s'agit de limon, l'eau apparaît à la surface qui devient brillante et meuble. Ecraser l'échantillon entre les doigts rend l'échantillon sec de nouveau lorsqu'il s'agit de limon, mais non lorsqu'il s'agit d'argile.

**VERIFICATION DE LA TENEUR EN EAU A LA MAIN.** Ce test n'est pas très exact, mais très facile à réaliser. Prendre un morceau de terre et l'écraser dans le creux de la main. S'il est humide ou glisse entre les doigts, le sol est trop chargé d'eau pour être compacté. Si, lorsque l'on ouvre de nouveau la main, l'argile contenue dans le sol colle aux doigts et à la paume de la main, l'humidité est aussi excessive. Rouler l'échantillon pour lui donner la forme d'une boule de 3 centimètres de diamètre, et l'écraser entre le pouce et l'index. S'il se casse nettement en deux gros morceaux, le sol a une teneur en humidité suffisante pour être compacté.

### *Piquetage*

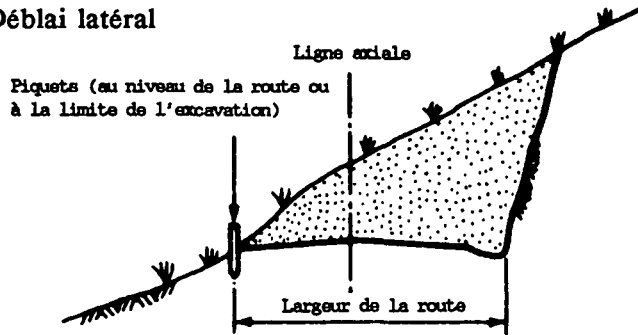
Pour piqueter l'étendue ou la position de chaque partie d'un ouvrage, les instruments et le matériel nécessaires sont essentiellement les mêmes que ceux qui sont utilisés pour effectuer les premiers levés. Le piquetage sert à garantir que les ouvrages sont construits dans une position correcte et à rectifier les alignements et les niveaux.

Pour entreprendre le piquetage des routes et canaux, il est tout d'abord nécessaire de déterminer la ligne axiale. Des jalons sont disposés le long de cette ligne et enlevés pendant les travaux; il faut donc d'autres redans et jalons, placés à distance des ouvrages. Si les branchages ne suffisent pas à faire des piquets, il faudra soit importer des piquets, ce qui peut être coûteux, soit utiliser des tas de pierres, des socles en maçonnerie ou des marques peintes sur les pierres.

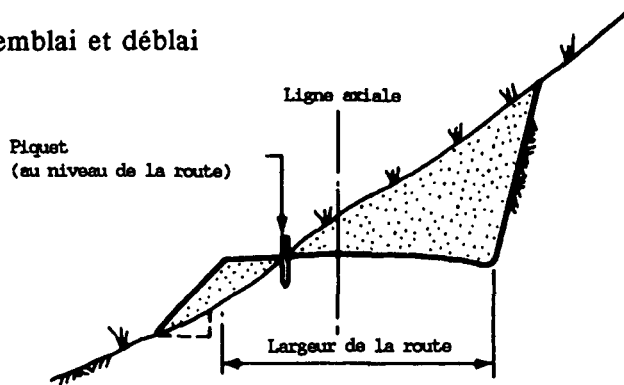
La figure 6-2 montre une façon économique de piqueter des terrassements utilisée au Kenya. L'espacement des premiers piquets varie avec la nature du sol et le type d'ouvrage à construire, mais en tout état de cause il ne doit pas dépasser 50 mètres.

Figure 6-2. Méthode de jalonnement des terrassements pour un programme de construction de routes rurales

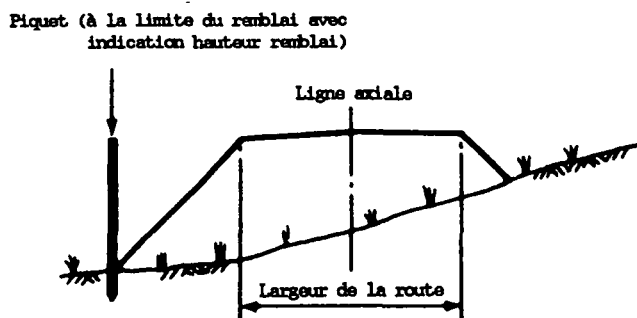
#### A. Déblai latéral



#### B. Remblai et déblai



#### C. Remblai



Source: Banque Mondiale.

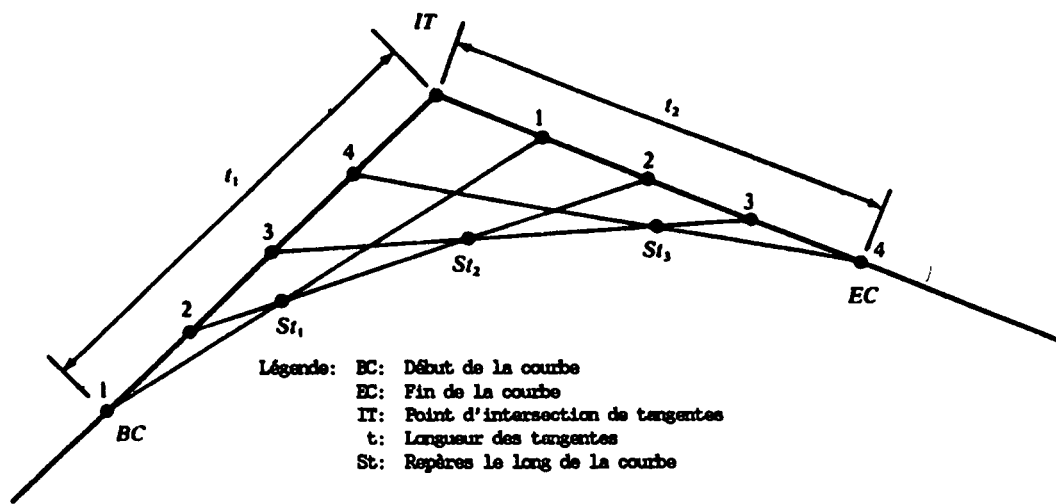
Les lignes et courbes peuvent être piquetées à l'aide d'un théodolite lorsque les travaux doivent être très précis. Pour la plupart des ouvrages de développement rural, on peut effectuer le piquetage de la route à l'oeil nu ou piqueter les lignes droites à l'oeil nu et les courbes à l'aide de cordons et de ficelles, comme le montre la figure 6-3. Les canaux exigent un nivelage précis, mais pour les routes rurales un clinomètre suffit.



Une fois les premiers piquets posés, le conducteur de travaux doit pouvoir enseigner aux contremaîtres et même aux chefs d'équipe comment effectuer des opérations plus détaillées, comme vérifier les alignements sur le chantier. Des cordeaux peuvent servir à marquer la ligne et des cordeaux ou des planches profilées à marquer les niveaux. Des gabarits et des niveaux à bulle permettront de délimiter la courbure des routes et la pente des ponceaux et les cordeaux à vérifier la régularité de la surface en graviers.

Le matériel mentionné est simple et les contremaîtres et chefs d'équipe peuvent facilement en comprendre le maniement si les conducteurs de travaux se donnent la peine de le leur expliquer. La ficelle est un instrument particulièrement utile et souvent négligé.

Figure 6-3. Tracé d'une courbe régulière à l'aide de cordes et rubans



*Note:* Lorsque la situation le permet, la courbe doit être tracée à partir de tangentes égales afin que la partie la plus incurvée ne soit pas plus près d'une tangente que de l'autre. Lorsqu'il est nécessaire d'éviter un obstacle, par exemple, une des tangentes peut être plus courte afin d'être adaptée à l'état du terrain.

La méthode est la suivante:

1. On choisit le point d'intersection des tangentes en se déplaçant sur le terrain et on détermine et mesure la longueur des tangentes qui convient le mieux.

2. On détermine ensuite sur les lignes droites les points BC et EC des tangentes.

3. Chaque tangente est divisée en un nombre égal de segments numérotés comme l'indique la figure.

4. Les points de la courbe sont repérés sur le sol et alignés à l'aide de cordes.

Le repère 1 est situé à l'intersection de la droite 1-1 et de la droite 2-2.

Le repère 2 est situé à l'intersection de la droite 2-2 et de la droite 3-3.

Le repère 3 est situé à l'intersection de la droite 3-3 et de la droite 4-4.

Source: Gouvernement du Kenya.

## DEFRICHAGE DU CHANTIER

La main-d'oeuvre peut être utilisée efficacement pour éliminer les herbes et la végétation du chantier et des carrières. Pour abattre les arbres, la main-d'oeuvre devra être équipée de haches et de houes à essarter de bonne qualité ainsi que de matériel de levage, comme des treuils. On peut aussi utiliser des animaux pour évacuer les arbres abattus sur de courtes distances.

La terre végétale doit être enlevée de tous les chantiers, des carrières et gîtes de matériaux, mais elle peut habituellement être conservée sous les routes de service et les hangars de stockage. Elle peut être rapidement évacuée par la main-d'oeuvre qui pourra apprendre rapidement à distinguer entre les matières organiques et les matières inorganiques. Cette terre végétale provenant de terrains temporairement acquis doit être conservée pour être ensuite rendue à l'agriculture. Une fois terminés les travaux d'excavation, le terrain doit être nivelé et nettoyé avant que la terre végétale soit remise en place et le terrain rendu à ses propriétaires. La terre végétale enlevée des talus devra être remplacée sur le côté du remblai terminé, si les bas côtés doivent ensuite être engazonnés pour être stabilisés.

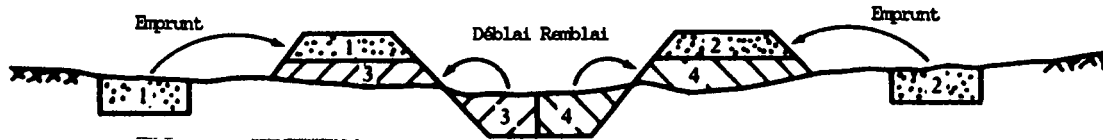
## ORGANISATION DES TERRASSEMENTS

Les terrassements représentent souvent 50 % ou plus des coûts directs d'un projet. Ils se décomposent en six activités principales: excavation, chargement, transport, épandage et compactage. Toutes ces activités peuvent être accomplies efficacement par de la main-d'oeuvre non qualifiée. L'excavation de roches dures, le compactage en masse et le transport sur des distances supérieures à 500 mètres sont habituellement effectués plus efficacement par la main-d'oeuvre avec l'aide d'animaux. Dans ce cas, on utilise généralement des machines. Le volume des terrassements nécessaires et la longueur des déplacements pour la construction d'une route sont déterminés par les normes techniques retenues pour les courbes du tracé en plan, les pentes, la largeur de la route et l'emplacement choisi, ainsi que par le tracé en plan et l'axe de la route. Les facteurs qui déterminent le meilleur tracé et le succès de l'exécution des travaux par des méthodes manuelles sont l'expérience et la connaissance qu'a le conducteur de travaux de la capacité de production de son unité de construction.

Dans la construction de canaux, de digues ou de routes, le déplacement de terre par des méthodes manuelles sera plus efficace s'il est effectué à angle droit par rapport à l'axe des travaux (transports de terre transversaux). Cette observation vaut pour le sol amené sur l'emplacement des travaux (remblai par apport transversal) et pour le sol qui en est évacué (déblai). Le transport transversal est souvent effectué sur une distance d'un jet de pelle mais peut aussi être rentable pour deux fois cette distance; autrement, il est indiqué d'utiliser des brouettes. Dans la construction de canaux, le sol extrait du lit doit, s'il a la qualité qui convient, être utilisé pour aménager les berges; mais pour calculer les volumes, il faut compter jusqu'à 20 % de plus entre le volume du sol sur place (avant extraction) et le volume de remblai compacté. Il reste donc une certaine quantité de terre qui doit être évacuée ou empruntée ailleurs. Les figures 6-4 et 6-5 illustrent différentes méthodes de transport transversal de terre.

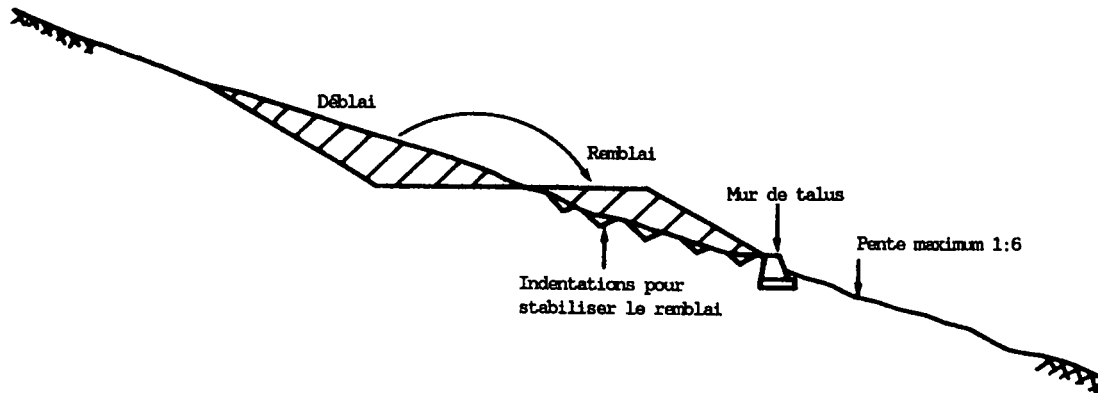
### *Déplacements de terre transversaux*

Figure 6-4. Transport transversal de terre pour le creusement d'un canal



Source: Banque Mondiale.

Figure 6-5. Déblai et remblai équilibrés transversalement dans la construction de routes



*Note:* Cette technique ne doit être utilisée qu'après vérification de la stabilité ultérieure du remblai.

Source: Banque Mondiale.

Dans la construction de digues de protection contre les inondations ou de routes en terrain plat, le matériau de remblai doit être amené, de préférence, de gîtes à matériaux situés à proximité des ouvrages afin de réduire les distances de transport. Lorsque les routes traversent un terrain légèrement incliné, en pente transversale par rapport aux accotements, les remblais et déblais peuvent se compenser, ce qui réduit le volume des matériaux à extraire ainsi que les opérations de chargement et la distance moyenne de transport.

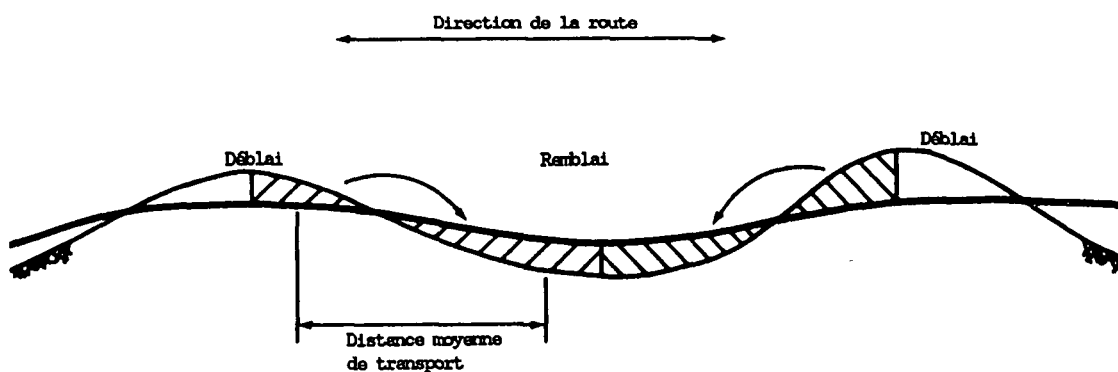
La technique représentée sur la figure 6-5 est efficace et il est souhaitable de l'utiliser, mais ne donne pas toujours satisfaction pour les routes de montagne. Dans ce cas, la pente latérale du terrain sera probablement forte et la partie remblayée risque d'être instable. Il est parfois nécessaire de construire la route en déblai sur toute la largeur. Les matériaux extraits peuvent être répandus le long de la pente, mais tout matériau pouvant être utilisé pour construire la couche de base, les culées de ponts ou les agrégats du béton doit être mis de côté.

Dans la construction de routes et canaux à l'aide de machines, les déblais et remblais sont habituellement équilibrés longitudinalement, les matériaux extraits des parties élevées du terrain suivant l'axe des travaux étant utilisés pour combler les parties en creux. Et c'est ce qu'illustre la figure 6-6.

Cette méthode convient lorsque l'on utilise des machines qui permettent des coûts de transport relativement faibles, mais n'est acceptable que dans des cas précis avec les méthodes manuelles, c'est-à-dire lorsqu'il n'est pas possible ou encore qu'il n'est pas souhaitable d'effectuer des remblais et déblais transversaux. Dans ce cas, et en particulier si des animaux de trait bon marché peuvent être utilisés, il peut être avantageux d'effectuer des remblais et déblais longitudinaux sur des distances de 500 mètres au maximum.

Le conducteur de travaux chargé d'un projet faisant appel à des méthodes manuelles doit souvent choisir entre ces deux méthodes de remblai et déblai. Il peut réaliser une fouille, disperser les matériaux extraits et remblayer à l'aide d'un apport de matériaux provenant d'un gîte situé à proximité, ou encore il peut déblayer et remblayer par des transports longitudinaux jusqu'au remblai. Dans le premier cas, les travaux d'extraction des matériaux sont plus importants, mais les distances de transport plus courtes. A l'évidence, il existe un seuil de rentabilité entre la méthode utilisant les transports longitudinaux et la méthode recourant aux transports transversaux de matériaux; c'est au conducteur de travaux qu'il appartient de calculer les coûts afin de déterminer ce seuil. Dans le cas des méthodes manuelles, l'équilibrage longitudinal des déblais et remblais est généralement impossible sur des distances de plus de 100 mètres (en terrain meuble) ou 200 mètres (en terrain dur). Cette méthode convient rarement en terrain montagneux, où les ouvrages suivent habituellement les lignes de niveau le long de la pente et n'entraînent pas la construction de banquettes. De surcroît, la distance limite de transport en cas de déblais et remblais longitudinaux diminue rapidement sur un terrain en pente. Comme la productivité des brouettes et des charrettes à animaux diminue, on doit recourir à des méthodes beaucoup moins efficaces comme le transport par paniers sur la tête ou à dos d'homme.

Figure 6-6. Remblai et déblai équilibrés longitudinalement



Source: Banque Mondiale.

Lorsque les méthodes manuelles sont utilisées, les gîtes de matériaux sont habituellement situés le long des ouvrages et aussi près que possible. Les gîtes à matériaux doivent si possible être créés des deux côtés de l'axe des travaux, en particulier s'il faut d'importantes quantités de matériaux de remblai et que les distances de transport sont longues. Pour certains ouvrages, il faut ménager un espace entre la plate-forme et le rebord du gîte afin d'y aménager une route de servitude pendant les travaux ou, dans le cas de canaux et de digues, pour prévenir les infiltrations d'eau. Il faut parfois aussi prévoir des levées entre les gîtes à matériaux afin de prévenir l'érosion due à l'écoulement de l'eau dans les gîtes en cas de pluie. Les caractéristiques techniques d'autres ouvrages exigeront peut-être le creusement d'un large fossé le long de la route, auquel cas ce fossé pourra servir de gîte à matériaux et les travaux se ramèneront dans ce cas à des remblais et déblais transversaux.

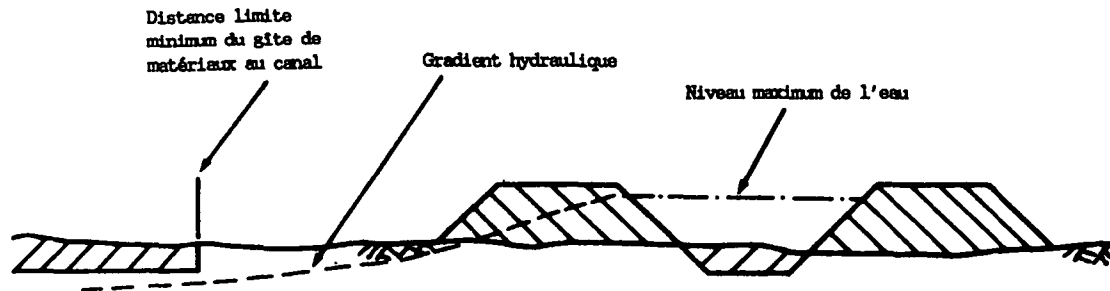
Sur des terre agricoles, la largeur et la profondeur des gîtes à matériaux peuvent être limitées parce qu'il est nécessaire de rendre les terres à leur vocation agricole après l'achèvement des travaux. La profondeur peut aussi être limitée lorsque l'on atteint des sols ou des roches ne pouvant être creusés. Si aucun facteur physique ne vient limiter la dimension du gîte, on peut en déterminer les dimensions optimales en comparant le coût unitaire d'une couche de remblai supplémentaire extrait de la profondeur maximale au coût unitaire du transport supplémentaire des matériaux provenant de gîtes moins profonds mais plus éloignés. Chaque fois que possible, la profondeur doit être de 1 mètre parce que dans ce cas l'excavation verticale est nettement plus rentable qu'à une profondeur moindre. L'excavation et le compactage seront d'autant plus faciles que la teneur naturelle du sol en humidité restera constante. Ces observations sont illustrées sur la figure 6-7 et le tableau 6-2 donne des exemples de calcul.

Les gîtes à matériaux doivent être implantés de façon à réduire au minimum la nécessité de soulever les matériaux pour former les remblais. Le mieux serait que les matériaux soient transportés le long d'une pente légèrement inclinée (dans le sens du déplacement en charge) de 4 % au maximum. Des pentes raides (plus de 5 %) sont à éviter, la raison en étant que même si les matériaux sont transportés en descente, les hommes et les animaux doivent remonter, portant leur propre poids. S'il est impossible d'éviter une distance de transport verticale importante, il est préférable d'implanter le gîte à matériaux au-dessus des ouvrages plutôt qu'en dessous. On peut dire approximativement que 1 mètre de transport en pente équivaut à 10 mètres en terrain plat pour comparer les avantages des divers gîtes à matériaux.

Pour déterminer l'emplacement des gîtes à matériaux lorsque le transport est effectué à l'aide d'animaux ou de véhicules, le conducteur de travaux ne doit pas oublier que les coûts de transport par véhicule dépendent moins étroitement des pentes du terrain et que les coûts unitaires de transport sur un mètre de plus, soit par une charrette à animal, soit par un véhicule sont nettement inférieurs aux coûts de transport par la main-d'oeuvre. Une fois qu'il a été décidé de recourir à des animaux ou à des véhicules, il est intéressant d'allonger la distance de transport pour éviter des sols durs, contrairement à ce qui se passe en cas de transport par des moyens manuels.

Figure 6-7. Coupe transversale type de canaux et de routes

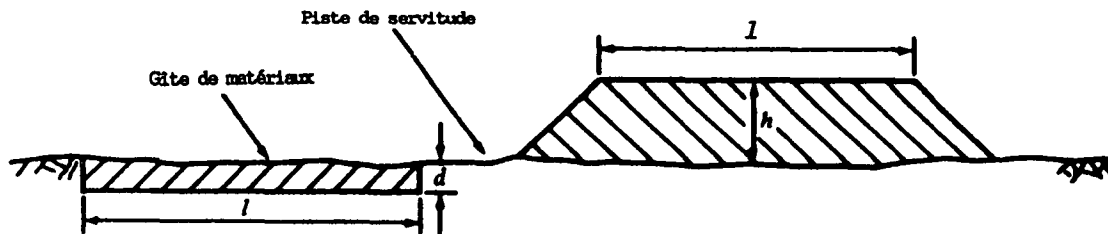
## A. Canal



## B. Route sur plate-forme basse avec fossés de drainage



## C. Route sur plate-forme élevée avec piste de servitude et sans fossés



Source: Banque Mondiale.

Les ouvriers mesurent habituellement la profondeur d'un gîte à matériaux en laissant dans la fouille des "corps morts" (c'est-à-dire des colonnes de terrain) jusqu'à ce que les mesures soient effectuées. Les gîtes doivent être numérotés afin de faciliter ensuite l'enregistrement des mesures.

Les projets comportant des remblais élevés posent des problèmes particuliers que le conducteur de travaux doit régler lorsqu'il organise le chantier. La construction de barrages en terre, par exemple, exige des remblais volumineux et par conséquent des fouilles importantes, en particulier si la profondeur de chaque fouille est limitée. Dans les terrains accidentés, les quantités de sol convenant à ces travaux ne seront parfois disponibles qu'à une certaine distance du chantier. Les distances de transport pourront donc dépasser de 150 à 200 mètres, ce qui est la longueur efficace si l'on utilise des brouettes, et il faudra alors utiliser des animaux ou des véhicules.

*Construction de remblais élevés*

Tableau 6-2. Exemple de calcul de la dimension optimale d'un gîte à matériaux

	Formule	Valeur
<b>Hypothèses<sup>a</sup></b>		
Largeur de plate-forme (w)		8 m
Hauteur du talus (h)		6 m
Pentes latérales		1 à 2
Densité du sol sur place		1,5 tonne/m <sup>3</sup>
Densité du sol compacté		1,86 tonne/m <sup>3</sup>
Levées transversales (1 m de large)		tous les 10 m
Longueur optimale du gîte (l)		10 x profondeur (d)
<b>Calculs</b>		
Superficie de la coupe transversale du remblai	$h(w + 2h)$	120 m <sup>2</sup>
Coefficient de correction des levées transversales	1,86/1,55	1,20
Superficie de la coupe transversale	$120 \times 1,20 \times 1,1$	158 m <sup>2</sup>
Superficie de la coupe transversale de chaque gîte	158/2	79 m <sup>2</sup>
Dimension optimale de chaque gîte	$l \times d = 10d \times d = 10d^2$	79 m <sup>2</sup>
Profondeur optimale	$d = \sqrt{7,9}$	2,8 m
Longueur optimale	$l = 79/2,8$	28 m

*Note:* Voir les coupes transversales et l'explication des symboles sur la figure 6-7.

a. La profondeur d'un gîte est supposée être illimitée. Les superficies nécessaires sont par hypothèse disponibles sur les deux côtés de la route.

Source: Banque Mondiale.

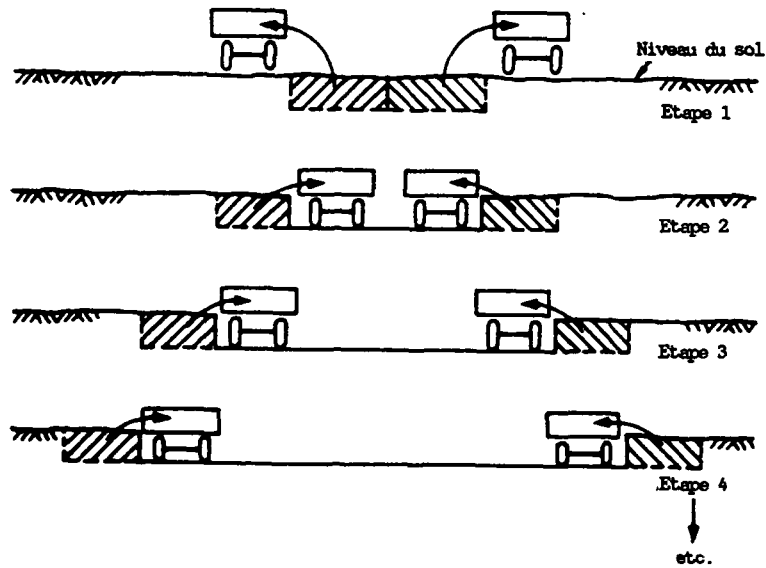
Lorsque des brouettes ou des véhicules à roues servent au transport des matériaux déblayés, le conducteur de travaux doit dresser le plan du gîte à matériaux en indiquant les emplacements et les pistes de transport à travers les gîtes ou entre. Il est important que ce plan soit mûrement réfléchi pour que les brouettes ou les véhicules n'aient pas à descendre au fond du gîte sans nécessité. En outre, ce plan permettra de réduire au minimum les déviations qu'auront à emprunter les véhicules pour éviter les anciens gîtes ou les excavations en cours.

Si des levées doivent être aménagées en travers des gîtes pour éviter l'érosion du sol par la pluie, la surface devra être divisée en blocs rectangulaires suffisamment longs pour que les rampes réservées aux brouettes ou aux charrettes aient une pente maximum en descente de 15%. Les levées doivent être suffisamment larges pour que les véhicules de transport puissent les emprunter. Pour réduire au minimum la largeur des levées dans des gîtes importants, il y aura lieu de prévoir des sens uniques. On trouvera sur la figure 6-8 un exemple d'aménagement d'un gîte qu'empruntent des charrettes ou des véhicules.

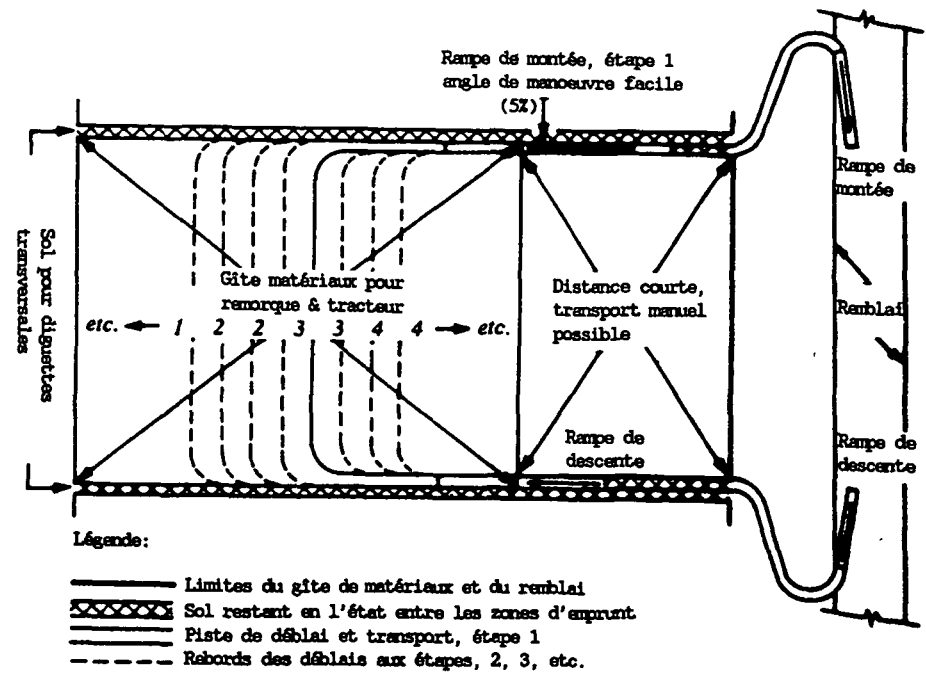
Le conducteur de travaux devra aussi envisager diverses méthodes de transport adaptées aux diverses distances et pentes, celles-ci variant à mesure que les travaux se déplacent sur le chantier. Dans ce cas, les terrassements peuvent être effectués en deux étapes, convenant chacune à une méthode de transport différente. On écrira dans les paragraphes suivants les diverses étapes de la construction de remblais élevés permettant de tirer avantage au maximum des caractéristiques particulières de

Figure 6-8. Organisation d'un gîte de matériaux pour l'utilisation de charrettes et de véhicules

A. Etape de l'excavation



B. Plan du gîte de matériaux



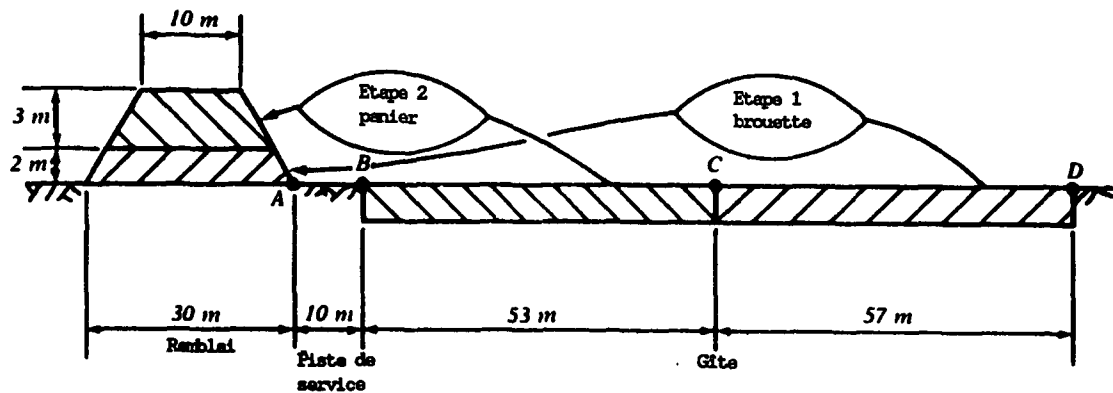
Source: Banque Mondiale.



différentes méthodes de transport. Le transport des matériaux par des paniers portés sur la tête ou des brouettes est décrit à titre d'illustration, mais le principe s'applique à de nombreuses combinaisons de modes de transport.

Les paniers portés sur la tête ou les palanches conviennent parfaitement aux courtes distances et aux fortes pentes; les brouettes sont préférables pour des distances plus grandes si la piste ne comporte pas de longues pentes raides. La figure 6-9 et le tableau 6-3 illustrent le cas où les excavations doivent commencer à une extrémité du gîte à matériaux d'où le transport doit être effectué à l'aide des brouettes en direction du remblai, les paniers prenant la place des brouettes lorsque la pente devient trop forte. Dans l'exemple, l'élévation est par hypothèse limitée à deux mètres, ce qui correspond à une distance de transport de 57 mètres.

Figure 6-9. Etapes de la construction d'un remblai à l'aide de brouettes et de paniers portés sur la tête



Source: Banque Mondiale.

L'élévation maximum de deux mètres pour les brouettes correspond au maximum pratique pour un ouvrier faisant un aller et retour. Les brouettes peuvent être utilisées pour des hauteurs de plus de deux mètres, mais il faut pour plus d'efficacité utiliser alors des rampes, des treuils ou un second ouvrier. Après avoir effectué des calculs présentés dans le tableau 6-3, le conducteur de travaux pourra estimer qu'une distance de 53 mètres est trop longue pour le transport à l'aide de paniers placés sur la tête, et pourra décider d'aménager des rampes pour allonger la distance de transport possible par brouettes. En terrain plat, la distance limite de transport entre le panier et la brouette est généralement de 20 à 30 mètres, mais elle peut être allongée sur des terrains en pente avec l'aide de moyens de transport supplémentaires, treuils ou rampes. Le coût de construction de rampes perpendiculaires à la direction du remblai peut être nul si l'on utilise des rampes de terre parallèles aux bords du gîte à matériaux. On pourra effectuer des comparaisons détaillées de la productivité et des coûts des différentes méthodes à l'aide des données présentées dans l'annexe F (Données sur la productivité et effets des paramètres).

Tableau 6-3. Exemple de calcul des étapes de la construction d'un talus à l'aide de brouettes et de paniers portés sur la tête

Formule	Valeur	
<b>Hypothèses</b>		
Dimensions du talus		
Hauteur	5 m	
Largeur au sommet	10 m	
Pente	1 à 2	
Profondeur du gîte	1 m	
Coefficient de correction des terrassements	1,1	
Utilisation de brouettes pour une distance égale à la hauteur du remblai		
	2 m	
<b>Calculs</b>		
Largeur du talus à la base	$10 + 2 \times 5 \times 5$	20 m
Surface de la coupe transversale du talus	$5 \times \frac{10 + 30}{2}$	100 m <sup>2</sup>
Surface de la coupe transversale du gîte	$100 \times 1,1$	110 m <sup>2</sup>
Longueur du gîte de matériaux (BD)	$\frac{110}{1,0}$	110 m
Surface de la coupe transversale du talus jusqu'à 2 m de hauteur	$2 \times \frac{30 + 22}{2}$	52 m <sup>2</sup>
Longueur du gîte de matériaux pour transport par brouette (CD)	$\frac{52 \times 1,1}{1,0}$	57 m
Distance BC	$110 - 57$	53 m
Distance moyenne de transport par brouette	$\frac{57 + 30}{2} + 10 + 53$	107 m
Distance moyenne de transport par panier	$\frac{53 + 30}{2} + 10$	51 m

Note: Voir la figure 6-9 pour la coupe transversale et l'explication des symboles.

Source: Banque Mondiale.

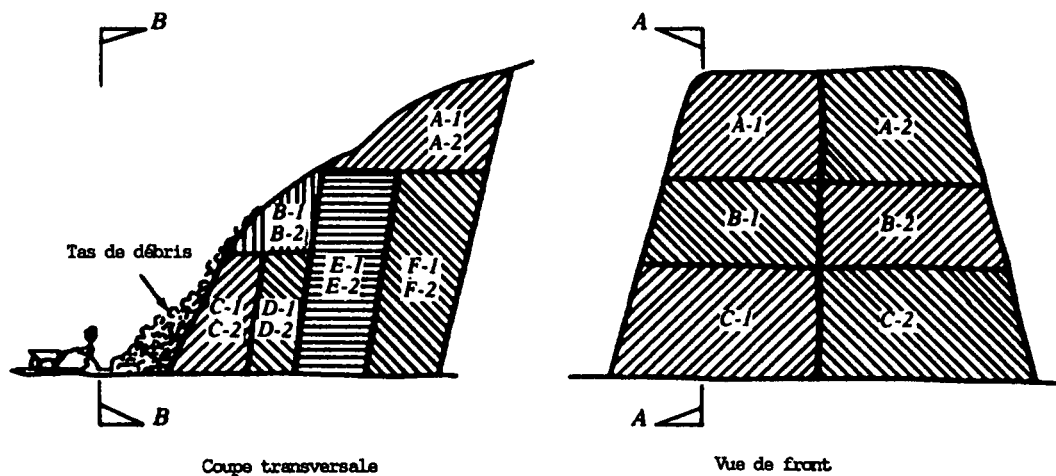
Les charrettes tirées par des animaux, les camions à plate-forme et les remorques avec tracteur sont généralement plus efficaces sur des distances de plus de 150 mètres, mais ils exigent la construction de rampes longues ayant de faibles pentes. Là encore, ces rampes allongent la distance de transport, en particulier parce qu'elles sont larges et qu'il vaut mieux qu'elles soient espacées. Elles peuvent aussi gêner le compactage qui est effectué pour les couches successives formant le remblai. Lorsque des véhicules à roues sont utilisés, il est avantageux de prévoir les étapes des travaux de la même façon que dans l'exemple où sont utilisés des charrettes et des paniers portés sur la tête. La plate-forme du remblai sera effectuée à l'aide d'un véhicule ayant un long rayon d'action. La partie moyenne pourra être construite par des brouettes pouvant être déplacées sur 150 mètres au maximum. Si la distance de transport est trop courte, les matériaux de la partie supérieure pourront être amenés par de paniers portés sur la tête. Toutefois, dans les pays où les paniers et les palanches ne sont pas couramment utilisés, les matériaux devront être transportés par brouettes sur des distances d'environ 5 mètres qui sont supérieures à un jet de pelle.

Lorsque les routes sont construites en terrain accidenté, les terrassements exigent souvent l'extraction de matériaux le long d'une pente. Le déblai peut avoir une profondeur considérable et les matériaux extraits tombent

*Excavation  
longitudinale*

parfois de plusieurs mètres de hauteur sur la plate-forme de la route. Pour des raisons de sécurité et de facilité, l'extraction des matériaux doit être séparée du transport. On peut, pour y parvenir, aménager une série de banquettes correspondant chacune à une journée de travail. Les ouvriers chargés de l'extraction peuvent travailler successivement à chaque extrémité de la banquette et ceux qui les transportent évacuer les matériaux extraits le jour précédent. On a pu observer que ce système, illustré sur la figure 6-10 et le tableau 6-4, permet pratiquement de doubler la production d'une équipe. De même, lorsque les terrassements sont exécutés à l'explosif, le forage et l'évacuation des matériaux excavés doivent être effectués alternativement en deux emplacements nettement séparés afin d'éviter l'interruption du transport.

Figure 6-10. Excavation longitudinale par banquettes



Source: Banque Mondiale.

Tout matériau extrait pouvant être utile, comme les roches pour construire la couche de base ou mur de soutènement ou le gravier pour constituer la couche de surface, doit être mis de côté. En terrain rocheux, les matériaux doivent être extraits uniquement sur la largeur minimum nécessaire au trafic. L'équipe chargée de l'extraction doit progresser, en évitant les endroits rocheux où sera utilisé un matériel de forage, c'est-à-dire lorsque les travaux représenteront plusieurs journées. Les rochers isolés ou de grandes dimensions peuvent être extraits par forage thermique et extinction.

Lorsque les routes sont construites au niveau du sol, on peut creuser des fossés de drainage peu profonds en même temps que sont effectués les terrassements, les matériaux extraits étant utilisés pour le remblai. Dans le cas des routes construites sur des pentes, les fossés seront creusés après construction de la couche de base, afin de laisser plus d'espace qu'habituellement à l'entreposage des matériaux et à la manoeuvre des véhicules. Les fossés seront donc creusés immédiatement après construction de la couche de base et les matériaux seront évacués de la pente du remblai afin de prévenir l'érosion.

Tableau 6-4. Calendrier des opérations d'excavation et de transport

Jour	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Activité	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Excavation	A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2	D-1	D-2	E-1	E-2	F-1	F-2	-
Transport	-	A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2	D-1	D-2	E-1	E-2	F-1	F-2

Source: Banque Mondiale.

La figure 6-11 montre la séquence des opérations utilisée au Kenya pour construire une route perpendiculaire à la pente. En terrain plus plat, les opérations seraient les mêmes, mais deux fossés devraient être creusés au lieu d'un. Toutes les opérations consistent en déblai et remblai, les distances étant suffisamment courtes pour que le remblai soit construit à la pelle. Lorsque les matériaux de remblai sont étalés sur la surface de la route, le bombement pourra atteindre une hauteur de 7 %. Après compactage, il sera ramené à 5 % environ, ce qui permet un drainage suffisant à tout moment. Pour construire une route par cette méthode, il faut que le tracé soit toujours au niveau du sol ou presque. Le tracé devra avoir des rayons de courbure assez faibles et aura de fortes pentes lorsque les accidents du terrain l'exigent.

*Nivellement pour  
des routes rurales*

Le compactage de la couche de base et de la couche de fondation ainsi que du remblai des barrages, des berges des canaux, des digues et autres ouvrages semblables présente une importance considérable. Pour qu'il soit convenablement effectué, des compacteurs mécaniques doivent être utilisés.

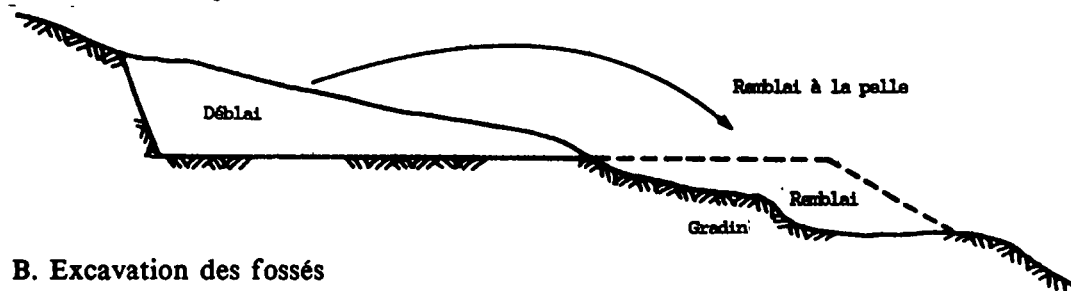
*Epannage, arrosage  
et compactage*

Suivant les règles techniques de compactage, le sol doit être étalé en plusieurs couches couvrant une partie ou toute la largeur du remblai. L'épandage des matériaux sera plus facile si les bords du remblai sont repérés par des piquets ou des pieux à chaque niveau à mesure que le remblai s'élève. En outre, si les véhicules de transport se déplacent lentement tout en déversant les matériaux ou lorsque ceux-ci sont déchargés manuellement, l'effort nécessaire à l'épandage est ensuite réduit. Tout matériel comme les pistes pour brouettes, les treuils et les rails doivent être enlevés avant le compactage de chaque couche. Pour obtenir un compactage de bonne qualité, les grosses mottes de terre doivent être brisées. Si elles ne le sont pas par les ouvriers chargés de l'excavation avant le chargement du sol, soit pour épargner aux ouvriers un effort excessif, soit pour faciliter le chargement, il y aura lieu de faire passer un camion d'épandage supplémentaire pour briser les mottes avant le compactage.

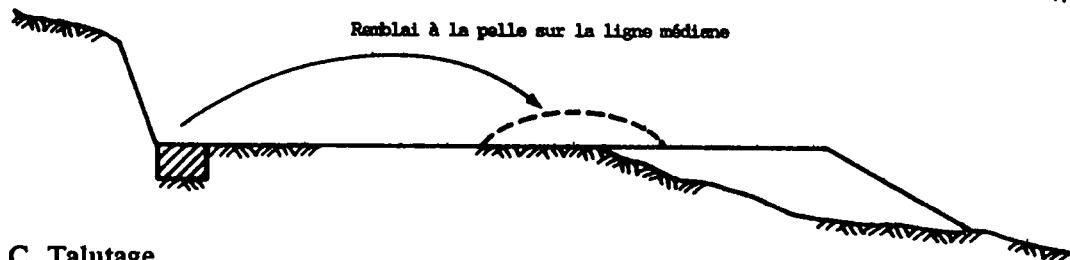
La quantité d'eau nécessaire au compactage peut être réduite si les travaux de terrassement sont exécutés tout de suite après les pluies par excavation en butte et par compactage du sol dès que possible après l'épandage, avant que l'humidité naturelle ne s'évapore. Pour que l'eau soit régulièrement distribuée, il pourra être souhaitable d'humidifier le sol se trouvant dans le gîte à matériaux. Cette opération facilitera par ailleurs l'excavation des matériaux naturellement compacts et secs. La quantité d'eau par mètre cube de sol doit être convertie en quantité par mètre carré en fonction de l'épaisseur des couches. Cette quantité peut ensuite être exprimée en nombre de seaux, de fûts ou de citernes pour une longueur donnée de remblai.

Figure 6-11. Etapes des terrassements pour la construction d'une route d'accès

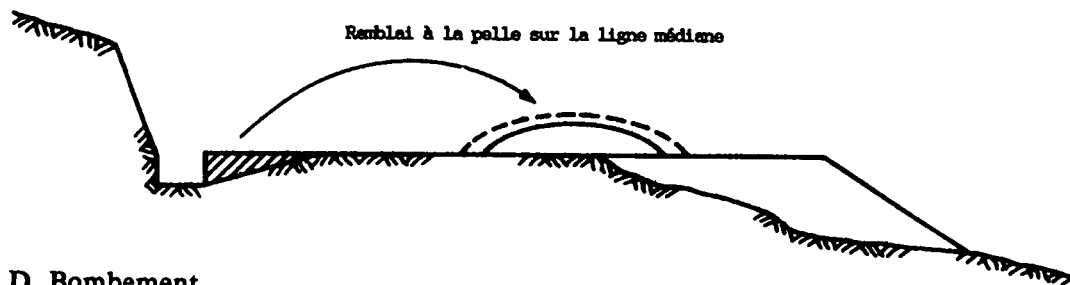
A. Excavations pour nivellement



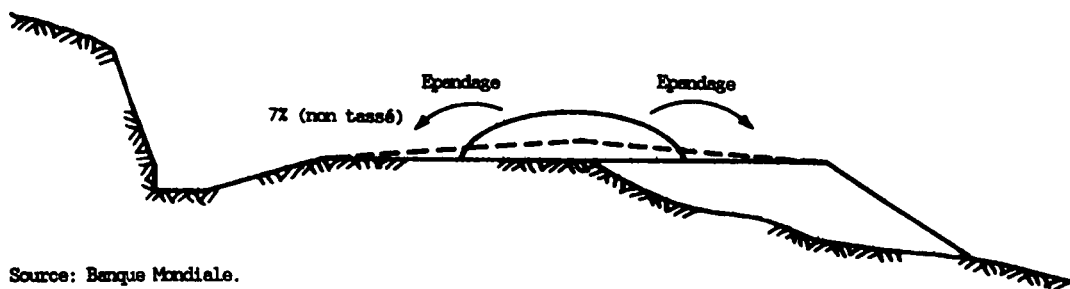
B. Excavation des fossés



C. Talutage



D. Bombement



Source: Banque Mondiale.

Le matériel de compactage étant fréquemment sous-utilisé, il importe d'en adapter la capacité à celle de l'équipe chargée des terrassements. De nombreuses routes secondaires sont construites sur des pistes existantes ayant déjà été utilisées par des véhicules. Il est avantageux de laisser ces véhicules emprunter la zone de terrassement où leur passage accroîtra sensiblement le compactage à peu de frais.

**CHOIX ET  
MANUTENTION  
DES MATERIAUX**

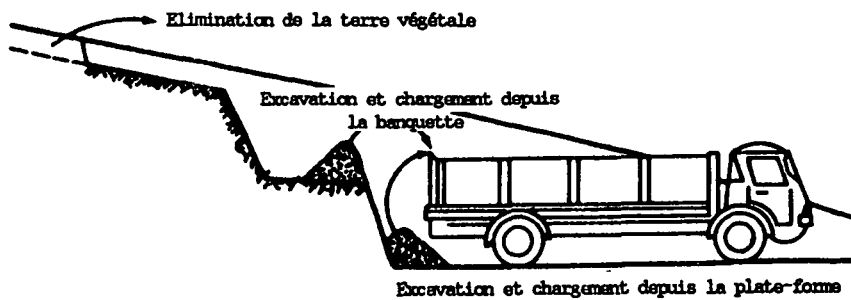
Du choix des matériaux dépend souvent la réussite des opérations faisant appel à la main-d'oeuvre. On abordera dans la présente section plusieurs questions concernant les matériaux: choix des carrières, choix des méthodes de concassage et de broyage, choix des matériaux de la couche de base et fabrication des revêtements hydrocarbonés, du béton et de la maçonnerie.

Les principaux facteurs devant entrer en ligne de compte dans le choix d'une carrière sont le coût d'enlèvement des terres de couverture et d'ouverture de la carrière, le coût d'excavation, le coût du concassage ou du broyage des roches (dans les carrières de pierres), la possibilité d'aménager un emplacement pour le concassage ou d'installer un broyeur (dans les carrières de pierres), la distance de transport par des moyens manuels et la distance entre le front de la carrière et le point de chargement du véhicule, enfin le coût du véhicule de transport (y compris la facilité de chargement et de manoeuvre dans la carrière, l'état des routes d'accès ainsi que la distance de transport et les montées et descentes).

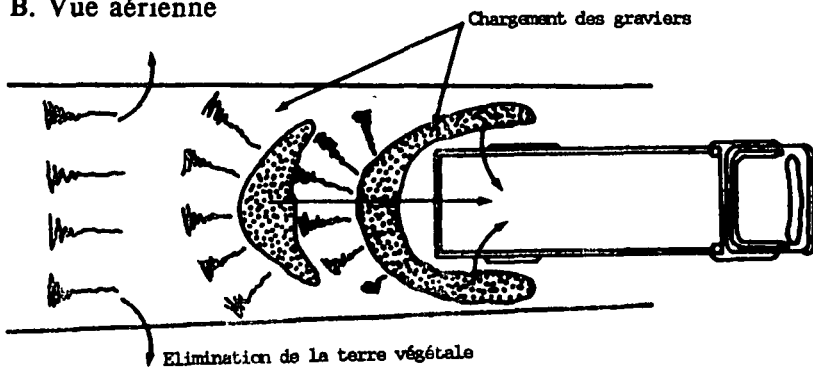
Le coût du concassage ou du broyage des pierres et le coût du transport par véhicule entre la carrière et le chantier sont habituellement les deux plus importantes considérations. Toutefois, si les quantités de matériaux à extraire sont peu importantes, les coûts fixes d'ouverture de la carrière, de l'aménagement des accès et d'installation d'un broyeur risquent de dépasser l'ensemble des coûts de fonctionnement. Si l'on peut choisir entre plusieurs carrières, il conviendra d'effectuer une comparaison des coûts suivant les principes exposés dans le tableau 6-1.

Figure 6-12. Fonctionnement d'une carrière de graviers

#### A. Coupe transversale



#### B. Vue aérienne



Source: Banque Mondiale.

Les plates-formes et les trémies de chargement permettent de réduire au minimum le temps de chargement, en particulier si les camions sont utilisés pour le transport des matériaux. Ce matériel peut être particulièrement rentable dans les carrières situées sur des terrains en pente. Dans

certains cas, la configuration elle-même pourra être utilisée pour aménager des plates-formes de travail. La figure 6-12 indique le plan de situation d'une carrière de graviers au Lesotho, où les camions à benne basculante sont chargés à la main à partir d'une levée de dolérite mûrie. La pente de la carrière est utilisée pour aménager des banquettes de chargement.

Une part importante du coût d'extraction des matériaux de la carrière est représentée par les coûts de manutention, du fait que de nombreux matériaux subissent plusieurs traitements, notamment l'excavation, le concassage, le broyage, le stockage, le métrage, l'empilage et le remblayage. Les travaux doivent être organisés de façon à réduire au minimum le déplacement des matériaux d'un emplacement à l'autre.

Comme dans le cas de terrassements transversaux, l'excavation et l'enlèvement des matériaux d'un terrain en forte pente doivent alterner un jour sur deux. A mesure que l'extraction avance, les plates-formes de chargement des véhicules doivent être déplacées pour rester à proximité du front de carrière. Lorsque les matériaux sont transportés par camions, l'équipe de chargement doit comporter autant d'ouvriers que possible pour réduire au minimum le temps de chargement. Les opérations effectuées par tracteur et remorque exigent beaucoup d'espace et des plates-formes de chargement pouvant contenir deux remorques. Le plan de la carrière doit être tel qu'un tracteur peut déposer une remorque vide et accrocher une remorque pleine sans avoir à faire marche arrière. On trouvera dans l'annexe A (Inventaire des méthodes de construction) des exemples de plans de situation de carrières permettant le chargement d'une remorque avec tracteur.

### *Concassage manuel des pierres*

Lorsque les pierres doivent être concassées à la main, cette opération peut être effectuée soit dans la carrière soit à proximité du point d'extraction de la pierre. Le concassage des pierres dans la carrière présente deux avantages potentiels: les carrières sont souvent plus spacieuses que le bord des routes, en particulier en terrain accidenté, et les pierres concassées dans la carrière peuvent être déversées du véhicule directement sur la chaussée. Le concassage dans la carrière présente toutefois deux inconvénients: les agrégats sont plus difficiles à charger dans les véhicules que les rochers, ce qui occasionne des retards dans la carrière, et il est en général plus difficile d'aménager l'accès des véhicules à toute la carrière que le long d'une route.

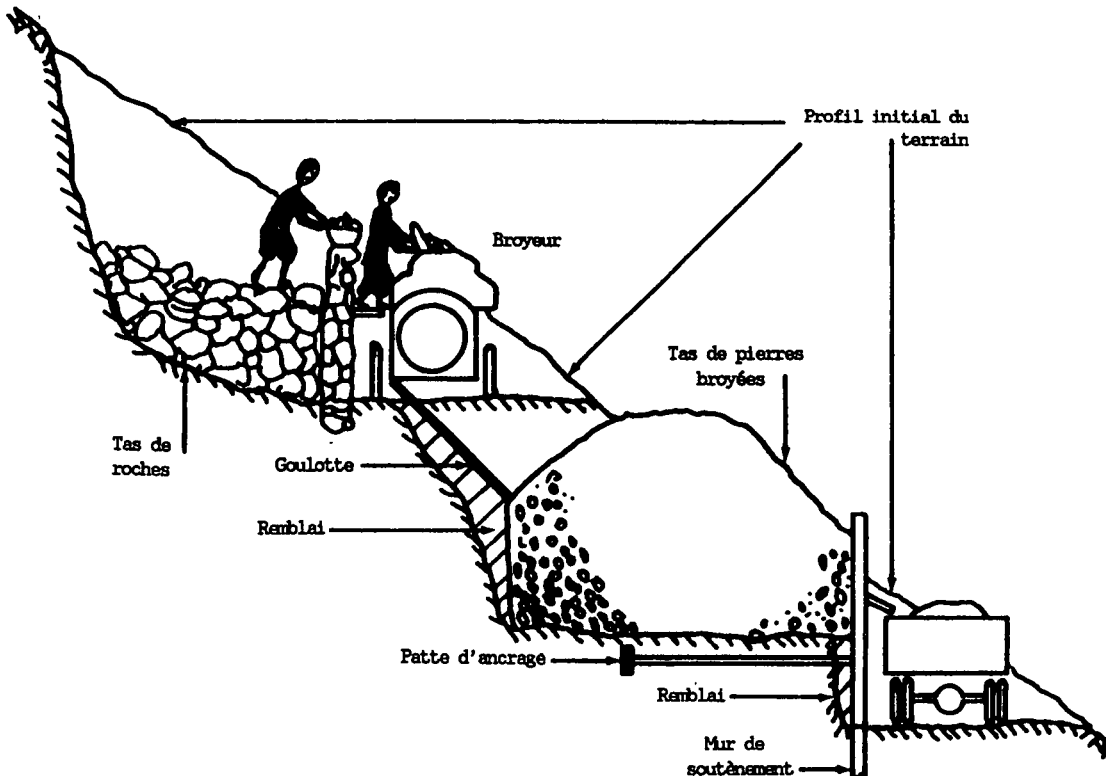
Bien que les casseurs de pierres ne soient pas normalement classés dans la catégorie des travailleurs qualifiés, leur travail est dur et il convient de n'employer que des ouvriers expérimentés. Il importe en particulier qu'ils soient équipés de massettes ayant le poids voulu (voir annexe C. Note sur les outils manuels et le matériel léger) et bien entretenues.

### *Concassage*

Les concasseurs doivent être installés dans un emplacement suffisamment spacieux pour que l'on puisse y entasser les rochers et le concassé produit. Le chargeur doit alimenter en permanence le concasseur afin de maintenir la production. L'emplacement idéal permet d'alimenter le concasseur d'un niveau supérieur à celui où il est installé. Le chargeur doit se tenir sur une plate-forme où les rochers lui sont présentés à hauteur de la taille. Le concassé tombe sur l'aire de stockage et peut être

ensuite chargé dans les camions situés en contre-bas. Le broyeur doit être orienté pour que les poussières ne reviennent pas dans le visage des ouvriers suivant la direction des vents dominants. On trouvera l'illustration de ce dispositif sur la figure 6-13. Bien qu'un concasseur puisse traiter des roches de plus de 100 millimètres, il est habituellement meilleur marché de les réduire à cette dimension avant de les introduire dans le concasseur.

Figure 6-13. Aménagement des opérations de concassage



Source: Banque Mondiale.

Plusieurs couches de base peuvent être construites par des méthodes manuelles: graviers naturels; matériaux stabilisés à la chaux, macadams à liants secs, macadams à l'eau, hérissons et briques pour revêtement routier.

- \* *Les graviers naturels* sont le matériau le plus économique puisqu'ils peuvent être posés en une seule opération. Les ouvriers pourront plus facilement disposer des graviers fins donnant une bonne finition de surface que des graviers contenant de grosses pierres.
- \* *Les matériaux stabilisés à la chaux* conviennent parce qu'ils réagissent et prennent plus lentement que les matériaux stabilisés au ciment.
- \* *Les hérissons* sont constitués d'une couche de grosses pierres auxquelles sont incorporées des pierres plus petites qui stabilisent. Même si les taux de salaire sont très bas, il n'est pas rentable de briser de grosses pierres à la main pour en obtenir de plus petites. La main-d'oeuvre est généralement compétitive uniquement pour les pierres de plus de 25 millimètres.



- *Les pavages en briques* sont souvent utiles lorsqu'on ne dispose pas de pierres, par exemple pour la construction d'ouvrages dans de vastes plaines alluviales. Autrement, les briques peuvent être broyées et utilisées pour former un revêtement semblable à un macadam comme dans certaines régions d'Asie.

On ne peut obtenir par des méthodes manuelles la même finition de qualité que par une niveleuse manœuvrée par un conducteur qualifié. Les équipes chargées de l'épandage peuvent acquérir avec le temps de grandes compétences, en particulier si leurs travaux sont supervisés et vérifiés à l'aide de cordes. En une année environ, une équipe d'épandage peut devenir suffisamment compétente pour obtenir une finition de qualité très raisonnable qui autorisera des vitesses relativement élevées sans inconvénient.

### *Revêtement asphaltique*

Rien n'empêche la production de revêtements asphaltiques par des méthodes manuelles. En Asie principalement, mais aussi dans d'autres régions du monde, ces méthodes ont été utilisées pour la pose de macadam enrobé.

Comme dans le cas des couches de base, la main-d'oeuvre ne peut obtenir la même finition de qualité que les machines. Néanmoins, avec un matériel simple composé de cordes, de règles et de planchettes, la main-d'oeuvre peut obtenir une finition satisfaisante. Il n'est toutefois pas recommandé de se lancer dans ces opérations pour l'exécution du projet pilote ou au début de l'exécution du programme à grande échelle, l'acquisition de ces connaissances prenant beaucoup de temps.

### *Béton et maçonnerie*

Dans la plupart des programmes faisant appel à la main-d'oeuvre, le béton et la maçonnerie sont principalement utilisés pour la construction de structures lourdes, comme les murs de soutènement, les petits barrages, les galeries et des buses multiples. La maçonnerie en ciment est de loin la plus économique si l'on dispose de pierres de bonne qualité.

La construction de ponceaux tubulaires exige un approvisionnement en béton de qualité constante. Ce béton peut être produit par des méthodes manuelles, à condition que le contrôle de la qualité soit suffisant. De petites mélangeuses manuelles peuvent être utilisées, mais elles ne sont pas indispensables, le mélange pouvant être effectué manuellement. Si l'on ne dispose pas de matériel de pesée sur les chantiers faisant appel à des méthodes manuelles, le dosage volumétrique suffit habituellement.

Les méthodes manuelles de mélange du béton permettent d'utiliser les petits gisements de sable et de graviers du lit des cours d'eau. On pourra obtenir des agrégats plus grossiers en concassant des pierres à la main, bien que les agrégats de plus de 20 millimètres ne soient pas recommandés pour couler des ponceaux et il pourra être nécessaire de recourir à des moyens mécaniques pour broyer les pierres. Les matériaux provenant des cours d'eau doivent être passés au crible.

L'eau nécessaire à la fabrication du béton doit être propre. Si elle est limoneuse, elle doit être stockée dans des fûts métalliques pendant 48 heures afin de laisser le limon se déposer avant utilisation.

Le sable utilisé doit être mis à sécher. Sinon, il faudra tenir compte du foisonnement dû à l'humidité lorsque le mélange sera effectué. Le sable fin peut gagner jusqu'à 35 % en volume pour un degré d'humidité de 5 %. On peut le vérifier en mesurant le volume d'un échantillon extrait du tas puis le volume atteint lorsque le sable est mouillé. Si l'on utilise du sable humide, il faut en outre réduire le volume d'eau nécessaire au mélange du béton.

Les méthodes de mesure du volume de terre déplacé une fois les travaux achevés sont décrites dans les manuels courants. Pour évaluer la production ou déterminer les tâches lorsque les travaux en cours sont réalisés par des méthodes manuelles, il faut souvent évaluer le volume des travaux effectués à partir du nombre de conteneurs utilisés, qu'il s'agisse des paniers portés sur la tête ou des camions à benne basculante. Le conducteur de travaux utilisant cette méthode devra pour commencer veiller, par l'intermédiaire des contremaîtres, à ce que tous les conteneurs soient correctement remplis. Il devra ensuite se rappeler que le sol en remblai est plus volumineux lorsqu'il n'est pas tassé que le sol en place ou compacté. Le rapport entre la densité sur place et la densité du sol désagrégé est le coefficient de foisonnement.

## ESTIMATION DES QUANTITES

Coefficient de foisonnement = 
$$\frac{\text{Densité du sol en place}}{\text{Densité du sol désagrégé}}$$

Le coefficient de foisonnement dépend du type de sol et du degré d'humidité et il doit être déterminé par des essais effectués sur place. On trouvera ci-après certains chiffres caractéristiques qui peuvent être utilisés pour des calculs approximatifs:

Coefficients de foisonnement types:	
Sable	1,1
Argile	1,2
Terre	1,15 - 1,3
Terre végétale	- 1,4
Gravier, sable/graviers	1,1 - 1,2
Argile/graviers	1,1 - 1,4
Roches	1,4 - 1,8
Densité type des roches non tassées	1,5 - 1,7 tonne/m <sup>3</sup>

Le volume du sol en place et le volume du sol compacté diffèrent eux aussi habituellement. Le rapport entre les deux est le coefficient de correction des terrassements:

Coefficient de correction des terrassements = 
$$\frac{\text{Volume du sol en place}}{\text{Volume du sol compacté}}$$

Ce coefficient tient compte de deux effets: la différence entre la densité du sol en place et la densité du sol compacté et le volume de sol perdu pendant le transport.

La densité du matériau compacté peut être soit supérieure, soit inférieure à la densité sur place, selon le type de sol, le degré d'humidité et les caractéristiques techniques du compactage. Pendant la saison sèche et chaude, la densité en place sera probablement supérieure, en particulier lorsqu'il s'agit de sols argileux, et l'accroissement de volume qui en résulte compense en gros les pertes pendant le transport (qui sont d'environ 5 %). Dans ces conditions, le coefficient de correction des terrassements est proche de l'unité. Dans d'autres cas, toutefois, il peut atteindre 1,2 (il est rarement inférieur à l'unité) et sa valeur devra donc être déterminée par des tests effectués sur place.

## ENTRETIEN COURANT

### *Entretien des routes*

On examinera dans la présente section les considérations techniques qui faciliteront l'entretien des routes, des canaux et des drains construits par des méthodes manuelles.

L'excédent d'eau est plus particulièrement l'ennemi des routes en terre et en graviers qui se détériorent beaucoup plus rapidement que les routes en pierres. Une route bien construite présente une surface régulière et un bon profil circulaire laissant l'eau s'écouler rapidement de la surface dans le fossé de drainage latéral. L'entretien a pour objet de maintenir la route en bon état. Si des nids de poule et des ornières se forment et s'agrandissent, l'eau stagne sur la route et sous l'effet de la circulation, ils s'aggravent.

Les routes se détériorent par ailleurs parce que les conducteurs empruntent les traces déjà formées. On peut donc considérer que les travaux d'entretien essentiels sont les suivants: réparation, remplissage et compactage des nids-de-poule et des ornières, remplacement des gravillons déplacés de la chaussée vers les accotements et les talus par la circulation, entretien de la surface des accotements et des talus, débroussaillage et entretien du gazon, curage des drains latéraux pour permettre l'écoulement de l'eau, nettoyage des ponceaux et des franchissements comme les ponts et galeries, entretien de la signalisation qui doit rester lisible, et petites réparations des ponceaux et des ouvrages.

Les travaux d'entretien courant des routes peu fréquentées sont en général dispersés, les ressources nécessaires sont peu importantes et réparties entre de nombreux chantiers séparés. Ces travaux conviennent aux méthodes manuelles et, en réalité, même sur les routes principales, les activités d'entretien sont souvent confiées principalement à la main-d'oeuvre, même si les travaux ont été entièrement réalisés par des moyens mécaniques.

Le volume des travaux permettant de maintenir un tronçon de route en bon état dépend de plusieurs facteurs: le type de revêtement, le volume de la circulation (nombre et dimensions des véhicules), la rigueur du climat, en particulier les précipitations, le type de sol, la vulnérabilité du sol et des pentes à l'érosion et la présence de végétation et de brousaille. Dans des conditions moyennes, un ouvrier à plein temps devrait être en mesure d'effectuer des travaux d'entretien nécessaires sur deux kilomètres chaque année de route à voie unique ou de route en graviers dont la circulation est de 10 à 20 véhicules par jour.

Le recrutement de personnel vivant à proximité des routes permettra d'économiser des coûts de transport. De surcroît, les travailleurs recrutés localement seront aussi poussés par leurs voisins à s'acquitter convenablement de leur tâche. Les cantonniers ayant déjà participé à la construction de la route conviendront parfaitement pour l'exécution des travaux d'entretien, grâce à la formation et à l'expérience qu'ils ont déjà acquises. Les routes peuvent être divisées en tronçons pouvant être entretenus par un ouvrier travaillant à temps partiel, un cantonnier vivant à proximité étant désigné pour chaque tronçon.

L'ouvrier employé à temps partiel ayant la charge d'un tronçon plus court que celui qui travaille à temps plein, la distance à parcourir d'un bout à l'autre du tronçon sera plus courte et par conséquent l'entretien pourra être de meilleure qualité. Dans les régions où toute la main-d'oeuvre participe aux travaux agricoles pendant certaines saisons, la seule solution est peut-être d'employer des travailleurs à temps partiel.

Il n'est pas possible d'exercer une supervision quotidienne sur des travaux dispersés comme l'entretien routier, et il est préférable que le ministère passe un contrat avec chaque cantonnier. Ce contrat devra indiquer le tronçon à entretenir, les activités à accomplir, la fréquence de l'inspection et des paiements, ainsi que le salaire mensuel. On trouvera dans la figure 6-4 un exemple de contrat.

Un contremaître compétent doit être nommé pour superviser les travaux d'entretien routier. Il aura pour tâches de donner les instructions nécessaires aux cantonniers, de leur distribuer l'outillage et les matériaux et de les vérifier, d'inspecter à intervalles réguliers toutes les routes placées sous sa responsabilité, de veiller à ce que les travaux soient effectués selon les règles, de tenir les feuilles de paye et la comptabilité, enfin de payer les cantonniers.

Les ouvriers ayant déjà travaillé sur un chantier n'auront guère besoin de recevoir des instructions, mais les contremaîtres devront consacrer un certain temps à la formation de ceux qui sont employés pour la première fois. Ils devront avoir le pouvoir de suspendre le versement du salaire jusqu'au prochain jour de paye prévu lorsqu'un ouvrier n'entretient pas de façon satisfaisante le tronçon de route qui lui est attribué. En cas de récidive, la mise à pied devra être envisagée.

La tâche de plusieurs contremaîtres est contrôlée par plusieurs cadres de supervision qui inspectent normalement une fois par mois les routes placées sous leur responsabilité. Un cadre de supervision à temps complet doit pouvoir se charger de l'inspection de 200 à 300 kilomètres de routes par mois, si ces routes se situent dans un rayon de 100 kilomètres environ de son poste de base. Outre l'inspection, il sera chargé de vérifier le versement des salaires et d'arbitrer tout conflit entre un contremaître et un cantonnier.

Chaque cantonnier devra être équipé des outils suivants: un pelle ou une bêche pour réparer le revêtement et débroussailler les accotements et les talus, ainsi que les cours d'eau, d'une pioche pour extraire les matériaux et graviers nécessaires aux réparations, d'une dame pour tasser les matériaux dans les nids de poule et les ornières, d'une faux ou d'un fauchard pour couper l'herbe, d'une machette ou d'une hache pour débroussailler, d'une pelle pour curer les ponceaux, d'une lime pour affûter

les outils et d'une brouette pour transporter le gravier ou les matériaux choisis. En cas d'usure intensive de la route, il peut être nécessaire de fournir des graviers et des pierres concassés pour boucher les nids de poule. Ces matériaux peuvent être transportés par des remorques avec tracteur ou par des camions sur la route et stockés tous les 500 mètres environ.

Figure 6-14. Formule de contrat d'entretien routier

Ministère des travaux publics

Nom: .....

Certificat d'identification N°: .....

Monsieur,

**CONTRAT D'ENTRETIEN ROUTIER**

1. Sur ordre de l'Ingénieur en chef des ponts et chaussées, j'ai l'honneur de vous offrir un contrat de service pour l'entretien de ..... à partir du km .....

2. Les conditions du contrat sont les suivantes:

(1) Vos services seront rémunérés au taux de ..... par jour à raison de ..... jours ouvrables par mois.

(2) Vous aurez à effectuer les travaux d'entretien suivants:

(a) Réparer et compacter les nids-de-poule et les ornières. Vérifier le bon état du revêtement.

(b) Etendre sur la chaussée les gravillons projetés sur les accotements et les talus.

(c) Nettoyer et curer les drains et ponceaux.

(d) Couper l'herbe des accotements et les débroussailler, curer les fossés, nettoyer les berges et les talus.

(e) Signaler les principaux dommages à l'Inspecteur chargé de l'entretien à .....

(3) Les outils nécessaires vous seront fournis. Vous serez personnellement responsable de leur bon entretien et devrez remplacer à votre charge les outils perdus.

(4) Les travaux seront inspectés tous les mois et, s'ils ne sont pas effectués correctement, le paiement sera différé jusqu'à ce que l'Inspecteur chargé de l'entretien juge qu'ils ont été effectués en bonne et due forme.

(5) Le contrat sera automatiquement annulé au cas où l'une des parties manquerait à ses obligations.

3. Si vous acceptez le contrat et les conditions ci-dessus, veuillez signer la formule d'acceptation ci-dessous.

Veuillez agréer, Monsieur, .....

Inspecteur chargé de l'entretien  
Pour: INGENIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

**Acceptation:**

J'accepte le contrat aux conditions indiquées ci-dessus.

Date: ..... Signature: .....

Source: D'après les travaux de l'unité de technologie de la Banque Mondiale rattachée au Programme de routes rurales d'accès du Kenya.

Les principaux travaux d'entretien courant des canaux sont les suivants: réparation des berges endommagées par remplacement du sol ou du revêtement entraîné par l'eau, compactage et alignement des berges réparées, protection à l'aide de roches, de cordes et de treillis métallique, de sacs de sable ou d'un revêtement de maçonnerie, évacuation de l'excès de limon du fond des canaux et des drains, enlèvement des rochers, branchages, etc. des voies d'eau, en particulier aux ponts, ponceaux et déversoirs et autres ouvrages hydrauliques, enfin, élimination de la végétation et des racines. Ces travaux peuvent être organisés selon les mêmes principes que les travaux d'entretien des routes secondaires et pourront toujours être effectués manuellement lorsque les canaux sont revêtus.

Les canaux et drains débouchant directement sur la parcelle d'un agriculteur doivent être entretenus par celui-ci, les seules dépenses publiques étant les coûts d'inspection occasionnelle et le coût des services de vulgarisation de l'office d'irrigation. Les canaux d'alimentation sont toutefois placés sous la responsabilité de l'ensemble de la collectivité. Après de fortes précipitations, la population du village, en totalité ou en partie, devra effectuer les réparations et dégager les tronçons obstrués.

L'office d'irrigation doit prévoir des approvisionnements en matériaux de protection des berges, comme le ciment, le sable et les sacs de sable, afin que la communauté n'ait à faire appel à une assistance extérieure qu'en cas de dommages exceptionnellement graves. Cette politique sera fructueuse si l'on peut compter sur un chef de village ou un magasinier compétent. Sinon, l'office d'irrigation devra prévoir des stocks de matériaux de réparation ainsi qu'un camion pour les transporter au centre de chaque district. L'outillage nécessaire à l'entretien des canaux est le même que pour l'entretien des routes.

Hussain, M.I. *Labour-Intensive Construction of Irrigation Works*. Genève: Organisation internationale du travail, 1976. Ouvrage assez théorique mais offrant de multiples possibilités d'applications pratiques.

Mueller, J. *Choice of Technology in Underdeveloped Countries Exemplified by Road Construction in East Africa*. Copenhague; Université technique du Danemark, 1973. Ouvrage précurseur qui peut encore être lu avec profit.

*Reglamento de Diseno: Borrador Definitivo*. Tegucigalpa, Honduras: Ministère des communications, des travaux publics et des transports, 1977. Etude complète des problèmes techniques qui peuvent se poser sur les chantiers.

*Haulage Using Animals in Civil Construction*. Mémoire technique No. 27, février 1978. Description et analyse des méthodes traditionnelles de transport par des animaux en Inde. La brochure montre que sur des distances de 150 mètres, les animaux sont meilleur marché que tout autre moyen de transport, pour les taux de salaire et les coûts en vigueur en Inde au moment de la publication. Pour des distances plus longues, les animaux ont l'avantage de moins dépendre que les moyens mécaniques du bon état de la route.

*Entretien des  
petits canaux  
et des drains*

PUBLICATIONS  
INTERESSANT  
CE CHAPITRE

*L'étude effectuée par la Banque Mondiale sur le remplacement du matériel par la main-d'oeuvre dans les travaux publics comporte plusieurs manuels techniques sur des aspects importants ou nouveaux des méthodes manuelles. Les principaux sont résumés ci-après:*

*Excavation.* Mémoire technique No. 19, février 1976. Cette brochure contient des données sur les excavations provenant de chantiers en Inde et en Indonésie, obtenues en grande partie par l'observation de travaux en cours. Bien souvent, l'excavation est étroitement liée au chargement et l'on a pu constater que les méthodes manuelles sont d'un coût comparable et parfois meilleur marché que les moyens mécaniques.

*Loading and Unloading Activities.* Mémoire technique No. 20, février 1976. Cette brochure résume les observations effectuées sur les activités de chargement et de déchargement par divers moyens de transport. Une analyse statistique montre que la productivité dépend clairement de la méthode de rémunération utilisée et du niveau et de la qualité de l'encadrement.

*Comparison of Different Modes of Haulage in Earthworks.* Mémoire technique No. 3, juin 1975. Comparaison de l'économie des terrassements par diverses proportions de main-d'oeuvre et de matériel. L'éventail des possibilités envisagées va des méthodes entièrement manuelles aux méthodes utilisant exclusivement des moyens mécaniques.

*Haulage by Headbaskets, Shoulder Yokes, and Other Manual Loading-Carrying Methods.* Mémoire technique No. 12, octobre 1975. Cette brochure étudie les méthodes de chargement traditionnellement utilisées dans les travaux publics. Elle analyse les relations à établir pour évaluer les productivités des diverses méthodes. Un exemple illustre la façon de calculer le coût de transport par panier porté sur la tête à l'aide des données présentées.

*The Use of Agricultural Tractor-Trailer Combinations.* Mémoire technique No. 24, juin 1976. La brochure décrit l'utilisation de tracteurs agricoles pour le transport de matériaux de construction placés dans des remorques, explique les problèmes d'utilisation et expose les moyens de les résoudre. Un guide numérique donne un choix de combinaisons appropriées de tracteurs et remorques selon la taille pour une distance, un revêtement et une pente donnés; il est suivi d'une explication sur le mode de calcul du nombre d'ouvriers et de tracteurs nécessaires. Des instructions détaillées permettent de calculer la productivité et les coûts unitaires et les avantages de coût relatifs des remorques avec tracteurs et des camions sont étudiés.

*Aggregate Production.* Mémoire technique No. 25, juin 1976. La brochure étudie la production d'agrégats par des méthodes manuelles et donne des chiffres sur la productivité provenant d'observations faites sur les chantiers.

*Spreading Activities in Civil Construction.* Mémoire technique No. 18, décembre 1975. Observation des méthodes traditionnelles de terrassement et de construction des chaussées, y compris le revêtement. La brochure résume les résultats de ces observations et conclut que dans le cas des matériaux non asphaltés, il existe une relation entre la productivité et l'épaisseur des couches. Il semble aussi que l'épandage des matériaux asphaltés demande moins d'effort que celui des matériaux non asphaltés d'une épaisseur semblable.

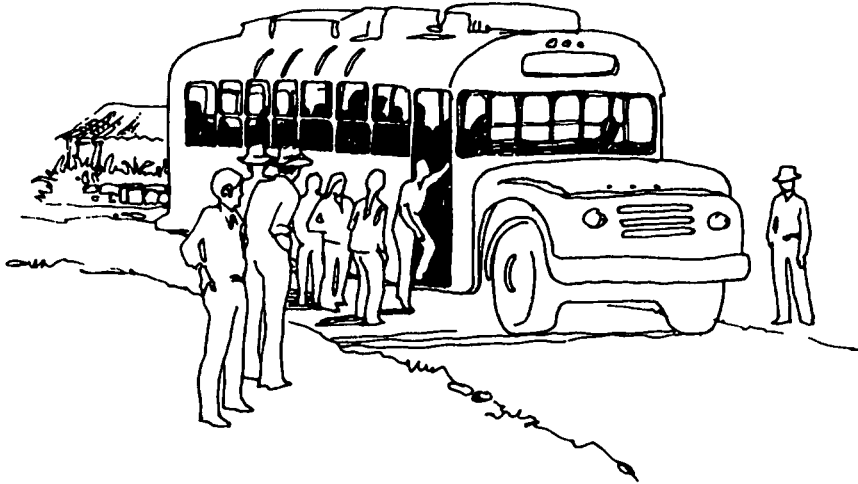
*Compaction.* Mémoire technique No. 17, décembre 1975. La brochure analyse les techniques de compactage traditionnelles utilisables dans des projets réalisés manuellement. Elle étudie aussi les résultats des mesures d'intervention appliquées pendant la réalisation d'un projet de construction de canal en Indonésie, où la productivité de divers types de matériel de compactage, tirés par des animaux ou maniés par des hommes, a été calculée.





## CHAPITRE VII

### GESTION ET ADMINISTRATION DU CHANTIER



Pour la plupart des travaux réalisés par des méthodes manuelles, les règles d'organisation du chantier - notamment la composition du personnel, la liberté laissée aux conducteurs de travaux, les objectifs mensuels ou annuels de production et les principes d'établissement des rapports sont fixées par l'administration centrale. On trouvera résumées dans le présent chapitre les principales fonctions du personnel et l'exposé des principaux problèmes de gestion et d'administration que les cadres devront résoudre pour exécuter de façon satisfaisante un programme de travaux par des méthodes manuelles: recrutement et organisation de la main-d'oeuvre, formation en cours d'emploi, maximisation de la productivité des ressources, planification et contrôle de la production, enfin, analyse et interprétation des données sur la productivité.

L'encadrement doit assumer diverses fonctions: planification et étude du projet, préparation du campement, supervision et paiement des ouvriers, contrôle de la production et gestion du personnel, fourniture des outils, des matériaux, des services de comptabilité et des services du campement et travaux de bureau en général.

La planification du projet comporte essentiellement la détermination des objectifs du projet, la planification des ressources, le choix des méthodes de construction dans les limites imposées par l'administration centrale et l'établissement du projet de budget. C'est au conducteur de travaux qu'incombent toutes ces fonctions. Sur un grand chantier (employant plus de 500 ouvriers), il pourra être assisté d'un aide conducteur de travaux pour préparer et analyser les données.

### FONCTIONS DE L'ENCADREMENT

#### *Planification du projet*

*Etudes*

C'est normalement l'administration centrale qui définit les normes de construction et d'entretien de la plupart des ouvrages entrepris sur un chantier. Parmi les travaux qui peuvent être laissés à l'initiative du conducteur de travaux figurent le choix du tracé, la sélection des critères spécifiques de construction et d'entretien dans les limites imposées par l'administration centrale, le choix de l'emplacement et du type de drainage et d'ouvrages de drainage (ponceaux, galeries, ponts, ouvrages hydrauliques) et celui des carrières ainsi que les essais de matériaux. Pour des projets de petite envergure, relativement simples, le conducteur de travaux peut entreprendre la plupart des études.

*Préparation du campement*

La préparation du campement comporte la construction ou l'acquisition des bâtiments de bureaux, des magasins (pour l'outillage, les matériaux et les denrées alimentaires), des ateliers, des logements du personnel, des campements de la main-d'oeuvre (si cela est nécessaire) et des routes d'accès au campement. La construction du campement principal (celui du conducteur de travaux) doit être dirigée par le conducteur de travaux lui-même. Les baraquements plus petits devront être construits sous la direction d'un chef de chantier.

*Supervision*

Les principales tâches de supervision sont les suivantes: donner des instructions aux ouvriers, chefs d'équipes et chefs de chantier, fixer les cadences sur la base des directives données par l'administration centrale, déterminer l'emplacement (jalonner) des travaux, exercer le contrôle de la qualité et organiser les activités de soutien.

Les tâches directes de supervision sur place sont confiées aux chefs de chantier, dont chacun doit être en mesure de superviser environ de 60 à 100 ouvriers temporaires effectuant des travaux simples de terrassement. Ce chiffre devra toutefois être réduit, parfois de façon sensible, lorsqu'il s'agit de tâches dont la qualité est importante ou de travaux techniquement complexes comme la construction d'un pont. En outre, au début du projet, les ouvriers manqueront peut-être d'expérience et devront être davantage encadrés. (Il sera utile de prévoir la présence de cadres confirmés pour former et aider les chefs de chantier et les chefs d'équipes récemment nommés pendant les deux ou trois premiers mois.) Ce sont les chefs d'équipes qui doivent exercer une supervision constante sur les ouvriers.

Les chefs de chantier se chargeront de la planification quotidienne et à court terme, la planification à long terme devant être prise en mains par le conducteur de travaux. Les cadences sont fixées par les chefs de chantier sur instruction des superviseurs (mais elles doivent être vérifiées de temps à autre par le conducteur de travaux). Le jalonnement des travaux quotidiens doit être effectué par le chef de chantier avec l'aide du chef d'équipe. Le tracé et les travaux complexes de jalonnement (comme ceux qu'exigent des virages à angle aigu) doivent être effectués par le superviseur, le conducteur de travaux ou un arpenteur. Lorsque le contrôle de la qualité comporte des essais (essais de compactage ou de matériaux), il doit être effectué par le conducteur de travaux ou par du personnel spécialement entraîné.

Le paiement des ouvriers exige la tenue de feuilles d'appel, la mesure des quantités produites, le calcul des salaires et leur versement. Les feuilles d'appel sont tenues par le contremaître, mais le conducteur de travaux procédera à des vérifications occasionnelles de leur exactitude. La mesure et l'enregistrement du volume des travaux sont également confiés au contremaître et le calcul et le versement des salaires exige au moins un employé de paye. Pour que le versement des salaires soit effectué dans les règles, il est souhaitable que des employés différents se chargent de la tenue des livres et du versement. Le conducteur de travaux devra occasionnellement effectuer lui-même la paye.

*Paiement  
des ouvriers*

La planification, le contrôle et l'enregistrement de la production comportent le rassemblement de données sur les facteurs de production, la production et les paramètres (chaque jour), l'analyse et la récapitulation des données (chaque semaine) et l'enregistrement de la production et des dépenses (chaque mois). Les données sur les facteurs de production et la production sont collectées par les chefs de chantier sur des formules semblables à celles de feuilles d'appel. Lors de la réalisation de projets pilotes, le conducteur de travaux peut commencer à effectuer lui-même les travaux d'analyse et d'enregistrement, mais il devra former progressivement un assistant qui se chargera des tâches les plus routinières.

*Contrôle de  
la production*

La gestion du personnel comporte la supervision du personnel semi-permanent ou permanent comme les employés de bureau, les dactylographes, les chauffeurs, les magasiniers assistants, les artisans et les gardiens, l'organisation de la formation sur le tas et l'élaboration de recommandations concernant les promotions ou la formation complémentaire. Le recrutement du personnel semi-permanent et permanent et les recommandations concernant les promotions sont normalement des fonctions de l'administration centrale, mais la supervision du personnel incombe au conducteur de travaux. C'est à lui qu'il appartient d'assurer la formation sur le tas et de veiller à ce que la formation complémentaire éventuellement nécessaire soit dispensée par l'administration centrale.

*Gestion du  
personnel*

La fourniture de l'outillage et des matériaux comporte l'organisation de magasins, la tenue des registres appropriés, la passation des commandes d'outillage et de certains types de matériaux à l'administration centrale, l'achat des matériaux locaux (sable, agrégats ou bois), l'entretien de l'outillage et du matériel, le contrôle des approvisionnements en carburants et lubrifiants et la livraison des outils et du matériel aux chantiers. Un magasinier est nécessaire au campement du conducteur de travaux. Le magasinier est aussi responsable de l'entretien du magasin et de la passation des commandes d'approvisionnement. Si l'achat sur place des matériaux est autorisé, le magasinier devra tenir le conducteur de travaux informé des besoins et des sources éventuelles d'approvisionnements. Il sera aussi chargé de l'entretien des outils et du matériel simple bien qu'il puisse confier ces travaux au forgeron et au menuisier locaux. L'entretien des bâtiments et des véhicules du chantier pourra être confié à un mécanicien qui devra être responsable en outre des approvisionnements en lubrifiants et pièces détachées et de la tenue des registres d'utilisation des lubrifiants. Sur un grand chantier, où le parc de matériel est important, il faudra peut-être prévoir un chef d'atelier. Le contrôle quotidien des véhicules de livraison et la responsabilité des baraquements et des

*Fourniture  
de l'outillage  
et des matériaux*

services, comme l'alimentation en eau, peuvent parfois être confiés au magasinier.

### *Comptabilité*

Il faut compter un employé pour tenir les comptes d'un chantier de 500 à 1.000 ouvriers. Sur des chantiers plus petits, les tâches de l'employé chargé de la paye et celles du comptable pourront être accomplies par la même personne. Le conducteur de travaux devra dans ce cas exercer un contrôle plus strict. La vérification de la comptabilité est toujours effectuée par l'administration centrale.

### *Services du campement*

Les services seront notamment les suivants: approvisionnement en denrées alimentaires des ouvriers, services d'eau, assainissement et hygiène, service médical et installations de loisirs. L'organisation de ces services exige un effort important uniquement pour les grands campements (où sont logés par exemple plus de 500 ouvriers). Il faudra dans ce cas prévoir des gardiens à temps plein, des services de nettoyage et même des agents sanitaires. Si les denrées alimentaires sont fournies, un ou plusieurs aides magasiniers seront nécessaires.

### *Travaux de bureau*

Les travaux de bureau comportent la dactylographie, le classement, la préparation de la correspondance et autres tâches semblables. Sur de très petits chantiers, ces travaux peuvent être effectués par l'employé chargé de la paye et de la comptabilité, mais sur les grands chantiers (plus de 500 ouvriers), une secrétaire dactylographe sera nécessaire.

## RECRUTEMENT ET ORGANISATION DES OUVRIERS

L'évaluation des besoins de main-d'oeuvre porte à la fois sur le nombre d'ouvriers nécessaires et sur leurs caractéristiques (notamment le sexe et l'origine). Certains travailleurs (en particulier les femmes) ne seront peut-être pas disposés à effectuer certains travaux et la productivité peut varier d'une catégorie de main-d'oeuvre à l'autre. Bien que l'estimation de l'offre globale de main-d'oeuvre soit effectuée par l'administration centrale, c'est au conducteur de travaux qu'il appartient de se charger du recrutement et quatre situations peuvent se présenter:

- \* La main-d'oeuvre nécessaire n'est pas nombreuse et peut être recrutée parmi la population locale pour un salaire constant.
- \* La main-d'oeuvre locale s'accroît pendant les périodes de ralentissement de la demande dans d'autres secteurs et elle diminue dans le cas contraire, et les taux de salaire restent constants pendant toute la saison. Le conducteur de travaux devra donc établir le calendrier des travaux à des cadences variables.
- \* L'offre de main-d'oeuvre locale fluctue, mais le conducteur de travaux sera peut-être en mesure de régulariser l'offre malgré des pénuries locales temporaires, soit en recrutant des travailleurs migrants, soit, plus rarement, en relevant temporairement les salaires pendant les périodes de baisse.
- \* Les besoins de main-d'oeuvre sont importants et il pourra être nécessaire d'employer des travailleurs migrants pour accroître l'offre locale pendant toute la période des travaux.

Dans chaque cas, le conducteur de travaux devra choisir la méthode de recrutement et de rémunération des ouvriers et la façon d'en organiser les tâches. Il devra souvent comparer les avantages et les inconvénients du recrutement de la main-d'oeuvre locale par rapport à la main-d'oeuvre venant de l'extérieur.

Si, en règle générale, il est préférable de recourir à la main-d'oeuvre locale, cette formule peut avoir des inconvénients et ses avantages peuvent être maximisés par le recrutement de travailleurs migrants. Les travailleurs locaux vivent sur place, peuvent se rendre à leur travail à pied ce qui ne crée pas de problèmes de logistique. Pour les travailleurs migrants, il faut prévoir des moyens de transport jusqu'au chantier, un logement, l'alimentation en eau et en bois de feu et des magasins où ils peuvent acheter la nourriture. Ils pourront aussi exiger un acompte de salaire et demander une période de contrat garantie. Toutefois, ils s'absentent en général moins souvent que les travailleurs locaux, en particulier mais surtout pour les fêtes.

Les travailleurs locaux acceptent habituellement de travailler pour un salaire quotidien forfaitaire correspondant à un nombre d'heures de travail fixe, mais ils préfèrent parfois - et l'employeur devra habituellement préférer - la rémunération à la tâche, qui leur permet de rentrer chez eux une fois que leur tâche quotidienne est terminée. Les travailleurs migrants préfèrent en général être payés à la pièce afin de maximiser leur gain; cette formule risque de poser des difficultés étant donné les réglementations appliquées au démarrage d'un projet faisant appel à la main-d'oeuvre. La rémunération à la pièce des travailleurs migrants constitue un avantage pour le conducteur de travaux qui peut relever leur rémunération quotidienne effective et la porter à un niveau suffisant pour les attirer sans avoir à augmenter le salaire quotidien de la main-d'oeuvre rémunérée à la journée.

L'emploi de travailleurs migrants peut donner lieu à des conflits avec la population locale. Pour les éviter, les deux groupes doivent travailler dans des zones physiquement séparées et les travailleurs migrants doivent être logés à l'écart des villages.

Dans certains pays, la coutume veut que les femmes travaillent avec leur mari et parfois que toute la famille travaille ensemble. L'emploi de femmes peut doubler l'offre de main-d'oeuvre, mais elle présente certains inconvénients. Il peut être avantageux d'employer des femmes sur un chantier lorsque les coutumes locales interdisent aux hommes certaines activités, comme de porter un panier sur la tête. Les familles des travailleurs migrants vivant ensemble peuvent aussi contribuer à la stabilité des campements. Toutefois, les femmes seront peut-être incapables d'effectuer certaines activités ou le refuseront. Si, par exemple, les femmes refusent d'extraire des matériaux durs et de pousser des brouettes, elles n'auront plus qu'à effectuer le chargement et l'épandage - ce qui représente peut-être 25 % des travaux.

Dans une région où les travaux de génie civil ne sont pas traditionnellement exécutés manuellement, le conducteur de travaux pourra recruter la main-d'oeuvre selon trois méthodes: soit directement, soit par l'intermédiaire des agents de l'administration locale, soit avec l'aide des chefs

*Main-d'oeuvre locale  
ou travailleurs  
migrants*

*Méthode de  
recrutement*

de villages. Dans certains cas, les coutumes ou les lois locales imposeront au conducteur de travaux de recourir à une méthode plutôt qu'à une autre. S'il recrute directement lui-même, avec l'assistance du personnel de supervision, il ne devra pas utiliser pour cette tâche le chef de chantier qui sera chargé de la supervision quotidienne de la main-d'oeuvre recrutée.

Dans les pays où les travaux de génie civil sont traditionnellement réalisés par des méthodes manuelles, les chefs d'équipes peuvent recruter les travailleurs de leur village alors qu'ils se chargent normalement de la discipline sur les chantiers. Il peut aussi exister des embaucheurs: ce sont des personnes qui sont en contact avec de nombreux chefs d'équipes, chefs de villages et administrateurs et qui peuvent recruter un nombre assez important d'ouvriers, souvent dans des régions éloignées. Ils sont donc particulièrement utiles lorsqu'il y a lieu de recruter des travailleurs migrants.

### *Méthodes de rémunération*

Les principales méthodes de rémunération sont: la rémunération quotidienne, la rémunération à la tâche et la rémunération à la pièce. Chaque méthode sera étudiée séparément ainsi que des formules de primes.

**REMUNERATION QUOTIDIENNE.** Les travailleurs rémunérés quotidiennement reçoivent une somme forfaitaire chaque jour en échange d'un nombre fixe d'heures de travail. Dans les premières phases d'un programme faisant appel à la main-d'oeuvre, un organisme de travaux publics dépendant d'un ministère n'a pas d'autre choix que d'utiliser ce système de rémunération, puisque les méthodes de rémunération à la tâche et à la pièce ne peuvent être mises au point tant que l'on n'a pas recueilli certaines données sur la productivité permettant à la main-d'oeuvre et à l'employeur de définir ce qui constitue une "tâche" ou une "pièce" quotidienne normale.

Le travail rémunéré quotidiennement présente surtout l'avantage d'être simple à organiser et cette méthode de rémunération convient à pratiquement toute organisation, à toute forme de travaux, quelle que soit la méthode de construction utilisée. Les principaux inconvénients tiennent à l'importance des tâches de supervision nécessaires pour obtenir une production raisonnablement élevée et la productivité et le rythme d'avancement des travaux sont souvent extrêmement variables et relativement faibles, à moins d'un encadrement de qualité exceptionnelle; le rythme d'avancement des travaux et les coûts unitaires sont difficiles à calculer avec exactitude et les coûts unitaires sont généralement élevés. Malgré ces inconvénients, au démarrage d'un nouveau programme et chaque fois qu'une nouvelle tâche ou activité commence, il est nécessaire de rémunérer la main-d'oeuvre à la journée à moins que l'on ne dispose de données pour évaluer des taux réalistes de primes.

**REMUNERATION A LA TACHE.** Suivant cette méthode, un salaire quotidien forfaitaire est versé en échange d'une quantité fixe de travail ou tâche. La définition de la tâche se fera de la façon suivante:

- \* Mesurer la production par homme et par jour d'ouvriers rémunérés à la journée, bien organisés et bien encadrés. Ces mesures doivent être effectuées pendant une période de dix jours au moins pour une tâche importante, une fois que les difficultés initiales ont été résolues.

- \* Définir la tâche de façon que les ouvriers puissent la terminer en cinq à sept heures (la journée de travail normale est de huit heures). Ils pourront en général y parvenir même si la tâche est un peu plus importante que la production observée des travailleurs rémunérés à la journée. On pourra utiliser à titre indicatif les coefficients ci-après multipliant la production observée: coefficients de 1,2-1,5 pour les travailleurs expérimentés et les cadres de supervision, coefficients de 1,5-2,0 pour les ouvriers et les cadres de supervision inexpérimentés (par exemple pendant les premières phases d'un programme) ou lorsque, pendant la période d'observation des tâches quotidiennes, l'encadrement a manifestement laissé à désirer ou que les ouvriers ont passé de longs moments sans travailler.
- \* Vérifier le coût unitaire de la tâche (voir annexe G: Méthodes de calcul des coûts) par rapport à l'objectif fourni par l'administration centrale et, le cas échéant, adapter la tâche aux objectifs de coût. Les productivités atteintes pourront souvent dépasser celles qui sont indiquées par l'administration centrale. L'objectif est de définir une tâche dont les coûts unitaires seront inférieurs aux objectifs fixés par l'administration centrale. Si la main-d'oeuvre ne peut accomplir ces tâches, il y aura lieu d'en avvertir l'administration centrale.

On trouvera un exemple dans le tableau 7-1.

Le travail à la tâche est plus compliqué à organiser que le travail à la journée étant donné qu'il faut déterminer la production des tâches et définir chaque jour la tâche. Même si le conducteur de travaux est limité et doit verser un salaire quotidien fixe, il pourra malgré tout instituer un système de rémunération à la tâche. Toutefois, cette formule n'est pas toujours satisfaisante lorsque certains travaux sont effectués par des moyens mécaniques. D'une part, il faut que le personnel rémunéré à la tâche connaisse des principes de mesures simples, mais d'autre part, cette formule exige un encadrement plus léger que la rémunération à la journée. La production quotidienne et, par conséquent, le rythme d'avancement par travailleur sont supérieurs et les coûts unitaires inférieurs. Le rythme d'avancement comme les coûts unitaires sont faciles à prévoir.

**REMUNERATION A LA PIECE.** La "pièce" (ou rémunération par unité produite) doit être définie afin de maintenir un équilibre entre trois éléments: *coût unitaire acceptable*, *production réalisable* pendant le nombre d'heures de travail quotidien acceptable et *rémunération quotidienne acceptable* pour les travailleurs. De même que pour définir la tâche dans le système de rémunération à la tâche, il faut mesurer la production des travailleurs rémunérés à la journée. Dans des conditions de gestion semblables, les travailleurs rémunérés à la pièce devraient pouvoir produire le double de la production horaire des travailleurs rémunérés à la journée. Compte tenu du nombre d'heures supérieur effectué par les travailleurs rémunérés à la pièce, leur production devrait pouvoir correspondre à 2,5 fois la production quotidienne totale des travailleurs rémunérés à la journée. D'après ce principe, la pièce doit être définie afin de maintenir un équilibre raisonnable entre le coût unitaire et la rémunération quotidienne. On trouvera un exemple de calcul dans le tableau 7-2. Les différences de frais généraux apparaissant dans le tableau sont imputables au coût de supervision plus élevé du travail à la pièce. Il arrive souvent que les travailleurs migrants demandent à être rémunérés à la pièce, parce qu'ils veulent gagner le plus possible pendant le temps passé loin de leur foyer, en partie en travaillant davantage et en partie en travaillant plus longtemps.



Au départ, il est plus difficile d'organiser le travail à la pièce que le travail à la journée ou à la tâche, mais une fois que le mécanisme fonctionne normalement, le travail à la pièce exige moins de supervision. Le taux de la rémunération à la "pièce" doit être calculé très soigneusement. La production doit être mesurée avec beaucoup plus d'exactitude que dans le cas du travail à la tâche (parce que la production représente l'équivalent d'une somme d'argent tombant dans la poche de l'ouvrier) et la méthode de mesure doit être mise au point avec les travailleurs. Cette formule ne convient donc pas particulièrement pour les petits chantiers qui ne disposent pas toujours de cadres en nombre suffisant pour effectuer les mesures. La rémunération à la pièce risque d'être à l'origine de frictions entre les ouvriers étant donné les différences de rémunération qui peuvent en résulter. Cet inconvénient peut parfois être surmonté si l'on accorde une rémunération globale à un groupe de travailleurs, mais plus le groupe est nombreux moins chacun des ouvriers sera stimulé. En outre, des problèmes de répartition peuvent se poser entre les membres d'équipes nombreuses ou comportant des femmes. Si le salaire est versé au chef d'équipe, celui-ci risque de conserver pour lui-même une somme disproportionnée.

Tableau 7-1. Exemple de calcul permettant de définir une tâche

Hypothèses	
Salaire de la main-d'oeuvre rémunérée à la journée <sup>a</sup>	\$0,80
Objectif du coût unitaire d'une tâche	\$1,00/m <sup>3</sup>
Coût des chefs d'équipes en pourcentage des coûts de main-d'oeuvre directe	7 %
Coût de l'outillage en pourcentage des coûts de main-d'oeuvre directe	10 %
Frais généraux en pourcentage des coûts de main-d'oeuvre directe	60 %
Données mesurées de la rémunération quotidienne (pendant 10 jours)	
Production par homme-jour (excavation et chargement) <sup>a</sup>	1,10 m <sup>3</sup>
Qualité de l'encadrement et de l'organisation pendant les observations	Moyenne
Durée de la journée de travail	8 heures
Solution	
$\text{Coût unitaire} = \frac{\text{Coût total}}{\text{Production}} = \frac{0,80 \times 1,17 \times 1,60}{1,1} = \$1,36/\text{m}^3$	
Le coût unitaire est supérieur à l'objectif.	
Introduction du travail à la tâche et définition de la tâche comme représentant 1,5 fois la production d'un travailleur rémunéré à la journée, de sorte que la tâche = 1,5 x 1,1 = 1,65 m <sup>3</sup> /homme-jour.	
$\text{Nouveau coût unitaire} = \frac{0,80 \times 1,17 \times 1,60}{1,65} = \$0,91/\text{m}^3$	
Le nouveau coût unitaire est maintenant inférieur à l'objectif et entre par conséquent dans les limites du budget.	

a. Si l'équipe comprend des femmes, le salaire quotidien, la production quotidienne mesurée et la tâche doivent tous être déterminés pour des équipes composées de la même façon. Sinon, les calculs doivent être effectués pour des hommes adultes et les chiffres devront être ajustés pour tenir compte de la présence de femmes.

Source: Banque Mondiale.

Tableau 7-2. Exemple de calcul permettant de définir l'importance d'une pièce

	Rémunération à la journée	Rémunération à la pièce
<b>Hypothèses</b>		
Salaires de la main-d'oeuvre rémunérée à la journée <sup>a</sup>	\$0,8	-
Rémunération quotidienne attendue par la main-d'oeuvre <sup>a</sup>	-	\$1,2
Nombre d'heures acceptable	-	10 heures
Objectif du coût unitaire de la tâche	\$1/m <sup>3</sup>	\$1/m <sup>3</sup>
Coût du chef d'équipe en pourcentage des coûts de main-d'oeuvre directe	7,5 %	4 %
Coût de l'outillage en pourcentage des coûts de main-d'oeuvre directe	10 %	6 %
Frais généraux en pourcentage des coûts de main-d'oeuvre directe	40 %	70 %

Données observées sur la rémunération quotidienne

Production par homme-jour <sup>a</sup>	1,1 m <sup>3</sup>
Durée de la journée de travail	8 heures

Calculs

$$\text{Productivité horaire du travail à la journée} = \frac{1,1}{8} = 0,137 \text{ m}^3/\text{heure}$$

$$\text{Coût unitaire du travail à la journée} = \frac{0,8}{1,1} \times 1,175 \times 1,4 = \$1,20/\text{m}^3$$

Solution (A)

Définition de la pièce<sup>b</sup> à un coût légèrement inférieur à l'objectif, soit \$0,9/m<sup>3</sup>, moins un pourcentage pour tenir compte du chef d'équipe, des outils et des frais généraux. Par exemple:

$$\frac{0,9}{1,1 \times 1,7} = \$0,48/\text{m}^3$$

La productivité nécessaire pour gagner \$1,20 par jour est alors de:

$$\text{a) par jour} = \frac{1,2}{0,48} = 2,5 \text{ m}^3/\text{jour}$$

$$\text{b) par heure pendant une journée de 10 heures} = \frac{2,5}{10} = 0,25 \text{ m}^3/\text{heure}$$

$$\text{Vérification:} = \frac{\text{Productivité horaire exigée}}{\text{Productivité horaire observée}} = \frac{0,25}{0,137} = 1,82$$

Cette proportion est inférieure à 2: solution acceptable.

Solution (B)

Définition de la pièce<sup>b</sup> de façon que la productivité soit le double de celle des travailleurs rémunérés à la journée = 2 x 0,137 = 0,274 m<sup>3</sup>/heure

La productivité est alors de:

$$\text{a) par jour} = 0,274 \times 10 = 2,74 \text{ m}^3/\text{jour}$$

$$\text{b) par pièce} = \frac{\text{Gains}}{\text{Production}} = \frac{\$1,2}{2,74} = \$0,44/\text{m}^3$$

$$\text{Vérification: Coût unitaire total} = 0,44 \times 1,10 \times 1,7 = \$0,82/\text{m}^3$$

Ce chiffre correspond à 68 % du coût unitaire du travail à la journée (\$1,20/m<sup>3</sup>) et reste dans les limites de l'objectif du coût unitaire: solution acceptable.

La solution B permet une plus grande économie de coût et, si elle est acceptée par la main-d'oeuvre, elle doit être adoptée.

*Notes du tableau 7-2:*

- a. Si l'équipe comporte des femmes, le salaire quotidien, la production quotidienne observée et la pièce doivent être déterminés pour des équipes composées de la même façon. Sinon, les calculs doivent être effectués pour des hommes adultes et les chiffres devront être ajustés pour tenir compte de la présence des femmes.
- b. La pièce doit toujours être définie afin de correspondre à un coût légèrement inférieur au coût unitaire. Cette marge est utile pour couvrir tout dépassement de coût des autres éléments.

Source: Banque Mondiale.

La supervision directe n'a pas à être aussi stricte dans le cas de travail à la pièce que dans celui du travail à la journée, mais cet avantage est amplement annulé par l'augmentation des coûts des observations des rémunérations et du contrôle de la qualité. La main-d'oeuvre rémunérée à la pièce utilisant des moyens mécaniques pour le transport peut avoir une production très élevée et les véhicules seront bien utilisés. Les meilleurs résultats sont habituellement obtenus lorsqu'une équipe d'ouvriers travaille en coordination avec un véhicule et que le chauffeur reçoit une prime. La production quotidienne et, par conséquent, le rythme d'avancement des travaux par ouvrier sont maximisés dans le cas du travail à la pièce; les coûts unitaires directs peuvent être calculés à l'avance, contrairement au rythme d'avancement des travaux.

**AUTRES FORMES DE PRIMES.** On ne dispose de données chiffrées sur les effets des primes dans le cas d'ouvrages réalisés par des méthodes manuelles que pour le travail à la tâche et le travail à la pièce. Il existe d'autres stimulants dont on donnera la liste ci-après:

- \* Une prime peut être accordée lorsque la production dépasse une quantité minimum fixée par jour, semaine ou mois. La prime correspond à un taux fixe par unité produite. Ces formules sont courantes sur les chantiers de travaux de génie civil en Europe de l'Ouest.
- \* Un rabais sur les prix peut être accordé sous forme d'espèces, de nourriture, de vêtements ou autres articles de valeur en récompense de niveaux de production élevés.
- \* Des compétitions entre équipes peuvent être récompensées par des prix en espèces ou en articles de valeur.

*Mécanismes  
de paiement*

Quelle que soit la méthode de rémunération, le jour de paye doit être fixe. Plus la paye est fréquente, plus le personnel qui en est chargé sera occupé mais, si l'intervalle entre deux payes est trop long, les ouvriers risquent de ne pas toujours pouvoir attendre. Le versement d'avances de salaire, déduites ensuite du salaire final, exige autant de temps que le versement des salaires eux-mêmes, aussi convient-il de les éviter autant que possible. Le paiement des salaires des ouvriers devrait être effectué une fois par mois au moins.

*Il importe au plus haut point que la main-d'oeuvre soit payée ponctuellement et le jour fixé.* Ce principe paraît évident, mais il n'est pas rare que la main-d'oeuvre ne soit payée ni ponctuellement ni intégralement. Les ouvriers sont préoccupés par les retards de paiement et risquent de démissionner, de réduire la production ou de décider une grève, voire de se révolter.

Au moment du recrutement, le conducteur de travaux doit déterminer en faveur de qui sera versé le salaire. Il est préférable de le verser à chaque ouvrier individuellement. Le conducteur de travaux devra éviter de verser au chef d'équipe le salaire de toute l'équipe. Si le chef d'équipe demande une commission pour avoir recruté la main-d'oeuvre, il est préférable qu'elle soit versée directement par l'organisme responsable des travaux.

La rémunération à la journée, qui ne dépend pas directement du volume de la production, offre des possibilités de fraude contre lesquelles doit lutter le conducteur de travaux. Un cadre de supervision peut, par exemple, commettre une escroquerie à l'égard de l'organisme chargé des travaux en marquant comme présents des ouvriers absents ou en ajoutant des noms inventés sur la feuille de présence. Le conducteur de travaux peut enrayer ces tendances en vérifiant soigneusement la production de chaque équipe et en effectuant des vérifications ponctuelles à l'aide des pointages figurant sur les feuilles de présence.

Les travailleurs à la tâche sont rémunérés sur la base de leur présence comme ceux qui sont payés à la journée. Dans le cadre d'un système complexe de travail à la tâche, il est parfois possible de réduire le salaire si la tâche n'est pas terminée en fin de journée. Mais cette formule est difficile à administrer et n'est pas normalement autorisée par les réglementations du travail. S'il est fréquent que les ouvriers ne parviennent pas à accomplir leur tâche, celle-ci est probablement trop importante, l'encadrement est insuffisant et les ouvriers ne perçoivent pas l'avantage qu'ils ont à terminer leur tâche dans le temps voulu. Normalement, ils doivent demeurer sur place jusqu'à l'achèvement de leur tâche, même si celle-ci prend parfois plus de huit heures.

La rémunération des travailleurs à la pièce est fondée sur la production mesurée. Les mesures doivent être effectuées avec exactitude, elles doivent être complètement comprises des travailleurs et effectuées en leur présence. Les travaux de terrassement sont les plus faciles à mesurer sur place. Si le volume mesuré est celui du remblai, les ouvriers seront toujours tentés de compacter le sol légèrement. Avant le début d'une journée ou d'une semaine de travail, les cadres de supervision ou les représentants des ouvriers ou les chefs d'équipes devront se mettre d'accord sur la valeur de tous les paramètres qui détermineront la valeur des rémunérations (comme la distance de transport, l'élévation et la dureté des matériaux). Si un paramètre change pendant la semaine, il faudra le prouver et en déterminer l'ampleur avec l'accord de tous. Dans certains cas, les travaux de finition, comme le broyage des mottes de terre et la préparation des terrassements, devront être effectués par un ouvrier qui n'est pas membre de l'équipe travaillant à la pièce. Un ouvrier rémunéré à la journée peut prendre en charge le finissage et son salaire peut être déduit de la rémunération à la pièce.

Le mécanisme de paiement sous forme de denrées alimentaires (soit exclusivement soit en combinaison avec le salaire en espèces) doit prendre en compte certaines considérations particulières. En général, les denrées alimentaires sont fournies par un organisme donneur sans qu'il en résulte des coûts pour l'organisme chargé des travaux à l'exception des coûts de transport et de stockage. C'est l'organisme donneur qui détermine le type de denrées alimentaires fournies, parfois après étude de la situation nutritionnelle. La quantité maximum d'aliments distribuée chaque jour est aussi décidée par l'organisme donneur. Dans de nombreux pays, le taux de

salaire étant supérieur au prix du marché des denrées alimentaires fournies, l'organisme chargé de la construction devra soit ajuster la rémunération par un versement en espèces jusqu'au niveau de salaire prévu soit réduire le volume de la tâche quotidienne en fonction de la valeur des denrées alimentaires. Ces ajustements sont difficiles à opérer en raison des fluctuations saisonnières et régionales du prix des denrées alimentaires et doivent être effectués avec le plus grand soin.

## FORMATION SUR LE TAS

Le but de la formation sur le tas est d'améliorer les compétences par un enseignement, des orientations et l'évaluation des tâches quotidiennes sur place. Cette formation doit compléter (et non pas remplacer) la formation plus formelle des cadres de supervision et des chefs de chantier concernant les tâches de gestion de leurs activités.

La formation ne doit pas s'adresser exclusivement aux cadres de supervision, mais être organisée tout aussi bien à l'intention de l'ouvrier qui manie la pioche ou la pelle. Le conducteur de travaux et les cadres de supervision qui l'entourent doivent donc être impérativement en mesure de démontrer la façon dont ceux qui sont sous leurs ordres doivent accomplir leur tâche. Le conducteur de travaux doit connaître parfaitement les capacités de chacun des cadres de supervision et ceux-ci doivent savoir à leur tour ce que peuvent ou non accomplir leurs subordonnés. Bien que les cadres doivent faire preuve de bon sens dans leurs activités de formation, il importe que la méthode adoptée soit la même sur tous les chantiers relevant du même programme de construction par des méthodes manuelles.

### *Cadres de supervision*

Des instructions simples, écrites (et accompagnées d'illustrations) concernant les diverses activités du chantier contribueront à mieux faire comprendre les travaux et à les faire exécuter de façon uniforme. Un programme de formation doit toujours comporter des instructions auxquelles peuvent se reporter les ouvriers. En tout état de cause, la méthode d'enseignement la plus efficace est de procéder par démonstration. Lorsque les travaux ne satisfont pas les normes, il y a lieu de signaler les défauts aux stagiaires et de leur expliquer leur erreur.

Les observations ci-après s'appliquent en général à la formation sur le tas:

- \* Vérifier si l'ouvrier chargé d'une tâche a bien reçu la formation nécessaire.
- \* Analyser son travail sans le culpabiliser. Lui indiquer les points positifs et lui proposer les améliorations nécessaires.
- \* Lui donner des instructions uniquement pour les activités qu'il aura à accomplir dans les prochains jours.
- \* Utiliser le même langage et les mêmes expressions techniques que lors des stages de formation précédents.
- \* Lui suggérer de consulter chaque fois que possible les instructions écrites ou les manuels dont il dispose.
- \* Donner un nombre limité d'instructions à la fois.
- \* Toujours revenir en arrière et vérifier que les instructions ont été assimilées; dans le cas contraire, les répéter.
- \* Se tenir au courant des modifications apportées par l'administration centrale au programme de formation formel.

Chaque fois que possible, le conducteur de travaux devra organiser des réunions (une fois par mois par exemple) auxquelles tout le personnel pourra participer pour étudier les problèmes qui se posent sur un chantier particulier. Organiser des réunions sur des chantiers différents permettra de susciter l'intérêt et la participation du personnel qui pourra se faire une idée plus complète de ses tâches. Chaque participant devra être encouragé à prendre des notes succinctes et à en discuter. Le conducteur de travaux devra systématiquement communiquer par écrit les instructions décidées à la suite de cette réunion.

La formation nécessaire à chacun devra être déterminée en fonction de la formation reçue précédemment, des aptitudes personnelles et de la complexité de la tâche. Dans le cas des cadres de supervision, contre-maîtres et chefs d'équipes, ainsi que des employés de bureau, c'est au conducteur de travaux qu'incombe l'évaluation. Le personnel comme les mécaniciens et les chauffeurs devront être soumis à une évaluation de caractère plus formelle et le complément de formation devra leur être dispensé à l'administration centrale.

Il pourra être demandé au conducteur de travaux de choisir des candidats devant bénéficier d'une formation supplémentaire. Pour ce faire, il devra tenir compte des qualités de chaque employé par rapport à la tâche qu'il doit accomplir plutôt que de la façon dont il s'est acquitté de ses tâches précédentes. Un bon chef d'équipe, par exemple, ne deviendra pas nécessairement un bon contremaître.

Dans les pays ne recourant pas traditionnellement aux méthodes manuelles, on a pu observer que de nombreux ouvriers ne savent pas utiliser les outils manuels de façon convenable. Dans ce cas, la formation doit surtout être destinée aux chefs d'équipes, qui sont en contact permanent avec les ouvriers. Le stage de formation doit être organisé sur le chantier afin que le plus grand nombre possible d'ouvriers bénéficie directement des démonstrations. Même pour les tâches les plus courantes, la productivité peut être sensiblement améliorée si l'on enseigne aux ouvriers à manier leurs outils selon les règles.

La seule façon d'inculquer de meilleures méthodes de travail est par la démonstration. Il faut montrer à un ouvrier comment utiliser un instrument avec lequel il n'est pas familiarisé, que ce soit un ouvrier plus expérimenté ou le chef d'équipe qui s'en charge. Le conducteur de travaux lui-même devra parfois faire des démonstrations, car ce faisant, il donnera l'exemple aux contremaîtres et cadres de supervision. Certaines organisations ont constaté qu'il est utile de compter parmi leur personnel permanent un petit nombre d'ouvriers qualifiés qui peuvent épauler les nouveaux employés afin que ceux-ci puissent se perfectionner.

On peut exprimer comme ci-après le volume des ressources (main-d'oeuvre, outils, matériel, matériaux, personnel) nécessaire pour exécuter une quantité de travaux donnée en un temps déterminé:

$$\text{Besoin réel de ressources (volume)} = \frac{\text{Volume de production à atteindre}}{\text{Temps disponible (jours)} \times \text{Productivité}}$$

*Ouvriers et  
chefs d'équipes*

**MAXIMISER LA  
PRODUCTIVITE  
DES RESSOURCES**

Cette équation peut aussi s'écrire comme suit:

$$\text{Volume de production} = \frac{\text{Besoin réel de ressources} \times \text{Temps disponible (jours)}}{\text{Productivité (Production par jour disponible)}}$$

Les calculs de productivité sont expliqués dans l'annexe G (Méthodes de calcul des coûts) et l'annexe F (Données sur la productivité et effets des paramètres). Le calcul du volume réel de ressources et du temps disponible est expliqué ci-après.

En théorie, on indique au conducteur de travaux soit l'objectif de production à atteindre en lui demandant d'évaluer les besoins de ressources correspondants, soit le volume des ressources en lui demandant de calculer la production. En pratique, l'administration centrale lui indique habituellement un volume de ressources fixe et un objectif de production. Après avoir calculé les quantités nécessaires pour atteindre l'objectif de production, le conducteur de travaux doit évaluer la productivité des principales ressources et déterminer si les équations mentionnées ci-dessus sont équilibrées. Si les ressources sont suffisantes, il peut passer à la planification de la production. Dans le cas contraire, quatre possibilités se présentent:

- \* Le conducteur de travaux peut chercher à accroître la productivité en améliorant la gestion, en accordant des primes et en améliorant les méthodes de construction.
- \* Il peut chercher à accroître le temps disponible en prolongeant la saison des travaux, en travaillant pendant la saison des pluies ou en organisant plusieurs équipes.
- \* Il peut chercher à réduire le volume des travaux à effectuer en modifiant les plans ou les tracés.
- \* Si aucune de ces solutions ne semble possible, il doit demander des ressources plus importantes ou avertir l'administration centrale que l'objectif de production n'est pas réaliste.

On expliquera ci-après comment calculer le volume des ressources nécessaires correspondant à un objectif de production donné. Il importe de mesurer en fonction de critères cohérents le temps disponible afin d'éviter de surestimer les taux de production réels ou les besoins en ressources.

*Mesure de la  
durée d'exécution  
du projet*

Pendant une saison de travaux, une ressource est disponible pendant une période déterminée. Le nombre total de jours disponibles constitue le temps disponible. Cette période dépend de facteurs comme les besoins d'entretien et les pannes dans le cas du matériel, et des jours de congé dans le cas de la main-d'oeuvre.

**OUTILS ET MATERIEL.** Les facteurs ci-après influent sur la disponibilité de l'outillage et du matériel simple:

- \* L'usure des outils et du matériel et les besoins de remplacement.
- \* L'usure des pièces détachées et les besoins de remplacement (les manches des marteaux et les roues des brouettes par exemple).

- \* L'entretien périodique nécessaire (remplacement des lames par exemple).
- \* Les vols éventuels.
- \* Les outils et le matériel de réserve pour maintenir la production (des paniers supplémentaires peuvent être remplis pendant que ceux qui les transportent en utilisent d'autres).

Les facteurs ci-après influent sur le temps disponible du matériel:

- \* Le temps nécessaire pour amener le matériel sur le chantier.
- \* Le temps perdu en raison du mauvais temps.
- \* Le temps perdu en raison de pannes.
- \* Le temps nécessaire aux réparations.
- \* Le temps pendant lequel les conducteurs ou autres agents nécessaires au fonctionnement d'une machine sont disponibles.

Ce dernier facteur est de la plus haute importance. Si le personnel est disponible, certaines machines pourront fonctionner 24 heures par jour. Tel est le cas dans les travaux miniers ou le creusement de galeries qui sont effectués par deux ou trois équipes, de façon que le matériel fonctionne sans interruption. Dans la plupart des travaux de construction, toutefois, une seule équipe est à pied d'oeuvre et la durée d'utilisation d'une machine dépend de la présence d'un conducteur. Il faut observer que le temps de travail du conducteur d'engin n'est pas nécessairement le même que celui des autres ouvriers du chantier. Un conducteur de rouleau, par exemple, peut continuer à travailler une heure de plus chaque jour une fois terminé le remblayage du talus.

**MAIN-D'OEUVRE.** Deux groupes de facteurs déterminent les ressources réelles de main-d'oeuvre pendant une saison de travaux: ceux qui déterminent la durée du travail et ceux qui influent sur le nombre moyen d'ouvriers sur le chantier.

Les facteurs qui déterminent la durée du travail sont d'une part ceux qui fixent la durée totale, d'autre part ceux qui déterminent le temps perdu. La durée totale du travail comprend:

- \* La durée de la saison des travaux.
- \* Le nombre de jours de travail par semaine.
- \* Le nombre de jours de congé.

Le temps perdu comprend:

- \* Le temps perdu en raison du mauvais temps.
- \* Le temps perdu en conflits du travail.
- \* Le temps perdu les jours de paye.

Le temps disponible (TD) est l'unité qui sert à exprimer la productivité du travail. Elle se définit comme suit:

$$\begin{aligned} \text{Temps disponible (TD)} &= \text{Nombre de jours de travail effectifs} \\ &= \text{Temps total (TT)} - \text{Temps perdu (TP)} \end{aligned}$$



Les facteurs qui déterminent le nombre moyen d'ouvriers présents sur les chantiers sont les suivants:

- \* Les baisses d'effectifs pendant le recrutement en début de saison.
- \* Les baisses d'effectifs en fin de saison.
- \* Les baisses pendant les récoltes et les plantations.
- \* Les baisses dues à la rotation constante de la main-d'oeuvre pendant la saison.
- \* Les baisses d'effectifs dues à la maladie.
- \* Les baisses dues à l'absentéisme.
- \* Les baisses dues aux stages de formation.

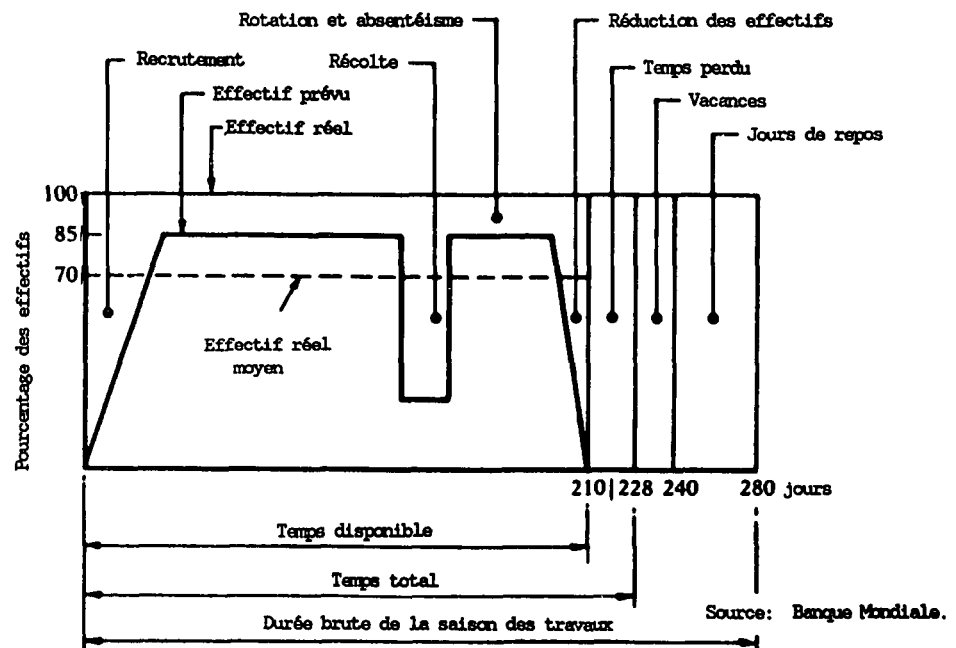
L'effectif théorique (prévu) est le nombre d'ouvriers inscrits sur les registres de paye à la fin de la campagne de recrutement. L'effet des facteurs énumérés plus haut sur la réduction des effectifs peut être exprimé de la façon suivante:

Ressources de main-d'oeuvre = Effectifs réels  
disponibles (hommes-jours) x Temps disponible (jours)

Où: Effectifs réels =  
Coefficient des effectifs réels x effectifs théoriques

L'idéal sur tout chantier est de disposer d'un volume constant de ressources combinées de façon parfaitement équilibrée afin de maximiser la production pour un coût minimum. Tel n'est pas le cas en pratique, parce que les ressources s'accroissent lorsqu'un chantier démarre et se réduisent à la fin et parce que diverses circonstances influent sur l'offre et la combinaison des ressources pendant les travaux. Il faut donc en tenir compte pour calculer le nombre réel de jours de ressources. La main-d'oeuvre est la ressource dont le volume varie le plus souvent. La figure 7-1 montre que, même si les travaux peuvent être effectués en 210 jours au total, les ressources réelles de main-d'oeuvre sont réduites pendant la saison en raison des fluctuations de l'offre.

Figure 7-1. Fluctuations des effectifs réels



L'exécution de nombreuses tâches exige diverses ressources: les terrassements, par exemple, peuvent être effectués par la main-d'oeuvre et par un camion à plate-forme. Parmi ses principales tâches, le conducteur de travaux devra veiller à ce que toutes les ressources nécessaires à l'exécution d'une tâche donnée soient équilibrées, afin que chacune puisse être utilisée aussi efficacement que possible. Si un nombre de camions donné est utilisé en combinaison avec un nombre donné d'ouvriers, les uns et les autres seront pleinement utilisés. Mais si l'on augmente le nombre d'ouvriers certains resteront inactifs car le nombre de camions sera insuffisant.

Le conducteur de travaux devra commencer par classer ses ressources suivant leur coût. Il suffit en général que le volume des ressources meilleur marché soit suffisant pour que les plus chères soient utilisées en totalité. Ainsi, sur un chantier où les terrassements sont effectués à l'aide d'un camion à plate-forme, le conducteur de travaux doit veiller à ce que le nombre d'ouvriers soit toujours suffisant pour que les camions soient pleinement utilisés, le coût unitaire d'un camion étant habituellement supérieur à celui d'une équipe d'ouvriers. De même, sur un chantier où le sol est creusé à l'aide d'outils manuels et transporté par des brouettes, le conducteur de travaux doit veiller à ce que le nombre d'outils et de brouettes soit toujours suffisant pour que la main-d'oeuvre soit pleinement utilisée.

En cas de sous-utilisation éventuelle du matériel par manque de main-d'oeuvre, les ouvriers doivent être transférés à d'autres tâches qui n'influent pas sur l'utilisation du matériel. Cette solution ne sera pas toujours efficace pendant la saison des récoltes où il risque de se produire une pénurie de main-d'oeuvre. Dans ce cas, le conducteur de travaux doit envisager de recruter des ouvriers, venant éventuellement de régions éloignées, afin que le matériel soit pleinement utilisé.

Le conducteur de travaux doit aussi pouvoir disposer d'effectifs de main-d'oeuvre suffisants en accroissant les salaires pendant les périodes de pénurie. Si les coûts fixes correspondent, par exemple, à 40 % des coûts directs, il peut être intéressant de relever les coûts salariaux jusqu'à 50 % pour maintenir la production. Une hausse de salaires peut, par contre, créer davantage de problèmes qu'elle n'en résout. Il peut arriver, par exemple, que les ouvriers soient trop peu nombreux pour se charger des activités agricoles et qu'ils refusent un salaire inférieur après la récolte. Une autre solution est de transférer temporairement le matériel à l'exécution d'autres activités pendant la pleine période des activités agricoles et de concentrer sur les chantiers faisant appel à des méthodes manuelles les tâches exigeant relativement peu d'ouvriers, comme la construction de gués et de ponceaux. Le matériel, comme les tracteurs, les remorques ou les camions à plate-forme, peut être loué à l'extérieur pendant cette période pour la réalisation de travaux agricoles ou le transport des récoltes.

Si le matériel est loué au mois et non pas acheté pour l'exécution du projet, le conducteur de travaux peut déterminer avec plus de souplesse la combinaison des ressources. Il pourra rétablir l'équilibre en louant plus ou moins de matériel et en ajustant les effectifs de main-d'oeuvre.

Le calcul des ressources en matériel donne souvent des résultats insuffisants et aboutit toujours à une sous-utilisation du matériel. Si les

calculs montrent, par exemple, qu'il faut 1,3 camion pour le transport des graviers, le conducteur de travaux doit louer deux camions, dont chacun ne sera pas utilisé pendant 35 % du temps de travail. Deux principales méthodes permettent d'accroître l'utilisation du matériel dans ce cas: le partage des ressources et la réduction du volume des ressources.

**PARTAGE DES RESSOURCES.** Si un engin est sous-utilisé pour l'exécution d'une tâche, il peut être affecté le reste du temps à l'exécution de deux autres tâches. L'exemple représenté sur le tableau 7-3 montre qu'il peut être plus rentable d'utiliser un engin tiré par un tracteur pour effectuer des terrassements et des arrosages plutôt que d'utiliser des ressources distinctes pour chacune de ces opérations, bien que dans ce cas le coût unitaire soit inférieur si elles sont pleinement utilisées. Dans cet exemple, à supposer que le matériel soit pleinement utilisé, les méthodes faisant appel aux tracteurs reviennent plus cher que les autres de 30 à 50 % pour le transport des graviers et de l'eau, respectivement. Mais les coûts calculés sur la base de l'utilisation réelle pour ces deux tâches combinées sont de 49 % inférieurs si le tracteur sert pour l'exécution des deux tâches.

Tableau 7-3. Exemple de calcul des coûts relatifs d'utilisation séparée des ressources et de partage des ressources pour l'exécution des deux tâches

	Transport des graviers (30 m <sup>3</sup> par jour)			Arrosage (6.000 l/jour)			Total
	Terrain plat	Tracteur- remorque		Camion- citerne	Tracteur	Remorque- citerne	
Prix de location (\$/heure)	2,6	2,6	0,7	3,2	2,6	0,5	-
Temps d'exécution de la tâche quotidienne (heures)	2,5	3		3		4	-
Coût unitaire direct <sup>a</sup> pour utilisation maximum (\$/m <sup>3</sup> ou \$/1.000 l) <sup>b</sup>	0,22	0,33		1,60		2,07	-
Coût d'utilisation quotidien d'un véhicule automobile (\$) <sup>b</sup>	20,8	-		25,6		-	46,4
Coût d'utilisation quotidien d'un tracteur pour le transport (\$) <sup>b</sup>	-	8,9 <sup>c</sup>	5,6	-	11,9 <sup>c</sup>	4,0	30,4
Taux d'utilisation (%)	31	87 <sup>c</sup>		37		87 <sup>c</sup>	50
Coût unitaire direct pour le taux d'utilisation réel (\$/m <sup>3</sup> ou \$/1.000 l)	0,69	0,48		4,23		2,65	

*Note:* La journée de travail est par hypothèse de huit heures.

- Coût unitaire direct = (Tarif de location) x (Temps d'exécution de la tâche quotidienne) / (Production).
- Seul le coût direct est nécessaire pour effectuer des comparaisons (c'est-à-dire que l'on élimine les frais généraux, qui sont par hypothèse égaux pour toutes les ressources).
- Le tracteur est utilisé pour les deux tâches sur la base du temps de travail.

Source: Banque mondiale.

**REDUCTION DU VOLUME D'UNE RESSOURCE.** Il arrive souvent qu'une ressource soit sous-utilisée parce qu'elle est trop importante pour la tâche à effectuer: la production demandée au cours d'une journée de travail est inférieure à la capacité de la machine. Le remplacement par une ou deux unités de ressources moins importantes mais mieux adaptées au rythme de production demandé permet une meilleure utilisation qui peut compenser le coût unitaire plus élevé d'une ressource de moindre importance. Dans l'exemple présenté dans le tableau 7-4, 200 mètres cubes de remblais sont compactés chaque jour. Un rouleau à cylindre lisse de 10 tonnes peut effectuer cette opération en une heure et bien que son coût unitaire, pour une utilisation à 100 %, soit le cinquième des coûts unitaires de trois rouleaux de 450 kg utilisés ensemble, le coût quotidien au taux réel d'utilisation est supérieur de 40 %. On voit bien que si le rouleau est utilisé aussi pour d'autres opérations, la situation diffère puisque le rouleau est utilisé pour plusieurs tâches. Mais l'utilisation de ressources de moindre importance présente l'avantage d'une plus grande souplesse. Avec trois rouleaux, les travaux peuvent être effectués en trois endroits simultanément, ce qui donne de meilleures garanties de ne pas retarder les travaux en cas de panne.

Le programme de travail à long terme de différents travaux est défini par l'administration centrale. Le conducteur de travaux doit préparer des plans de travail à court terme afin de maintenir un rythme de production constant et la pleine utilisation des ressources. Le volume réel de la production doit être vérifié régulièrement et, à partir de ces mesures, le conducteur de travaux pourra évaluer la productivité et modifier les plans à court terme si les chiffres relatifs à l'utilisation réelle des ressources diffèrent sensiblement des valeurs découlant du plan à long terme.

## PLANIFICATION ET CONTROLE DE LA PRODUCTION

Tableau 7-4. Exemple de calcul du coût d'utilisation de ressources importantes et de ressources réduites

	Compactage (200 m <sup>3</sup> /jour)	
	Rouleau à cylindre lisse de 10 t autopropulsé	Cylindre vibrant de 450 kg poussé à pied
Unités de ressources nécessaires	1	3
Tarif de location (\$/heure)	5,90	3 x 1,40 = 4,20
Temps d'exécution (heures)	1,0	6,7 chacun
Coût unitaire direct <sup>a</sup> à pleine utilisation (\$/m <sup>3</sup> ) <sup>b</sup>	0,029	0,14
Coût journalier des ressources <sup>b</sup>	47,20	3 x 1,4 x 8 = 33,60
Taux d'utilisation (%)	12	84
Utilisation réelle (\$/m <sup>3</sup> )	0,24	0,17

*Note:* La journée de travail est par hypothèse de huit heures.

- Coût unitaire direct = (Tarif de location) x (Temps d'exécution de la tâche quotidienne) / (Production).
- Seul le coût direct est nécessaire pour effectuer des comparaisons (c'est-à-dire que l'on élimine les frais généraux, qui sont par hypothèse égaux pour les deux méthodes).

Source: Banque Mondiale.

*Planification à court terme de la production*

La durée d'exécution des plans à court terme varie. L'une des méthodes les plus efficaces pour vérifier les plans à court terme est d'établir un diagramme à barres. Ce diagramme se prépare de la façon suivante:

- \* Etablir la liste des tâches à effectuer.
- \* Calculer le volume des travaux à effectuer pour chaque tâche et le répartir en fonction des diverses valeurs des paramètres critiques.
- \* Choisir la méthode de construction appropriée à chaque tâche.
- \* Décider de la séquence des travaux.
- \* Evaluer les normes de production pour chaque tâche.
- \* Calculer la quantité de ressources nécessaires à chaque tâche, notamment le nombre et la catégorie d'ouvriers, le nombre et le type d'outils et de matériel nécessaires et la quantité et la catégorie de matériaux nécessaires.
- \* Revoir l'utilisation des ressources (en particulier le matériel mécanique) et modifier les plans si les taux d'utilisation peuvent être améliorés.
- \* Calculer la durée probable de chaque tâche.
- \* Etablir un projet de plan des travaux.
- \* Ajuster le projet de plan en fonction des objectifs du programme et étaler uniformément la charge de travail pour toutes les ressources qui doivent être mobilisées.

L'annexe J (Diagrammes à barres de production) présente deux exemples de l'utilisation de ces diagrammes pour la planification et le contrôle de la production sur le chantier.

Pour que la production soit efficace, il faut que les ressources nécessaires soient disponibles à l'endroit et au moment voulus; les diagrammes à barres sont utiles en ce qu'ils établissent un lien entre le moment, l'emplacement et les ressources. Ils indiquent en outre les dates d'achèvement prévues des différentes activités.

Le programme à court terme indique les besoins de main-d'oeuvre chaque jour, chaque semaine ou tous les 15 jours. Etant donné que les ouvriers ne sont pas tous présents chaque jour, il faut tenir compte de l'absentéisme. Il faut donc embaucher environ 25 % d'ouvriers de plus que les besoins réels.

Les besoins en outils manuels peuvent être évalués sur la base des plans de travail et des méthodes de construction à utiliser. On a étudié dans les précédentes sections les méthodes d'achat, de stockage et de distribution des outils aux ouvriers. Il est néanmoins utile de redire que des mesures de contrôle strictes doivent être prises afin de réduire au minimum les vols, qui sont un problème fréquent sur les chantiers.

Les besoins en matériel seront ramenés au minimum si on limite l'emploi des machines à l'exécution des tâches que les ouvriers ne peuvent effectuer efficacement, comme le compactage. De toute façon, même si les besoins en matériel sont peu importants, le manque d'engins essentiels (comme les camions ou les tracteurs avec remorque pour le transport, les citernes pour l'eau potable) réduira sensiblement la production. Le conducteur de travaux doit par conséquent veiller à ce qu'un minimum d'engins soit disponible pendant les périodes précisées dans le plan à court terme.

Les besoins en matériaux peuvent être estimés chaque semaine en étudiant et en comparant le programme global de travaux et les plans à court terme. Les besoins hebdomadaires en matériaux doivent être communiqués au magasin et le magasinier devra passer les commandes et les livrer à temps. Le conducteur de travaux devra tenir compte des délais dont le magasinier a besoin pour pouvoir commander des ressources difficiles à obtenir.

Les mesures de la production et de la productivité sont entreprises pour cinq raisons pratiques: aider le conducteur de travaux à suivre et contrôler la production, payer la main-d'oeuvre et calculer les coûts unitaires, améliorer l'efficacité de l'organisation, recueillir des données pour instituer des systèmes de rémunération avec primes, vérifier si les méthodes de construction choisies sont appropriées aux conditions du chantier et fournir des normes de productivité.

Ces mesures sont habituellement effectuées au niveau de l'opération ou de la tâche. En règle générale, la production est mesurée chaque semaine, bien qu'il soit parfois nécessaire de la mesurer chaque jour. Les totaux doivent être établis par semaine ou par mois.

L'annexe I (Exposé d'un système de suivi et de notification) présente un système de mesure de la productivité qui a été mis au point et peut être appliqué couramment aux opérations normalement réalisées sur les chantiers. Il permet d'obtenir des informations suffisantes pour contrôler la production, localiser l'origine des insuffisances et permettre à l'administration centrale d'identifier les chantiers où la production n'atteint pas les objectifs.

L'annexe I indique les données nécessaires pour que ces objectifs soient atteints. Les conducteurs de travaux et les cadres de l'administration centrale peuvent supprimer les éléments qu'ils jugent superflus pour les travaux qu'ils exécutent et modifier le système pour répondre à leurs propres objectifs. Toutefois, tout système, même modifié, doit comporter au minimum les informations suivantes:

- \* Ressources totales en main-d'oeuvre, matériel et matériaux (chaque mois).
- \* Temps disponible (TD) et temps total (TT) pour la main-d'oeuvre et le matériel (chaque mois).
- \* Production pour les principales tâches et opérations, comme la construction de la plate-forme de la route ou le gravillonnage (chaque mois).

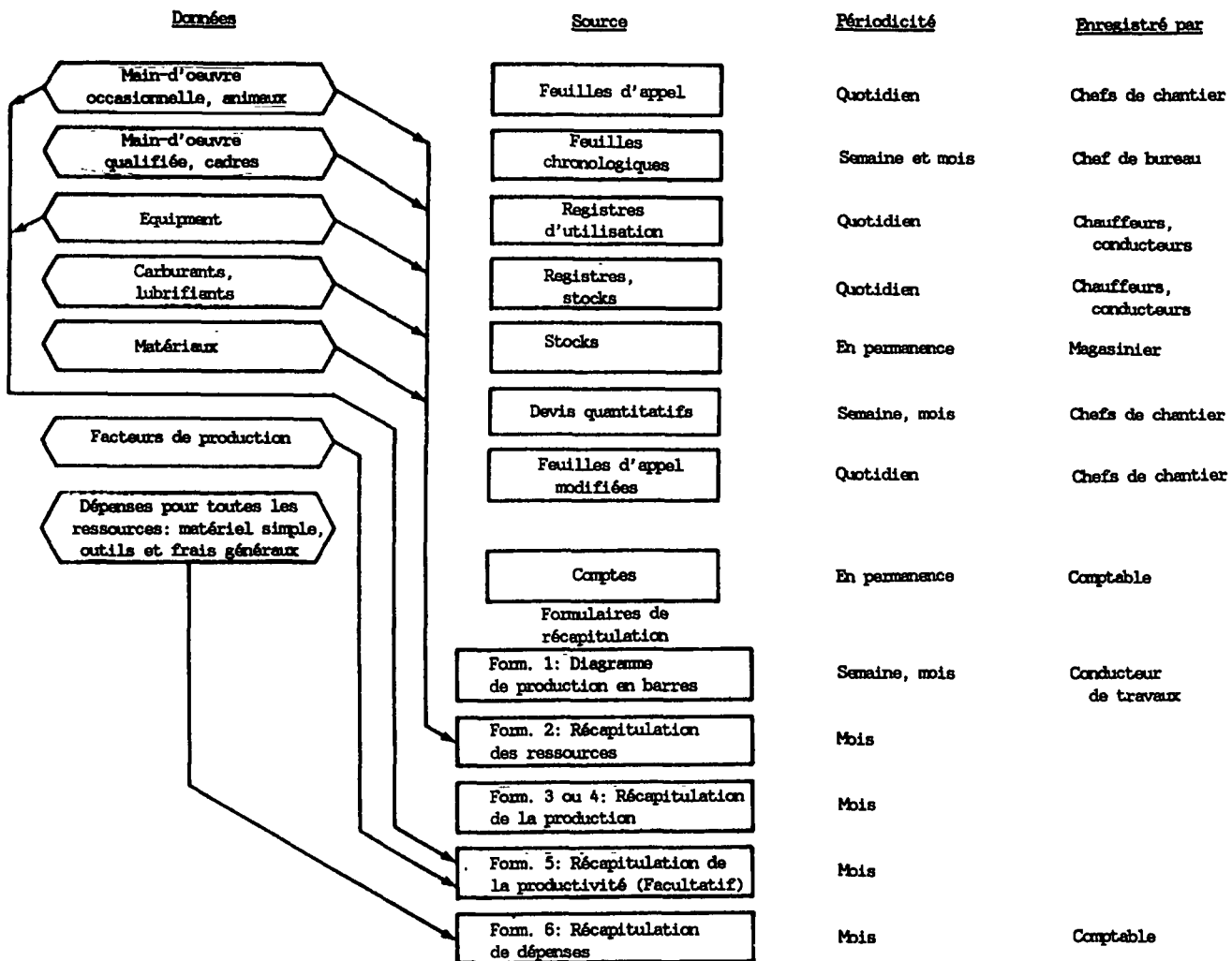
Les principales données nécessaires peuvent être tirées des dossiers normalement tenus sur le chantier en vue des contrôles logistiques: feuilles d'appel, fiches chronologiques et registre d'utilisation des véhicules. La figure 7-2 illustre le flux des données sur le contrôle de la production. L'annexe J montre en outre la façon dont les principes généraux ont été modifiés et adaptés aux objectifs spécifiques d'une opération faisant appel à des méthodes manuelles dans un pays donné.

*Mesure de la  
production et  
de la productivité*

*Composition des équipes et synthèse des données sur la productivité*

Les règles de suivi et de notification qui viennent d'être présentées sont schématiques et séparées mais, sur le chantier, les opérations s'enchaînent de façon continue. On trouvera dans les paragraphes suivants des indications qui permettront aux conducteurs de travaux d'adapter les données aux problèmes pratiques que pose la combinaison des ressources sur les chantiers.

Figure 7-2. Flux des données sur le contrôle de la production



*Note:* On trouvera les formulaires de récapitulation dans l'annexe I.  
Source: Banque Mondiale.

**EQUILIBRAGE DU TRAVAIL EN EQUIPE.** Il est possible d'obtenir des données sur les tâches à partir des données sur les activités, mais il faudra toujours tenir compte des liens entre les diverses activités qui constituent la tâche. Les activités ne peuvent pas être toutes effectuées simultanément pour une productivité maximum. L'optimisation de la productivité globale d'une tâche est ce qui constitue l'équilibrage du travail en équipe.

Le plus simple problème d'équilibrage est celui que posent les tâches d'excavation, de chargement, de transport et de déchargement lorsque la main-d'oeuvre est chargée de l'excavation et du chargement (les deux étant effectués par les mêmes ouvriers) mais que le transport est effectué par brouettes. Pour une distance de transport donnée, l'équilibrage de la tâche est obtenu pour une proportion fixe d'ouvriers d'excavation et de déchargement et d'ouvriers transporteurs. A supposer que dans une équipe optimale, la proportion soit de 11 ouvriers pour le transport et de 3 pour l'excavation et le chargement, la composition de l'équipe peut être la suivante:

Cas 1: 12 transporteurs + 4 ouvriers pour excavation  
et chargement

Cas 2: 13 transporteurs + 3 ouvriers pour excavation  
et chargement

Dans le premier cas, les ouvriers chargés de l'excavation et du chargement sont immobilisés pendant un temps mort; dans le deuxième cas, ce sont les transporteurs. De toute façon, la productivité est plus basse que celle que pourraient atteindre 16 ouvriers.

Si la productivité de l'excavation et du chargement peut raisonnablement être de 4 mètres cubes par homme et par jour pour une distance de transport de 50 mètres, la production d'un transporteur muni d'une brouette étant de 2,5 mètres cubes par homme et par jour, le rapport des ouvriers chargés de l'excavation et du chargement aux ouvriers transporteurs doit être l'inverse du rapport de leur productivité (soit  $2,5/4,0 = 0,6$ ). Il ne sera peut-être pas possible d'atteindre cette proportion, auquel cas la production ne sera pas optimale. Avec une équipe de 13 ouvriers (cinq pour l'excavation et huit pour le transport), la production optimale de 20 mètres cubes par équipe et par jour pourra être atteinte. Avec une équipe de 12 ouvriers, toutefois, la production sera plus faible selon la répartition des tâches:

Cas 1: 4 ouvriers pour l'excavation = 16 m<sup>3</sup> par jour  
8 transporteurs = 20 m<sup>3</sup> par jour

La production est donc limitée à 16 mètres cubes par équipe et par jour.

Cas 2: 5 ouvriers pour l'excavation = 20 m<sup>3</sup> par jour  
7 transporteurs = 17,5 m<sup>3</sup> par jour

La production est donc limitée à 17,5 mètres cubes par équipe et par jour. Le tableau 7-5 illustre la façon dont on a pu équilibrer au Kenya une opération de transport à l'aide d'une remorque basculante tirée par un tracteur.

**PRODUCTIVITE DES TACHES.** Le tableau 7-6 montre comment obtenir la productivité d'une tâche par addition des ressources servant à accomplir les activités qui la constituent. Cette opération est difficile parce que les ouvriers ne travaillent pas tous à un rythme égal et que la production des machines dépend de la qualité de l'entretien et de l'efficacité des conducteurs d'engins. La production pour une tâche déterminée dépend par conséquent de l'activité la moins efficace de toutes celles qui constituent la tâche.



Tableau 7-5. Equilibrage d'une équipe pour l'excavation, le chargement, le transport, le déchargement et l'épandage de gravillons

	Distance (km) à 10 km/h							Distance (km) à 13 km/h							Distance (km) à 16 km/h							
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	
Trajets tracteurs/jour	18	18	11	8	6	5	4	18	18	13	10	8	6	5	18	18	15	11	9	7	6	
Nombre d'ouvriers																						
Excavation	18	18	11	8	6	5	4	18	18	13	10	8	6	5	18	18	15	11	9	7	6	
Chargement	7	7	5	3	3	2	2	7	7	5	4	3	3	2	7	7	6	5	4	3	3	
Epandage	4	4	3	2	2	1	1	4	4	3	2	2	2	1	4	4	3	3	2	2	2	
Total	29	29	19	13	11	8	7	29	29	21	16	13	11	8	29	29	24	19	15	12	11	

*Note:* A mesure que la distance augmente, le nombre de trajets que peut effectuer le tracteur en une journée diminue, de même que le volume des matériaux transportés. Un moins grand nombre d'ouvriers est donc nécessaire pour l'excavation, le chargement, le transport et l'épandage. C'est pourquoi une distance de transport plus longue exige des équipes moins nombreuses.

Les calculs reposent sur les hypothèses suivantes:

Temps de manoeuvre	8 minutes par cycle
Excavation, empilage	3 m <sup>3</sup> non tassés par homme et par jour
Chargement	7,8 m <sup>3</sup> non tassés par homme et par jour
Epandage	15 m <sup>3</sup> non tassés par homme et par jour
Volume d'un chargement	3 m <sup>3</sup>
Durée de la journée de travail	8 heures
Temps de disponibilité du tracteur	6 heures par jour

Plus une tâche est complexe (c'est-à-dire plus elle comporte d'activités liées les unes aux autres), plus grand est l'écart entre la productivité effective et la productivité théorique, qui est obtenue par addition des données relatives à la tâche. Pour simplifier la synthèse, on ajoute normalement une majoration (habituellement de 10 %) à la somme des coefficients techniques des activités afin d'obtenir une estimation réaliste des coefficients techniques de la tâche. L'annexe F (Données sur la productivité et effets des paramètres) présente de façon détaillée la majoration à ajouter aux activités d'une équipe et de nombreux exemples pratiques.

**PRODUCTIVITE DE L'OPERATION.** Pour calculer la productivité d'une opération, le conducteur de travaux doit non seulement obtenir des données fiables sur les tâches constituant une opération, mais il doit aussi tenir compte des divers travaux connexes. S'il est prévu par exemple de creuser un canal et de construire la berge en une seule opération, les principales tâches seront l'excavation, le chargement, le transport, le déchargement, l'épandage et le compactage des matériaux déplacés. Toutefois, il peut être nécessaire de découvrir la terre végétale, de

jalonner les ouvrages, de niveler les bords et le fond du canal après les terrassements, d'éliminer les matériaux organiques des berges, de niveler et recouvrir les berges, d'arroser la terre avant le compactage et d'engazonner les berges. L'ensemble de ces diverses tâches peut être aussi important à effectuer que la tâche principale et, si l'on n'en tient pas compte (ou insuffisamment), la productivité globale sera surévaluée.

Tableau 7-6. Synthèse des données sur la productivité d'une tâche comprenant des terrassements effectués à l'aide de brouettes

Hypothèses		
Tâche: Excavation et chargement dans des brouettes en une seule opération manuelle, transport, déchargement et épandage sur le talus effectués manuellement		
Type de sol	Ferme, consistant	} Conditions normales Inhabituelles
Distance de transport	50 mètres	
Élévation	2 mètres	
Etat de la piste	Bon	
Hauteur de la brouette	0,6 mètre	
Manoeuvres	Faciles	
Rémunération	A la journée	
Majoration	10 %	
Journée de travail	7 heures	
Calculs		
Etape 1. Somme des coefficients techniques des activités		
Distance de transport équivalente = $50 + (10 \times 2)$	= 70 mètres	
Excavation, chargement	= 0,28 h-j/m <sup>3</sup>	
Transport	= 0,36 h-j/m <sup>3</sup>	
Épandage	= 0,09 h-j/m <sup>3</sup>	
Somme des coefficients	= 0,73 h-j/m <sup>3</sup>	
Etape 2. Calcul du coefficient de production		
Coefficient de la tâche majoré, pour 7 heures	= $0,73 \times 1,1 \times 8/7 = 0,92 \text{ h-j/m}^3$	
Production totale de la tâche	= 1/0,92	= 1,09 m <sup>3</sup> /h-j

Source: Banque Mondiale.

Un plan de travail bien préparé et un diagramme en barres indiquant les points difficiles permettront au conducteur de travaux de se concentrer sur les problèmes à mesure qu'ils se posent et d'exercer le contrôle nécessaire à la réussite de l'opération. Toutefois, si la productivité d'une tâche diffère sensiblement de la norme initiale, le plan de travail devra être modifié pour tenir compte des productivités réelles. La mesure de la productivité et la comparaison des résultats avec la norme peut avoir deux conséquences. Premièrement, si la production réelle est inférieure à la norme, le conducteur de travaux pourra essayer d'en rechercher la cause et améliorer les résultats. Deuxièmement, il peut étudier le plan de travail, rechercher les conséquences d'un rythme d'avancement différent et modifier le programme afin d'éviter le décalage des opérations.

### Evaluation de la production

**REVISION DU PLAN DE TRAVAIL.** Dès qu'il devient évident qu'une tâche ne sera pas menée à bien comme prévu initialement, il faudra déterminer à quel moment elle pourra être terminée suivant divers plans d'action possibles. Une tâche peut, par exemple, être terminée si 50 ouvriers sont ajoutés aux effectifs existants, ou bien la même tâche peut

être terminée quatre semaines plus tard si les effectifs ne sont pas accrus. Le conducteur de travaux peut évaluer dans quelle mesure les autres tâches seront modifiées suivant le choix entre ces deux solutions. Lorsque plusieurs tâches n'avancent pas au rythme prévu, l'ensemble du plan doit être révisé.

**CONCENTRATION DES ACTIVITES DE GESTION.** Lorsque le conducteur de travaux prépare un plan de travail, il est obligé d'évaluer la productivité de chaque tâche. Certaines de ces estimations sont inexactes, d'autres optimistes, les dernières pessimistes, mais seuls les travaux réalisés sur le chantier permettent d'obtenir des chiffres réels.

Si, malgré tout le soin apporté à la mise au point du plan de travail, certaines tâches n'atteignent pas la productivité prévue, le conducteur de travaux doit concentrer les activités de gestion sur l'identification des raisons de cette différence et sur les remèdes à apporter. Parmi les facteurs à prendre en considération figurent l'équilibrage des équipes, la séquence des activités, l'approvisionnement en outils, les relations et les conditions de travail et la qualité de l'encadrement.

#### ANALYSE ET INTERPRETATION DES DONNEES SUR LA PRODUCTIVITE

Lorsque les travaux commencent, les données concernant le chantier sont peu nombreuses et le conducteur de travaux doit en général utiliser des informations provenant d'autres sources comme les normes de production fournies par la direction, les estimations des entreprises ou les données de l'annexe F (Données sur la productivité et effets des paramètres). On a pu constater que les normes de la direction et les livres d'estimation des entreprises doivent être utilisés avec prudence, uniquement à titre indicatif. De même, la plupart des données fournies proviennent de pays où les méthodes manuelles sont largement utilisées. Ces informations ne seront pas toujours exploitables pendant le démarrage d'un projet dans un pays n'ayant pas une longue expérience des méthodes manuelles.

#### *Données sur les activités et sur les tâches*

Si l'on dispose de données fiables sur une tâche, le conducteur de travaux n'aura pas besoin de plus amples renseignements sur l'activité. Mais en l'absence de données fiables sur une tâche ou sur une opération, il sera possible de faire la synthèse des informations nécessaires à l'aide des données sur les activités. Les données sur la productivité de certaines des activités les plus importantes et les tâches les plus courantes des travaux de génie civil sont présentées dans l'annexe F (Données sur la productivité et effets des paramètres). Ces données correspondent aux valeurs "normales" de la productivité pouvant être atteinte par (a) des ouvriers du service d'un ministère rémunérés à la journée pour une qualité de gestion moyenne et dans un pays utilisant traditionnellement les méthodes manuelles, ou par (b) des ouvriers rémunérés à la tâche appartenant à un service d'un ministère bien organisé lorsque le programme se poursuit depuis un an ou deux dans un pays n'ayant pas souvent eu recours aux méthodes manuelles.

Les conditions des travaux et les valeurs des paramètres (dans une situation "normale") pour une productivité normale sont rappelées dans l'annexe F. Selon les circonstances, la productivité réelle peut être quatre fois plus élevée ou plus faible que les valeurs normales. Les valeurs supérieures peuvent être atteintes dans une bonne organisation de travaux

publics employant des ouvriers rémunérés à la pièce et dans un pays utilisant depuis longtemps les méthodes manuelles. Les données de l'annexe F se rapportent à une journée de 8 heures, mais les ouvriers rémunérés à la pièce travaillent souvent plus longtemps. La plus forte productivité correspond donc à la production unitaire pendant une journée de travail prolongée. Les valeurs inférieures seront celles de la main-d'oeuvre rémunérée à la journée au début de l'exécution d'un programme réalisé dans un pays ayant peu l'habitude des méthodes manuelles. On trouvera dans le tableau 7-7 les effets de la méthode de rémunération sur les productivités.

Tableau 7-7. Effet de la méthode de rémunération sur les normes de productivité

Méthode de rémunération	Coefficients par lesquels doivent être multipliées les normes de productivité	
	Pays ayant peu l'expérience des méthodes manuelles	Pays utilisant traditionnellement les méthodes manuelles
A la journée	0,25-0,75	0,5-1,5
A la tâche	0,5-1,5	1,0-2,5
A la pièce	1,0-3,0	2,0-4,0

Source: Banque Mondiale.

L'expérience acquise dans plusieurs pays confirme en général la validité du tableau 7-7 qui montre indirectement comment la productivité peut être accrue pendant l'exécution d'un programme. Pour atteindre les chiffres les plus élevés, il faut une bonne gestion, un environnement favorable et une main-d'oeuvre en bonne santé et convenablement nourrie. Dans le cas contraire, la production se situera au niveau inférieur.

Les données sur la productivité d'une activité présentées dans l'annexe F montrent les écarts sensibles que l'on pourra observer d'un chantier à l'autre. Ces écarts peuvent s'expliquer en partie par les paramètres différents caractérisant les divers chantiers. Lorsque l'on analyse les paramètres qui influent sur la productivité du travail, il convient d'établir une distinction entre ceux qui s'appliquent à chaque activité (paramètres spécifiques) et ceux qui s'appliquent plus ou moins également à toutes les activités (paramètres généraux).

**PARAMETRES SPECIFIQUES.** Ce sont notamment la dureté du sol, la distance de transport, l'état de la piste de transport et les montées ou descentes. L'annexe F donne des exemples chiffrés de la façon dont certains de ces paramètres spécifiques influent sur la productivité de diverses activités.

Les sols meubles sont de toute évidence plus faciles à creuser que les sols durs. Les sols peuvent généralement être classés de la façon ci-après en fonction de leur dureté:

- \* *Sols tendres/meubles:* se modèlent facilement, résistent peu sous la pression du pouce.

*Influences  
s'exerçant sur  
la productivité*

- \* *Sols fermes*: sont modelés par une forte pression, sont difficiles à enfoncer.
- \* *Sols durs/compacts*: peuvent être brisés à l'aide d'un pic ou d'autres outils tranchants.
- \* *Sols très durs/denses*: peuvent être défoncés à l'aide d'un biseau.
- \* *Sols durs*: difficiles à creuser à la main ou avec un biseau.
- \* *Roche tendre*

D'autres caractéristiques des sols peuvent influencer sur l'excavation comme l'humidité ou la présence de rochers ou de nodules durs. Il faut donc utiliser avec discernement les données présentées dans l'annexe F.

La distance de transport est un autre facteur important qui influe sur la production des méthodes manuelles et des moyens mécaniques. Plus particulièrement dans le cas des méthodes manuelles, certains moyens de transport conviennent mieux que d'autres à des distances courtes. Sur certaines distances, par exemple, les paniers portés sur la tête et les brouettes sont efficaces, tandis que sur des distances moyennes les animaux le sont davantage, et que sur de longues distances les camions ou les remorques avec tracteur deviennent les seuls moyens économiques. On trouvera dans l'annexe A (Inventaire des méthodes de construction) une étude générale des distances de transport optimales et de la production pour divers modes de transport.

L'état de la piste influe aussi sur les productivités. La production peut être très différente, par exemple, lorsque l'ouvrier pousse une brouette sur des planches spécialement disposées à cette fin et lorsqu'il la pousse sur une piste d'argile défoncée, irrégulière et humide. Toutefois, l'état de la piste sera plus ou moins important selon la méthode de construction utilisée. Les méthodes qui ne recourent pas à du matériel à roues en dépendent moins que les autres.

Les montées et les descentes d'une piste de transport ont de toute évidence une influence sur la productivité. Une descente accroît normalement la vitesse de transport, à moins que la piste ne soit en mauvais état. Si la même piste est utilisée dans les deux sens, le trajet en charge devra être effectué en descente plutôt qu'en montée.

**PARAMETRES GENERAUX.** Les paramètres généraux peuvent se ranger en deux groupes: ceux qui ne dépendent pas de la gestion (par exemple, le climat et les compétences traditionnelles) et ceux qui dépendent de la gestion (par exemple la qualité de l'encadrement et les méthodes de rémunération). On étudiera ci-après certaines des caractéristiques générales de ces paramètres. En outre, l'annexe F présente des exemples chiffrés sur la façon dont certains paramètres généraux influent sur la productivité d'une activité.

La température et l'humidité influent sur la production, en particulier sur les ouvriers. Pendant les périodes les plus chaudes de l'année, la production diminue. On peut y remédier si le travail commence plus tôt le matin et se termine peu après midi ou s'il est interrompu pendant longtemps au milieu de la journée pour recommencer en fin d'après-midi. Les effets de l'humidité sont importants mais difficiles à chiffrer parce qu'ils dépendent de la température et de la vitesse du vent.

L'altitude influe sur les hommes comme sur les machines. Lorsque les méthodes manuelles sont utilisées, l'effet précis de ces paramètres dépend de l'habitude qu'ont les ouvriers de travailler à une altitude particulière, mais en général il faut compter une diminution de la production de 10 % chaque fois que l'altitude augmente de 1.000 mètres.

Les précipitations influent de diverses manières sur la production. Des périodes prolongées de fortes pluies interrompent purement et simplement les travaux, éventualité dont il faut tenir compte lors de la planification des travaux. Après de fortes pluies, certains sols peuvent devenir plus faciles à creuser à la main alors qu'ils sont plus difficiles à travailler avec des machines.

L'état physique et l'alimentation des ouvriers ont aussi un effet sur la production. Des corrélations ont été établies entre la productivité et les normes de nutrition. La production d'énergie humaine dépend principalement de l'apport de calories et de protéines. Or, dans de nombreuses régions du monde, cet apport est faible. En outre, de nombreux ouvriers souffrent d'anémie par carence de fer. S'il n'est pas possible de chiffrer avec précision le niveau de la production des personnes se trouvant dans une forme physique bonne, moyenne ou mauvaise, il est nécessaire de prendre en compte cet élément pour calculer la productivité.

Les connaissances traditionnelles contribuent beaucoup à la productivité; c'est pourquoi il faut tenir compte des ouvriers qui, au départ, produisent moins que ceux qui sont plus expérimentés. Cette observation vaut également pour les cadres qui se livrent pour la première fois à un travail manuel. La formation sur le tas peut être d'un certain secours, mais il faudra aux cadres deux ou trois ans de pratique pour atteindre leur production maximum. Des ouvriers sans expérience peuvent apprendre des techniques de construction courantes simples en un ou deux mois, mais il leur faudra beaucoup plus de temps pour acquérir de nouveaux réflexes musculaires.

Les stimulants influent beaucoup sur la production de la main-d'oeuvre et leur absence se traduit par une productivité médiocre. Toutefois, différents groupes d'ouvriers ne sont pas tous motivés par les mêmes stimulants et ce qu'un ouvrier peut faire avec son salaire peut avoir autant d'importance que le salaire lui-même. Le conducteur de travaux devra être familiarisé avec l'environnement social dans lequel travaillent les ouvriers afin de pouvoir mettre au point le système de stimulants le plus efficace. Dans la plupart des cas, le meilleur stimulant est d'ordre financier. Le conducteur de travaux devra mettre au point un mécanisme de récompenses financières qui sera non seulement lié à la production, mais aussi sera jugé équitable par les ouvriers. Par conséquent, aucun groupe ne devra jouir d'un traitement préférentiel et chaque ouvrier devra avoir la certitude que si son travail est satisfaisant, il sera justement récompensé.

La gestion est un important paramètre qui influe sur la productivité, bien que son rôle direct soit difficile à chiffrer. Au surplus, elle comporte la supervision, l'organisation du travail, les relations du travail, la formation, la planification des ressources et des tâches administratives. Le conducteur de travaux devra surtout chercher à améliorer la qualité de la supervision, mais il ne pourra laisser de côté les cinq autres aspects,

faute de quoi la production diminuera. Pour améliorer la gestion du chantier, les considérations ci-après doivent être prises en compte:

- \* Les travaux inutiles, comme la double manutention des matériaux ou un deuxième nivellement des canaux ou des berges parce que le sol n'a pas été déposé où il fallait, doivent être évités.
- \* Les tâches doivent être définies de façon à respecter la productivité fixée; les baisses de productivité étant souvent la règle, les tâches doivent être fixées à un niveau supérieur à celui de la productivité recherchée.
- \* Le paiement des salaires doit être ponctuel, tout retard ayant une influence déterminante sur la productivité.
- \* Le chantier doit être alimenté en eau potable.
- \* Des logements ou des abris doivent être fournis (en particulier en cas de pluie ou de vent fort).
- \* La nourriture des ouvriers doit être fournie sur le chantier.

**PUBLICATIONS  
INTERESSANT  
CE CHAPITRE**

Heap, A. *Inter-regional Project for Planning and Administration of Special Public Works Schemes: Site Manual for Production Control Technicians*. Genève, Bureau international du travail, 1976. Et *Inter-regional Project for Planning and Administration of Special Public Works Schemes: Site Manual for Foremen*. Genève: Bureau international du travail, 1976. Ces deux documents traitent plus spécialement de la formation du personnel.

*Inventario de Administracion et Inventario Tecnico y Organizativo*. Tegucigalpa, Honduras: Ministère des communications, des travaux publics et des transports, 1976. On trouvera dans ces deux publications des directives pratiques sur la gestion et le suivi des projets.

Ministère des travaux publics du Kenya, Banque Mondiale et Overseas Development Ministry Technology Unit: *Technical Manual*. Nairobi, Kenya: Ministère des travaux publics, 1978. Etude de la productivité et de l'affectation des ressources dans le contexte du Programme de routes rurales d'accès du Kenya.

Latham, M. et M. Brooks. *The Relationship of Nutrition and Health to Worker Productivity in Kenya*. Etude du remplacement du capital par la main-d'oeuvre, Mémoire technique No. 26, Washington D.C., Banque Mondiale, 1977. Etude de la façon dont ont été abordés dans un pays les problèmes de santé et de nutrition de la main-d'oeuvre non qualifiée.

*Rural Access Road Program: The Role of the Ministry of Works Staff Training Department*. Nairobi, Kenya: Ministère des travaux publics, 1976. Etude plus générale de la formation du personnel et estimation des ressources nécessaires, des formateurs, du matériel de formation et des grandes lignes des programmes.

Programme des Nations Unies pour le développement et Bureau international du travail. *Inter-regional Project for Planning and Administration of Special Public Works Programmes: Training Course No.III - Project Design, Implementation and Evaluation*. Genève: Bureau international du travail, 1977. Etude générale des questions

formation intéressant l'administration centrale et l'encadrement supérieur du chantier.

Les problèmes de contrôle de la production et de la productivité sont analysés dans les mémorandums techniques de la Banque Mondiale sur le remplacement du capital par la main-d'oeuvre dans les travaux de génie civil.

*Productivity Rates of Earthmoving Machines.* Mémorandum technique No 7, mai 1975. Propose une formule de calcul de la productivité moyenne des machines utilisées dans les transports des matériaux: Bouteurs, décapeuses à moteur, décapeuses remorquées et chargeurs à benne frontale.

*The Planning and Control of Production, Productivity and Costs in Civil Construction Projects.* Mémorandum technique No 15, octobre 1975. Décrit un mécanisme de contrôle destiné à aider les gestionnaires à prendre des décisions en fonction des mesures effectuées. Explique aussi comment la collecte des données estimatives et des chiffres réels facilite une planification plus équilibrée des chantiers.

*A System of Deriving Rental Charges for Construction Equipment.* Mémorandum technique No 10, août 1975. Etude des conditions et des buts des méthodes de détermination des prix des installations sur les chantiers dans le cas particulier des pays en développement. Etude de divers systèmes de coûts de location du matériel; un système est recommandé plus particulièrement aux responsables des travaux publics. Description détaillée des divers systèmes de calcul des coûts.

*Increasing Output of Manual Excavation by Work Reorganization: An Example of Passing Place Construction on a Mountain Road.* Mémorandum technique No 2, janvier 1975. Montre la nécessité d'une organisation rationnelle des travaux faisant appel à des méthodes manuelles et démontre que la productivité des travaux d'excavation et des activités de transport peut tripler lorsque le chantier est bien géré, que des primes sont prévues, et que la sélection et l'entretien des outils sont adéquats.

*Report of the First Road Demonstration Project.* Mémorandum technique No 9, août 1975. Résumé des observations et des mesures effectuées pendant une saison de travaux complète dans un projet routier réalisé dans le nord de l'Inde. Outre l'enregistrement des productivités, décrit les expériences et les actions entreprises lors des principales opérations: terrassements, production globale, transport des matériaux, construction de la sous-couche et des couches de base, pose du revêtement.

*Comparison of Hand-laid and Machine-laid Road Surfaces.* Mémorandum technique No 5, février 1975. Comparaison de la qualité et des coûts de deux méthodes de revêtement dans un projet routier réalisé en Inde.





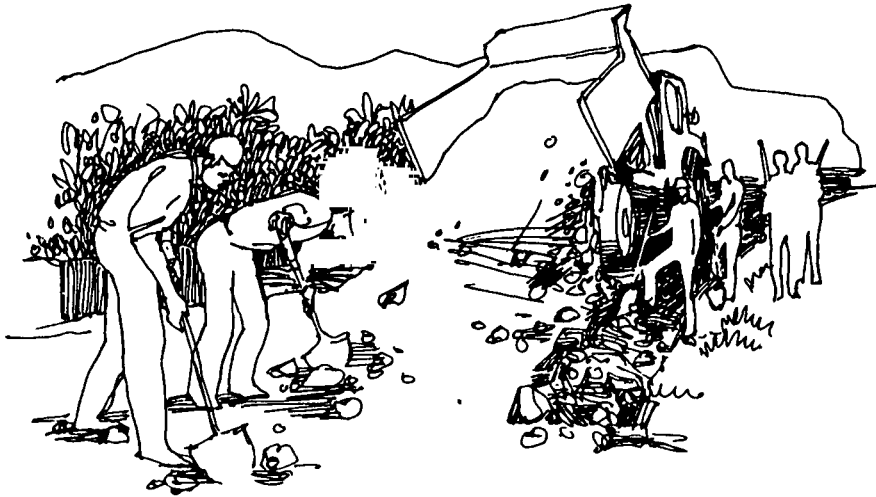
---

**ANNEXES**



## ANNEXE A

### INVENTAIRE DES METHODES DE CONSTRUCTION



La présente annexe décrit les méthodes manuelles permettant d'exécuter des travaux de génie civil et s'efforce de déterminer dans quelle mesure elles conviennent à la réalisation de différentes tâches. On étudiera les différents types d'outils et de matériels légers appropriés à diverses tâches et activités.

L'excavation est une activité fondamentale dans la presque totalité des projets de génie civil. Les terrassements sont constitués à l'aide des matériaux extraits du sol; il faut effectuer des fouilles pour construire les fondations et le béton et les revêtements routiers contiennent des agrégats provenant des fouilles. Cette opération consiste à réduire les matériaux extraits sur place à une dimension suffisamment petite pour qu'ils puissent ensuite être chargés et manutentionnés en vue de leur utilisation finale. L'excavation et le chargement peuvent être effectués à l'aide de nombreux outils manuels comme à l'aide de machines. Dans les sols durs (comme les graviers ou les roches), l'excavation et le chargement sont toutefois effectués séparément. Tel est le cas en particulier lorsque les méthodes manuelles sont utilisées.

**CHOIX DES OUTILS MANUELS.** C'est le type de matériau à extraire du sol et à charger qui dicte le choix de l'outil. Le tableau A-1 indique les outils les mieux adaptés à divers matériaux. La multiplicité des outils nécessaires sur un chantier peut être réduite au minimum si l'on choisit des outils susceptibles d'être utilisés dans plus d'une activité ou pour le plus large éventail possible de matériaux. En outre, il est préférable d'utiliser des outils avec lesquels les ouvriers sont familiarisés à condition que ces outils se prêtent à l'activité à accomplir.

### EXCAVATION ET CHARGEMENT

*Excavation et  
chargement  
à la main*

Pour réaliser des fouilles, les outils manuels ayant des embouts arrondis ou des extrémités pointues sont ceux qui conviennent le mieux aux sols peu homogènes, tandis que les outils à embouts carrés ou à extrémité tranchante conviennent mieux dans les sols fins et homogènes. Les lames larges sont utiles dans les sols tendres, les lames étroites dans les sols durs. Les outils à lame plate et carrée conviennent parfaitement à la mise à niveau et à l'arasement.

L'efficacité des outils manuels utilisés dans le chargement varie avec la hauteur de chargement: les houes conviennent le mieux pour des hauteurs de chargement inférieures à un mètre, les pelles sont préférables pour des hauteurs de plus de 1,5 mètre. Les outils munis de lames larges conviennent au chargement de matériaux légers alors que les petites lames seront de préférence utilisées pour le chargement des matériaux lourds. Les roches doivent en général être chargées à la main, méthode qui peut être avantageuse lorsque des matériaux très compacts ont été extraits en masse.

Tableau A-1. Outils d'excavation et de chargement adaptés à divers types de sols

Outils ou Combinaison d'outils	Sols consistants <sup>a</sup>						Sols sans cohésion <sup>a</sup>						Sols cimentés, roches tendres	Dépôts de blocs
	A grains fins			A grains mêlés			A grains fins et moyens			A gros grains				
	Sol ferme à dur	Ferme	Dur	Sol ferme à dur	Ferme	Dur	Sens cohésion	Compact	Dense	Sens cohésion	Compact	Dense		
Burin, outils à percussion	E	E		E	E		E	E		E	E		E	eE
Pioche	E	eE		E	eE		E	eE		eE	eE		E	
Houe	eEC	eEC	eEC	eEC	eC	C	eEC	eEC	eC	eE	eE	e		
Râteau				C	C					C	C			
Pelle	EC	C	C	EC	C	C	EC	C	C	E			C	
Bêche	eC	e	e	e			eC	e		e				
Fourche				EC	EC	C		C	C	C				

*Note:* Symboles d'adaptation des outils aux activités suivantes:

e = Excavation de petites quantités, mise à niveau, arasement, etc.

E = Excavation de grandes quantités.

c = Chargement.

a. Voir tableau F-1 pour les paramètres d'excavation équivalents.

Source: Banque Mondiale.

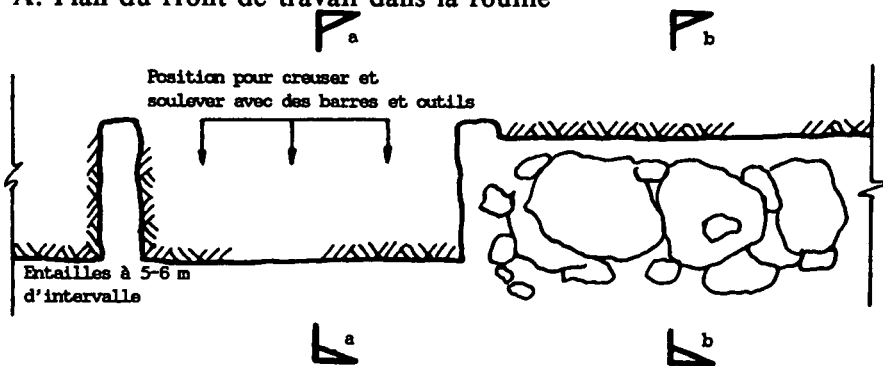
La qualité des outils est très importante et l'achat des outils le meilleur marché n'est pas véritablement une économie. Les outils importés ne sont pas nécessairement meilleurs que ceux qui sont fabriqués sur place mais avant d'acheter sur place de grandes quantités d'outils, il conviendra d'effectuer une étude des sources d'approvisionnement, des coûts, de la qualité et de la longévité des outils fabriqués sur place.

**ETAT DES OUTILS MANUELS.** Lorsque les ouvriers doivent travailler à l'aide d'outils mal entretenus, leur production est faible. L'effort consacré à l'entretien est donc amplement récompensé. Le coût d'un menuisier chargé de fabriquer ou de réparer les manches d'outils ou d'un forgeron pour affûter les lames peut être plusieurs fois compensé par l'accroissement de la production que permettra l'utilisation d'outils en meilleur état.

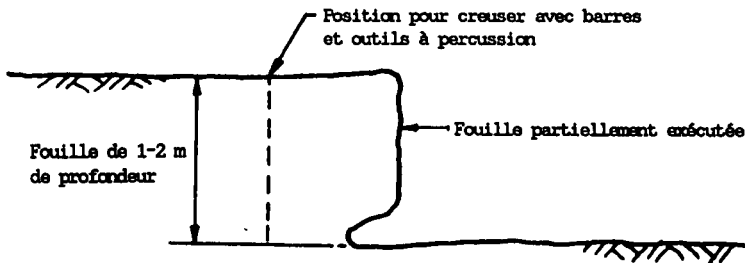
**ORGANISATION DES TRAVAUX.** Si les mouvements des ouvriers sur un chantier ne sont pas convenablement organisés, les ouvriers se gêneront et leur production diminuera. Pour élargir une route perpendiculaire à la pente, il se pourra que les ouvriers chargés de l'excavation se trouvent au-dessus de ceux qui effectuent le chargement. Il est alors préférable de séparer ces activités, les ouvriers effectuant l'excavation et le chargement travaillant tour à tour sur des bandes de terrain successives. En général, il est plus facile de réaliser les excavations sur des fronts verticaux successifs plutôt que de creuser vers le bas une bande horizontale de grande largeur. Le travail sur un front de taille vertical, comme l'illustre la figure A-1, présente les avantages suivants: les matériaux extraits à charger tombent en s'éloignant du front de taille; le front vertical réduit l'assèchement et le durcissement du sol; la plate-forme d'excavation n'est pas encombrée et des pistes de transport peuvent y être aménagées; on peut utiliser des pioches et des outils à percussion pour réduire considérablement l'effort; enfin, les ouvriers qui défoncent le sol, chargent et transportent les matériaux ne piétinent pas les matériaux extraits, ce qui arrive souvent lorsque l'excavation s'effectue en descente.

Figure A-1. Utilisation de barres et d'outils à percussion pour affouiller un front de taille vertical

A. Plan du front de travail dans la fouille



B. Coupe A-A. Terrain préparé pour la fouille



C. Coupe B-B. Matériaux extraits prêts à être chargés



Plus la hauteur de chargement est élevée, plus l'effort est grand. Chaque fois que possible, les travaux doivent donc être organisés de façon que la hauteur de chargement soit faible ou négative, ce qui est possible lorsque le chargement s'effectue par le haut ou en cas d'excavation par banquettes.

L'efficacité d'une opération dépend de l'équilibre établi entre les divers groupes effectuant des tâches distinctes. Le nombre de conteneurs et d'ouvriers chargés de les transporter doit par exemple permettre de maintenir en activité la main-d'oeuvre effectuant les fouilles et le chargement. Inversement, le nombre d'ouvriers affectés aux fouilles et au chargement doit être tel que les transporteurs n'aient pas à attendre que les matériaux soient extraits.

*Excavation au moyen  
de charrues et  
de décapeuses*

Les fouilles peuvent être effectuées au moyen de charrues agricoles ou de décapeuses tirées par des tracteurs ou des animaux. Les décapeuses tirées par des animaux ou des tracteurs ont parfois été utilisées pour effectuer toutes les tâches d'excavation, de chargement, de transport et de déchargement. Les décapeuses et charrues tirées par des animaux ou des tracteurs peuvent travailler des sols meubles, pouvant être extraits à l'aide de houes, mais non pas des sols exigeant l'utilisation de pioches ou de burins. Même dans des sols plus meubles, leur efficacité dépend du coût relatif du matériel, des animaux et de la main-d'oeuvre.

*Excavation  
de roches*

Les méthodes manuelles permettant l'extraction de roches à l'aide de pioches et de coins doivent tirer parti des fissures, cassures et autres points faibles du terrain. La roche est parfois chauffée puis rapidement refroidie par de l'eau, ce qui la fait éclater. Dans le cas de travail aux explosifs, le forage des trous de mines est normalement réalisé à la main lorsque les méthodes manuelles sont utilisées, ce qui peut être très concurrentiel par rapport aux machines de forage dans les roches tendres.

**TRANSPORT**

Une fois les matériaux extraits ou obtenus, il faut souvent les transporter jusqu'au lieu où ils seront utilisés ou évacués. La distance de transport peut varier de 5 mètres seulement dans le cas de fouilles destinées à des fondations, à des terrassements pour des routes ou des canaux d'irrigation, à des dizaines de kilomètres dans le cas de transport par charrettes de divers remblais ou matériaux destinés à la fabrication de béton ou à des revêtements routiers. On trouvera dans le tableau A-2 les diverses distances de transport adaptées aux méthodes décrites dans la présente section. L'efficacité des opérations dépend non seulement de la distance mais aussi de l'état de la piste, de la régularité et de la pente.

*Transport manuel*

Diverses méthodes peuvent être utilisées pour transporter les matériaux manuellement: des paniers portés sur la tête, des palanches, des plateaux portés sur la tête et les épaules, des brancards, des sacs, des brouettes et des charrettes à bras.

**PANIERES PORTES SUR LA TETE.** C'est l'une des méthodes de transport manuelles les plus courantes dans les pays d'Asie. On a observé sur des

chantiers en Inde et en Indonésie des charges de 15 et 35 kilos transportées à une vitesse allant de 50 à 70 mètres par minute.

Les paniers sont habituellement fabriqués en bambou ou en osier tressé, ce qui les rend solides, légers et souples, et permet au porteur de bien les tenir. La durée de vie des paniers dépend de la construction, des matériaux transportés et de l'intensité d'utilisation, mais elle est normalement de deux à quatre semaines. Un coussinet d'étoffe placé sur la tête permet généralement d'atténuer le poids pendant le transport et l'intérieur du panier est parfois doublé de toile à sac lorsque les matériaux sont très secs et fins. Pour atteindre une bonne productivité, il est essentiel qu'une autre personne aide le porteur à placer le panier sur la tête car une personne seule peut soulever une charge beaucoup moins lourde que celle qu'elle peut porter sur la tête sans difficulté.

Sur de longues distances, une chaîne de porteurs peut être constituée, chacun transportant un panier chargé sur 30 mètres puis le passant au suivant; de cette façon, de courtes périodes d'effort et de repos se succèdent. Lorsque les pistes sont très inclinées, le temps de portage d'un panier est souvent plus court. La chaîne présente en outre l'avantage de pouvoir emprunter une piste de transport plus étroite. Des paniers supplémentaires devront permettre aux chargeurs de les remplir avant l'arrivée des porteurs. L'efficacité dépend du nombre relatif de chargeurs et de porteurs.

Grâce à leur facilité d'utilisation, les paniers servent souvent comme récipients intermédiaires. Pour charger des charrettes ou des remorques, par exemple, les terrassiers remplissent plusieurs paniers en attendant l'arrivée de la prochaine remorque puis les déversent rapidement pour accélérer le chargement. Le transport par paniers, s'il est convenablement organisé, peut concurrencer d'autres méthodes de transport sur de courtes distances et il est raisonnablement indépendant de l'état de la piste. Le déchargement est une opération simple après laquelle les matériaux sont déjà en grande partie distribués sur la surface.

**PALANCHES.** Le transport par palanches utilise deux paniers ou plateaux de métal suspendus à une barre horizontale en bois ou bambou. Les charges transportées sont généralement plus importantes que dans des paniers pour une vitesse voisine. Les palanches présentent en outre l'avantage de pouvoir être chargées et déposées par le porteur sans aide et sont plus faciles à porter que les paniers pour de longues périodes. Toutefois, comme elles sont plus encombrantes, elles exigent une piste plus large que les paniers et il faut parfois prévoir des plates-formes de croisement.

**PLATEAUX SUR LA TÊTE ET LES ÉPAULES.** Ils sont normalement fabriqués à l'aide de fûts ou de feuilles de métal découpées et sont particulièrement utiles pour transporter des matériaux humides, comme le mortier ou le béton. Ils sont moins efficaces que les paniers pour le transport de matériaux meubles, comme les agrégats et la terre, leur charge utile étant plus légère.

**BRANCARDS.** Les brancards utilisés sont constitués de fûts de pétrole aplatis maintenus par deux barres de bois et ils permettent à deux hommes de transporter de 40 à 50 kilos à la vitesse d'environ 50 mètres à



Tableau A-2. Méthodes de transport

Méthodes de transport	Distance recommandée (m)	Observations
Paniers	5-30	Méthode traditionnelle. Bons résultats sans trop de supervision. L'état et la pente de la piste importent peu.
Sacs		Inefficaces, en particulier au chargement, mais utiles pour des matériaux fins.
Palanches	5-30	Même chose que pour les paniers, mais la piste doit être plus large. Hauteur de chargement nulle.
Brancards		Inefficaces, mais utiles pour les matériaux chauds. Exigent une borne piste.
Charrettes à bras		Etat et pente de la piste importants - la piste peut être améliorée par des planches.
Brouettes	25-150	Raisonnablement indépendant de l'état et la pente de la piste. Les résultats dépendent beaucoup de l'équilibre des équipes.
Anes	50-250	Idem
Foneys	50-250	Idem
Mules	50-250	Idem
Chameaux	100-500	Problème de hauteur de chargement.
Charrettes à boeufs	100-500	Etat de la piste moyen ou bon.
Charrettes à chameaux	100-500	Idem
Charrettes à mules	100-500	Idem
Tracteurs et remorque	250-5.000	Les résultats dépendent de l'organisation.
Camions (plate-forme)	500 +	Le coût dépend des pistes, de la distance, de l'état et du type de camion, etc.
Camions (borne basculante)	500 +	Idem
Câble manuel	10-40	Pour de courtes pentes raides. Compétitif dans certains cas.
Voie ferrée manuelle	100-300	Bon potentiel lorsque d'importants volumes de matériaux doivent être transportés sur un itinéraire fixe (dans des carrières). Les résultats dépendent de la situation et du système utilisé.
Goulottes	5-30	Pour descente uniquement.
Traîneau et goulotte	5-100	Idem

Source : Banque Mondiale.

la minute. Cette méthode de transport est fatigante et inefficace bien qu'elle soit utile pour transporter des matériaux chauds, comme les revêtements bitumineux.

**SACS.** On peut porter dans des sacs jusqu'à 50 kilos. La méthode par laquelle le sac est porté à l'aide d'une courroie accrochée au front est préférée par certaines personnes au transport de charges sur la tête ou les épaules. Tel est souvent le cas en terrain en pente et sur de longues distances. Sur de courtes distances, cette méthode est inefficace en raison de la plus grande difficulté du chargement.

**BROUETTES.** Sur des distances courtes ou moyennes (25-150 mètres), les brouettes peuvent être l'une des méthodes de transport manuelles les

plus efficaces, mais leur efficacité dépend pour beaucoup de leur construction et de leur entretien. Les types et les qualités des brouettes utilisées diffèrent considérablement d'un pays à l'autre. Bien que certains types de brouettes soient destinés à des utilisations spéciales dépendant de la situation locale, la multiplication des modèles ne semble rien devoir aux travaux effectués.

Le modèle le plus utilisé est la brouette occidentale qui a été facilement acceptée lors d'essais réalisés sur le terrain, par des ouvriers peu habitués à ce moyen de transport. Les brouettes comportent habituellement une caisse de section trapézoïdale constituée d'une feuille de métal fixée à un cadre de métal tubulaire ou profilé. Les châssis et les caisses peuvent aussi être en bois bien que ce modèle ne puisse résister aussi longtemps que le modèle métallique. Une roue unique, dont le diamètre peut atteindre 40 centimètres, est fixée à l'avant du châssis. Les brouettes de meilleure qualité sont munies de roue en caoutchouc avec roulement à billes, bien que les plus courantes soient équipées de roue en métal avec coussinet. Une brouette pèse habituellement de 25 à 50 kilos et peut supporter une charge de 70 à 120 kilos pour une vitesse de transport de 50 à 80 mètres à la minute. Le poids de la brouette et de son chargement est réparti entre la roue et les poignées tenues par le porteur, la proportion de la charge supportée par le porteur dépendant de la position relative de la roue et de la caisse. Le modèle britannique, par exemple, se compose d'une caisse assez profonde et d'une roue avancée, tandis que dans le modèle scandinave, la caisse est peu profonde et la roue est placée plus directement sous la charge. Le modèle britannique est un peu plus lourd aux poignées, mais il est facile à manoeuvrer et à équilibrer, le scandinave faisant peser une charge plus lourde sur la roue mais n'étant peut-être pas aussi facile à diriger.

La brouette couramment utilisée en Chine pour le transport manuel de terre se distingue des modèles occidentaux en ce que la caisse est totalement située au-dessus de la roue. Cette disposition permet le transport d'une charge plus lourde, parce que la roue peut théoriquement être positionnée sous le centre de gravité du chargement. En pratique, elle est placée un peu en avant du centre de gravité de façon qu'une certaine charge pèse sur les poignées, ce qui est essentiel à la manoeuvre de la brouette. Toutefois, le centre de gravité étant plus élevé que dans le modèle occidental, le modèle chinois est plus difficile à manoeuvrer latéralement. Une bandoulière attachée aux poignées aide le porteur à manoeuvrer le chargement. Les brouettes photographiées en Chine sont constituées de châssis et de caisses en bois et munies d'une seule roue à rayons, de grande largeur et cerclée de caoutchouc.

Les brouettes utilisées en Inde sont de fabrication spéciale et comportent une caisse de métal légère et un châssis métallique auquel est fixée une seule roue à rayons et munie de pneumatique. La brouette chinoise permet de transporter des charges deux fois plus lourdes environ que le modèle occidental, mais elle est un peu moins facile à manoeuvrer en raison des difficultés de stabilité latérale et convient mieux au transport en ligne droite et en terrain plat. La brouette indienne traditionnelle est en réalité une petite charrette à bras plutôt qu'une brouette, du fait qu'elle est munie de deux roues. La brouette indienne comporte une caisse basse de section triangulaire et deux petites roues d'environ 250 millimètres de diamètre fixées avec des coussinets aux extrémités d'un essieu rigide passant sous la caisse. Les roues sont cerclées de caoutchouc ou de

métal. En pratique, l'écartement des roues, disposées de chaque côté de la caisse, permet difficilement de déplacer et de manoeuvrer les brouettes chargées sur une piste qui n'est pas parfaitement régulière. Sur la plupart des chantiers en Inde, les brouettes sont conduites par deux hommes, même en terrain plat.

Pour combiner les meilleures caractéristiques des divers modèles de brouettes, on pourra s'inspirer des principes suivants:

- \* *Coussinets:* Les roulements à billes ou à rouleaux sont préférables aux coussinets. Bien que le coût initial des premiers soit plus élevé, ils offrent une moindre résistance au roulement, les modèles durent plus longtemps et ils ne nécessitent pas un entretien intensif s'ils sont régulièrement lubrifiés. Les roulements doivent de préférence être montés sur la roue plutôt que sur le châssis afin de réduire au minimum les problèmes d'alignement.
- \* *Roues:* Pour des surfaces irrégulières ou accidentées, les pneumatiques sont préférables aux roues cerclées de caoutchouc, et mieux vaut que la roue soit assez large.
- \* *Caisse:* La caisse ne doit être ni trop profonde ni trop large, de façon que le centre de gravité soit aussi bas que possible et comporter des côtés inclinés pour faciliter le chargement. La caisse doit pouvoir être remplacée parce qu'elle s'use ou est endommagée plus rapidement que le châssis.
- \* *Châssis:* Les tubes d'acier, s'ils sont disponibles, constituent le meilleur matériau. La forme du châssis doit permettre à la caisse de rester pratiquement horizontale pendant le transport et au repos. L'écartement et la hauteur au sol des poignées ne doivent pas gêner le porteur. La disposition doit permettre à la brouette chargée d'exercer une pression verticale vers le bas de 10 à 15 kilos afin de faciliter les manoeuvres.

Les brouettes disponibles dans le commerce sont rarement conformes à ces normes que pourtant bien des pays en développement pourraient respecter lorsque les brouettes peuvent être fabriquées localement.

Lorsque des brouettes sont utilisées sur des chantiers, il importe de maintenir un équilibre correct entre les terrassiers, les chargeurs et les porteurs. Il est normalement nécessaire de prévoir des brouettes supplémentaires pour que les opérations de chargement et de transport ne soient pas interrompues. L'équilibre des équipes peut aussi dépendre de la disposition de la piste de transport. Sur des pistes longues dont la pente est régulière, l'équilibre ne sera pas le même que si la piste est située en terrain plat ou présente de fortes pentes. On a observé en Inde que les pentes maximums, que permettent de franchir sans aide les brouettes de type occidental sont de 10 % sur de courtes distances et de 15 % sur des distances plus longues. Les chiffres correspondants pour des brouettes de modèle chinois sont de 8 % et 12 % respectivement. Des pentes plus fortes doivent être précédées d'un plan horizontal pour que le porteur puisse prendre son élan pour gravir la pente.

Les pentes des talus sont normalement trop raides pour que des brouettes poussées à la main puissent les franchir. Il faut alors aménager des

rampes en terre ou en planches de pente plus faible ou encore utiliser des treuils pour tirer les brouettes. A l'aide d'un treuil électrique (voir figure A-2), un ouvrier a pu suivre et maintenir les manches d'une brouette pour la guider et en maintenir l'équilibre pendant qu'elle était rapidement hissée sur le talus d'un canal d'irrigation en Inde, pour une pente de 1:2 et une hauteur de 5 à 6 mètres. Grâce à cette combinaison de techniques, la production de la main-d'oeuvre peut s'accroître de 100 %.

Des pistes régulières permettent aussi d'accroître la production, non seulement parce qu'elles autorisent une vitesse plus rapide, mais aussi des charges plus lourdes. Une solution consiste à aménager des pistes de planches, mais aucune piste artificielle n'est nécessaire si le sol est dur et régulier ou si des pistes régulières et dures peuvent être créées lorsque l'on arrose le sol et qu'on le tasse fermement.

**CHARRETTES A BRAS.** De grandes charrettes à bras de travaux publics sont utilisées en Inde pour le transport des matériaux extraits des gîtes de matériaux. Habituellement, cette charrette est constituée d'une caisse de bois munie d'une seule paire de roues de camion d'occasion et elle est poussée et tirée par quatre ou cinq hommes. Elle peut déplacer des charges d'environ 600 kilos, mais il est nécessaire de construire une piste de bonne qualité sans pente trop forte. On a pu observer des productivités du travail voisines de celles que permet l'utilisation des brouettes chinoises décrites plus haut.

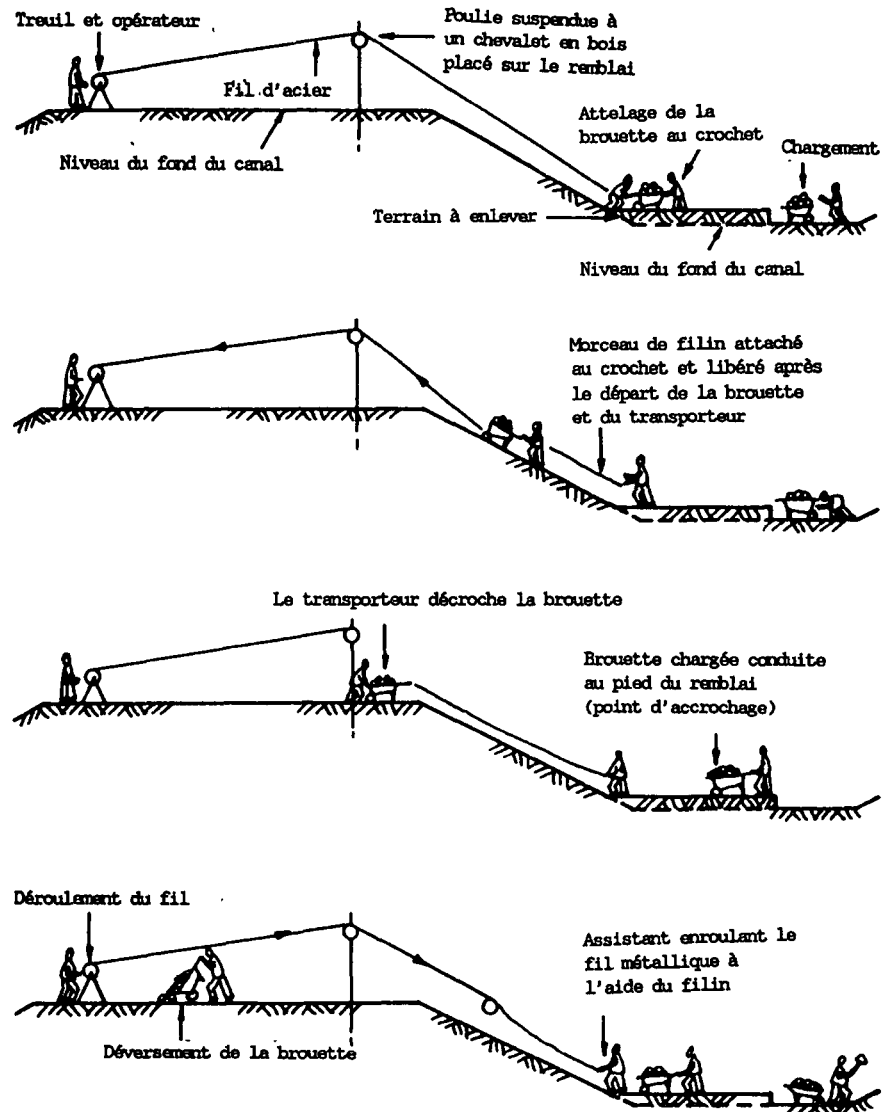
Les animaux sont souvent utilisés dans différentes parties du monde pour transporter des matériaux, à l'aide d'un bât, de charrettes ou simplement de traîneaux ou de décapeuses. C'est surtout en Inde que les animaux sont utilisés, en particulier pour effectuer les terrassements nécessaires à la construction de routes ou de canaux d'irrigation et dans les carrières.

**ANIMAUX AVEC PANIERS.** L'utilisation d'animaux pour transporter des remblais ou des matériaux extraits dans des paniers présente les mêmes avantages que les paniers portés sur la tête et les palanches: la piste n'a pas à être de très bonne qualité et les pentes sont faciles à franchir. Les animaux munis de paniers sont généralement utilisés en Inde sur des distances moyennes, supérieures à celles que peut parcourir rentablement la main-d'oeuvre, mais pas suffisamment longues pour justifier l'utilisation de charrettes ou de moyens mécaniques. Sur des distances de 50 à 250 mètres, les ânes et les poneys sont le plus souvent utilisés, tandis que sur des distances supérieures à 500 mètres la préférence va aux chameaux. Les ânes et poneys peuvent porter des charges de 100 à 200 kilos dans des paniers de corde tressée qui sont chargés à l'aide de houes ou de pelles pendant que les animaux sont debout, ce qui donne une hauteur de chargement d'environ 1,4 mètre. Pour décharger, on fait simplement glisser les paniers du dos des animaux. Les paniers que portent les chameaux sont en toile tissée très serrée et ils sont arrimés de façon à pouvoir être déchargés lorsque l'animal reste debout. Les chameaux s'agenouillent pour le chargement, la hauteur étant alors de 0,8 à 1 mètre. Un animal peut porter au total de 350 à 450 kilos.

Les animaux travaillent en groupe, chaque groupe étant servi par une équipe de terrassiers et chargeurs et par un conducteur qui veille au déchargement. Les groupes de chameaux comptent souvent deux à trois animaux et une fois qu'un chameau est chargé il se rend seul à la zone

*Transport à  
l'aide d'animaux*

Figure A-2. Méthode de travail avec brouettes et treuils



Source: Banque Mondiale

de déchargement. Toutefois, les groupes d'ânes et de poneys peuvent être beaucoup plus nombreux, de douze animaux ou plus, et plusieurs groupes peuvent être chargés et conduits ensuite vers la zone de déchargement.

**CHARRETTES A ANIMAUX.** Le mode de transport le plus courant dans bien des pays en développement est encore la charrette tirée par des animaux et ce type de charrette est utilisé pour transporter des matériaux de construction. Il est toutefois plus rare que les animaux avec bât, probablement parce que la piste sur laquelle circulent les charrettes doit être en meilleur état. En outre, les charrettes ne peuvent gravir aussi facilement les pentes, elles sont difficiles à décharger et l'investissement en matériel est plus élevé.

L'animal de trait traditionnel dans les pays d'Asie est le boeuf ou le buffle. L'un et l'autre sont employés sur des chantiers de construction en Inde et en Indonésie ainsi qu'aux Philippines, bien que les buffles soient plus répandus parce qu'ils sont plus résistants. En Inde, la charrette à mule et chameau est plus courante en raison de la plus grande rapidité de ces animaux. Les charrettes sont en général constituées d'une caisse en bois, munie de roues larges cerclées de caoutchouc et elles ont de tout temps été utilisées comme moyen de transport. Les plus répandues sont construites spécialement pour le transport de la terre, à l'aide de roues de camion usagées munies de pneumatiques qui offrent moins de résistance au roulement que les roues cerclées de caoutchouc. La bande de roulement des pneus est souvent lissée pour réduire davantage la résistance au roulement. Les caisses des charrettes ou les harnais sont aussi modifiés pour que les charges puissent être déversées et la charrette rechargée aussi rapidement que possible. En Inde, par exemple, les charrettes à chameaux sont équipées de harnais qui permettent de les déverser vers l'arrière à un angle de 45 degrés tout en restant attelées au chameau. La plate-forme des charrettes à buffle utilisées aux Philippines est constituée de nattes de bambou qui peuvent glisser horizontalement afin que les matériaux soient déchargés par le fond.

**ANIMAUX AVEC DECAPEUSES.** De nombreuses décapeuses tirées par des animaux ont été utilisées dans la construction des routes et des voies ferrées aux Etats-Unis au siècle dernier et des méthodes semblables sont encore en usage dans certains pays d'Asie, comme les Philippines, l'Inde et l'Indonésie; des décapeuses tirées par des boeufs servent à construire des berges de rivières au Pakistan. Elles ne sont pas adaptées à tous les sols: à la suite de travaux expérimentaux effectués sur des chantiers en Inde, on a constaté que le sol était trop dur pour que les travaux soient effectués à l'aide d'une décapeuse tirée par un boeuf et, en Indonésie, une décapeuse tirée par deux boeufs a été utilisée uniquement dans un sol déjà ameubli par une charrue. Néanmoins, en Indonésie comme aux Philippines, on a transporté des charges de 100 à 120 kilos sur une distance de 65 mètres environ à une vitesse de 50 à 60 mètres à la minute. La durée de l'opération était de 3,5 minutes. Si les observations faites en Indonésie ont montré que cette méthode est plus coûteuse que le transport par paniers portés sur la tête, aux Philippines la décapeuse a été rentable. Cette divergence s'explique par l'écart des tarifs de location de la main-d'oeuvre et des animaux dans les deux pays.

Les méthodes les plus courantes de transport sur des distances dépassant 500 mètres sont la remorque tirée par un tracteur ou le camion à plate-forme.

**REMORQUE ET TRACTEUR.** Le principal avantage de la remorque tirée par un tracteur pour le transport de terre, déblais ou matériaux de marquage des routes tient à la possibilité de dételer la remorque du tracteur qui, étant l'équipement le plus coûteux de la combinaison, ne doit pas rester inutilisé pendant le chargement de la remorque. Deux remorques ou davantage sont utilisées pour un seul tracteur, de sorte que les opérations de transport et de chargement peuvent s'équilibrer et ne pas être interrompues. Les tracteurs et remorques sont un matériel de base robuste largement disponible dans les pays en développement.

*Transport par remorque  
avec tracteur et  
par camion*

Les capacités de chargement de remorques utilisées avec les modèles de tracteurs courants hors route sur des pistes moyennes pourraient être les suivantes:

- \* tracteur de 35 chevaux avec remorque de 3 tonnes
- \* tracteur de 45 chevaux avec remorque de 4 à 5 tonnes
- \* tracteur de 60 chevaux avec remorque de 5 à 6 tonnes
- \* tracteur de 75 chevaux avec remorque de 6 à 7 tonnes

Les deux principaux types de remorques sont les remorques à un seul essieu et les remorques à deux essieux. Les remorques à deux essieux peuvent transporter des charges plus lourdes à dimension égale et sont plus faciles à atteler et à dételier. En revanche, les remorques à un seul essieu sont plus faciles à manoeuvrer et, en particulier lorsqu'elles sont utilisées avec des attelages spéciaux, elles peuvent transférer la charge vers l'essieu arrière du tracteur ce qui accroît la force de traction et, par là, la possibilité pour le tracteur d'emprunter des pistes en mauvais état et de gravir des pentes plus raides.

De même qu'avec des brouettes et des charrettes, plus la hauteur de chargement est faible, plus le chargement sera rapide. La configuration du terrain peut être utilisée pour placer la remorque en contrebas des terrassiers. Lorsque les remorques ne basculent pas, les ouvriers effectuant le chargement les accompagnent habituellement pour les décharger. Il est plus rentable d'utiliser plusieurs groupes de remorques avec tracteurs afin qu'une équipe distincte effectue le déchargement rapidement pendant un temps relativement court et puisse ensuite décharger en tas ou répandre les matériaux entre l'arrivée de deux tracteurs.

Constituer ou non des équipes de déchargement séparées est une question d'équilibrage des équipes et dépend de la distance de transport et de la quantité de matériel disponible. A mesure que la distance de transport diminue, par exemple, les remorques doivent être rechargées plus rapidement en fonction du temps de rotation plus court du tracteur et il faut davantage d'ouvriers pour maintenir la cadence de chargement. Si des remorques basculantes sont utilisées, le temps de déchargement est plus court, mais la dépense d'équipement augmente et il faut veiller plus spécialement à l'entretien des systèmes hydrauliques des tracteurs et des remorques qui doivent être dételées et attelées à chaque rotation du tracteur. Que les remorques soient basculantes ou non, il faut que des terrassiers soient postés dans les remblais pour répandre et retourner les matériaux. Avec la pratique, l'effort qu'exige l'épandage peut rapidement diminuer si le conducteur de la remorque avance lentement en déchargeant les matériaux ou si les terrassiers répartissent le chargement d'une remorque non basculante à mesure qu'ils la déchargent.

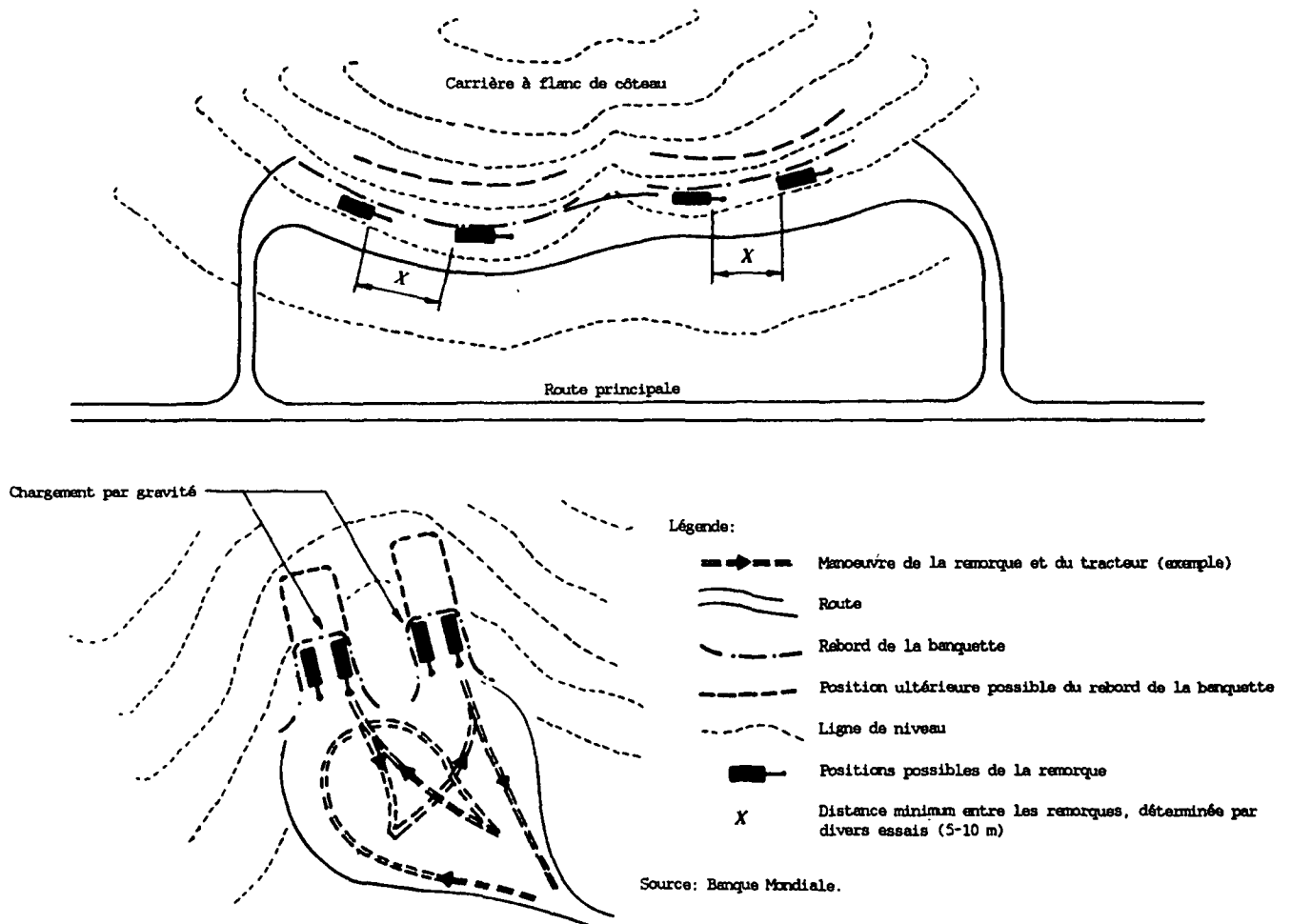
L'état de la piste de transport influe beaucoup sur la productivité de la remorque avec tracteur. Les nids-de-poule ou les ornières réduisent la vitesse, les montées font diminuer les charges et les descentes rapides risquent de déporter latéralement la remorque (ce qui se produit lorsque la remorque tend à rouler plus vite que le tracteur et se trouve déportée ou se retourne). Théoriquement, les pistes ne devraient pas avoir des pentes supérieures à 6 % et devraient être en bon état. La pente peut atteindre 10 % sur de courts tronçons. Il est en outre nécessaire d'aménager des plates-formes de manoeuvre aux points de chargement, comme l'indiquent les deux exemples de la figure A-3.

**CAMIONS A PLATE-FORME ET A BENNE BASCULANTE.** Les camions à plate-forme chargés et déchargés à la main sont courants sur les chantiers de construction dans de nombreux pays d'Asie. Les camions à benne basculante peuvent être chargés manuellement, mais la dépense d'équipement est supérieure. Pour réduire le temps de chargement des camions - pendant lequel les camions sont immobilisés - on peut utiliser avantageusement des trémies. Sur une piste en bon état, les camions se déplacent plus rapidement que les tracteurs avec remorques. Il existe une distance limite pour laquelle le temps d'immobilisation du camion est un inconvénient qui l'emporte sur la possibilité de transporter un chargement plus rapidement. Selon l'état de la piste, cette distance limite est habituellement de 1 à 5 kilomètres.

Les voies ferrées (figure A-4), qui permettent de réduire la résistance au roulement et, par là, de transporter des charges plus rapidement, ne reçoivent qu'une application limitée dans les travaux de construction en général. Une voie ferrée, en effet, n'est efficace que si elle est raisonnablement rigide, et chaque fois qu'elle est démontée et déplacée, les coûts augmentent.

*Transport  
par voie ferrée*

Figure A-3. Plan de chargement de la remorque avec tracteur





Les voies ferrées conviennent au transport de grandes quantités de matériaux sur un itinéraire fixe, comme dans une carrière ou un tunnel, ou au transport de grandes quantités de béton. Des wagonnets basculants peuvent se déplacer sur une voie étroite et peuvent être poussés à la main, tirés par des animaux ou par des moyens mécaniques. En Inde, une voie de 100 mètres de long a servi à déplacer des roches sur une faible pente afin d'aménager des ouvrages de protection fluviale. Les wagonnets chargés descendaient par gravité et étaient renvoyés à la main. La piste était assez stable et les productivités, par comparaison avec les méthodes de transport manuelles précédemment utilisées, ont approximativement triplé.

*Transport par  
téléphériques  
et câbles*

Un système de transport aérien par câble est indépendant de l'état d'une piste et permet de traverser facilement un terrain accidenté et irrégulier et d'autres obstacles. Les câbles aériens exigent des installations permanentes assez complexes et bien qu'ils soient souvent utilisés dans les travaux publics, particulièrement dans les carrières, ils ne sauraient être qualifiés de matériel de travaux publics. Les téléphériques à plusieurs supports doivent être entraînés mécaniquement parce que l'effort demandé est nettement supérieur à celui de la force humaine ou des animaux, mais des câbles aériens d'une seule portée peuvent être actionnés par des moyens mécaniques, manuellement ou à l'aide d'animaux. Les câbles courants sont des téléphériques à une seule portée et permettent au chargement transporté d'être levé ou descendu. Ils sont souvent utilisés dans les travaux de construction lorsque l'on doit déplacer d'importantes quantités de matériaux verticalement, comme dans le cas du transport de pierres ou de béton pour la construction d'un barrage.

**EPANDAGE ET  
COMPACTAGE**

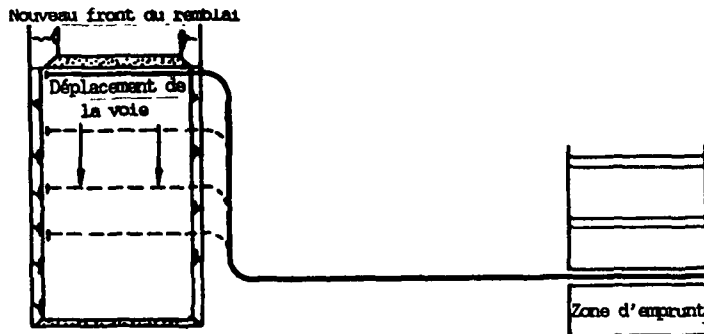
Les matériaux extraits qui sont transportés et déchargés doivent être nivelés avant d'être compactés. Pour construire les couches de surface d'une route, les matériaux de remblai doivent être nivelés afin que le compactage permette d'obtenir une surface régulière présentant de bonnes qualités de roulement. La terre et les matériaux routiers sont compactés pour en améliorer la stabilité. Le compactage exige beaucoup d'énergie et l'énergie humaine est insuffisante. Le compactage est une activité où les méthodes manuelles ne peuvent entrer en concurrence avec les moyens mécaniques, même lorsque les taux de salaires sont faibles, à la fois pour des raisons de productivité et de qualité.

*Nivelage des  
terrassements*

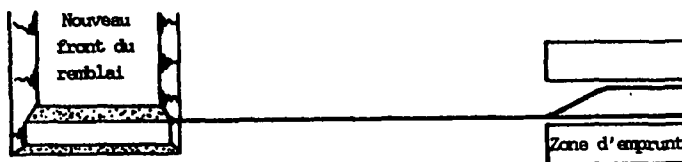
Les outils normalement utilisés pour niveler les terrassements sont les houes, les râtaux, les bêches, les pelles et les fourches. L'épandage des matériaux est souvent combiné avec le broyage des plus gros morceaux de matériaux, opération pour laquelle on peut utiliser des pics ou des outils plus lourds. L'outil le plus couramment employé pour niveler et broyer est la houe. Plus le volume transporté est faible, plus l'effort d'épandage nécessaire est faible. Lorsque les matériaux sont transportés par des paniers portés sur la tête, l'effort nécessaire à l'épandage est moindre que dans le cas de transport par brouettes ou remorques, bien que ces dernières permettent de commencer l'épandage des matériaux lorsque le tracteur se déplace pour les décharger.

Figure A-4. Plan d'une voie ferrée simple

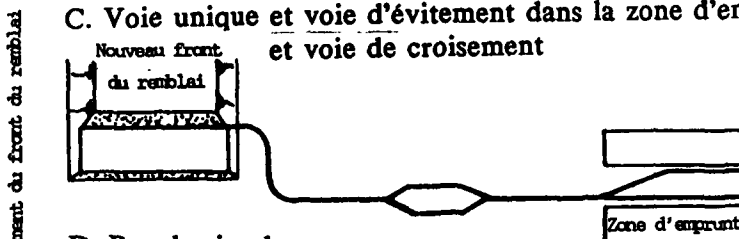
## A. Voie unique et déplacements peu importants près du remblai



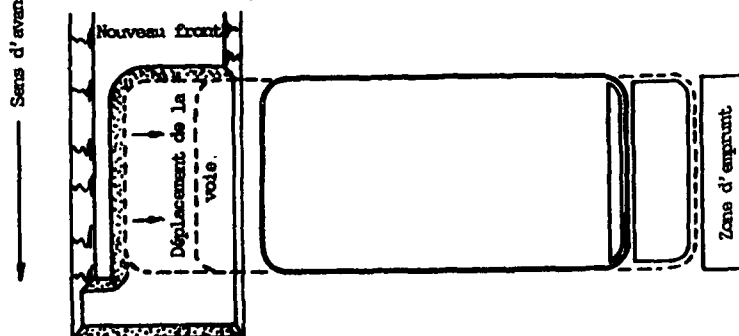
## B. Voie unique et voie d'évitement dans la zone d'emprunt



## C. Voie unique et voie d'évitement dans la zone d'emprunt et voie de croisement



## D. Boucle simple



Source: Banque Mondiale.

Les matériaux routiers granulaires ou bitumineux sont habituellement répartis sur le sol à l'aide de pelles, de fourches ou de seaux. Le nivellement s'effectue normalement à l'aide de râtaux et la surface est régularisée à l'aide de planches à araser. L'épandage des matériaux liquides s'effectue au moyen de bidons, de louches ou de seaux ou, dans le cas de l'eau, d'outres. La productivité de l'épandage de l'eau à la main dépend pour beaucoup de la distance de transport depuis la source. Il est préférable, la plupart du temps, de transporter l'eau jusqu'au chantier dans des fûts ou des citernes puis de la répandre manuellement.

Comme dans le cas de terrassements, les matériaux routiers peuvent être répartis à la main ou par des décapeuses tirées par des animaux ou

*Épandage des matériaux routiers*

des tracteurs. Pour l'épandage des matériaux bitumineux, une niveleuse manuelle a été mise au point en Inde. Elle se compose d'une boîte à arête vive poussée sur des rails disposés le long de la chaussée. Le dispositif de nivelage, dont la hauteur peut être réglée à l'aide de vis, arase le matériau prémélangé épandu devant à la main. L'utilisation de cette niveleuse permet d'obtenir une finition d'une qualité intermédiaire entre celle que produit un finisseur mécanique et celle d'un nivelage manuel.

Les observations effectuées en Inde lors de l'utilisation de finisseurs ont systématiquement montré qu'ils étaient inefficaces: la centrale de production du matériau de revêtement avait en général une capacité trop faible ou tombait souvent en panne.

### *Compactage*

Le compactage effectué manuellement au moyen de dames n'est efficace que si les couches de matériaux sont relativement peu épaisses, de 7,5 centimètres au plus. La main-d'oeuvre est dans ce cas utilisée de façon non rentable, mais il a été justifié dans certaines circonstances spéciales d'y recourir, comme pour compacter des nids de poule, travaux qui ne justifieraient pas l'usage d'un rouleau. Le compactage peut être effectué à l'aide d'animaux - par exemple des boeufs se déplaçant sur un talus dont le sol est humide et ferme - mais les résultats ne seront probablement pas satisfaisants et cette solution est peu pratique.

Les rouleaux mécaniques sont en général mieux adaptés au compactage que les moyens manuels ou les méthodes utilisant des animaux. En Inde et en Indonésie, on a utilisé des rouleaux fabriqués sur place: en Inde, ils étaient constitués d'une conduite de béton tirée par une jeep et, en Indonésie, des rouleaux à cylindre lisse et des rouleaux à pied de mouton ont été construits à l'aide de fûts de bitume et de béton tirés par des boeufs. En Inde, on trouve dans le commerce un rouleau à cylindre lisse tiré par un tracteur agricole. Ce rouleau avec tracteur représente l'équivalent d'un rouleau de 8 à 10 tonnes et a l'avantage d'être bon marché, d'être muni d'un moteur primaire indépendant, bien qu'il faille environ une demi-journée pour atteler le tracteur au rouleau. Des tracteurs dont l'essieu arrière est remplacé par un rouleau sont fabriqués aux Etats-Unis. Les rouleaux tirés par des tracteurs existent en plusieurs dimensions et peuvent être du type à cylindre lisse, vibrant ou à pied de mouton. L'éventail des rouleaux mécaniques est suffisamment large pour satisfaire toutes les contraintes et être adapté à tous les matériaux. Pour de petits travaux, les rouleaux mécaniques conduits par un homme et des dames mécaniques sont particulièrement utiles. Les rouleaux de type vibrants sont préférables sur les matériaux granulaires, les rouleaux à pied de mouton et à grille sur l'argile. Les rouleaux à pneu lisse et les rouleaux diesel à cylindre d'acier lisse sont aussi très répandus, ce dernier type étant presque universellement utilisé comme rouleau à usage général dans les pays en développement.

### **PRODUCTION DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION**

Un élément essentiel dans les travaux publics est la production de matériaux sous une forme utilisable. Cette opération comporte l'extraction, le chargement et le transport, ainsi qu'on l'a déjà exposé dans les précédentes sections de l'annexe. Lorsqu'il s'agit de produire des matériaux de forme différente, on utilise des procédés industriels, bien qu'ils puissent recourir à une forte proportion de main-d'oeuvre, mais ils n'entrent pas

dans le champ d'étude de la présente annexe. On étudiera dans la présente section uniquement la production de matériaux et agrégats à base de pierres, ce qui en fait l'une des plus importantes activités des travaux de génie civil.

La production par des méthodes manuelles d'agrégats de toute taille est relativement économique dans les pays à bas salaires. Les rochers ou les pierres sont extraits des carrières et sont réduits par un premier broyage à des dimensions plus courantes à l'aide de masses (2 à 6 kg), de burins et de coins. Ils sont ensuite réduits une nouvelle fois à l'aide de casse-pierres (0,5 à 1 kg). Cette activité est souvent effectuée sur le chantier lui-même. Avec l'expérience, les ouvriers carriers peuvent évaluer la dimension requise si bien que les matériaux n'ont pas à être ensuite passés au crible. Pour le broyage des pierres, la meilleure productivité est obtenue à l'aide d'une masse d'un poids suffisant pour que les roches soient réduites à la dimension voulue. Plus la pierre doit être petite, plus l'énergie requise est élevée. Pour obtenir des graviers de petite dimension, il est généralement meilleur marché d'utiliser des broyeurs mécaniques pour l'opération finale de réduction. Le broyage manuel ne devient plus rentable pour une dimension inférieure à 25 millimètres.

Le casse-pierres doit de préférence avoir une tête à arête vive ce qui donne la plus grande force de percussion. Toutefois, ces têtes ne durent pas longtemps, même lorsqu'elles sont en métal dur, parce que l'arête s'émousse rapidement. L'expérience a montré qu'il est préférable d'utiliser une tête ronde en métal trempé qui permet de concentrer davantage la force de percussion sans se déformer. Les carriers portent souvent des gants ou des mitaines en cuir qui sont d'un grand secours pour protéger leurs mains des éclats de pierre. Dans les régions où la pierre est rare, des briques surcuites sont souvent broyées pour obtenir des agrégats et des matériaux servant à la construction de la couche de base par des méthodes semblables à celles qui sont utilisées pour le broyage de la pierre. Le broyage de la pierre et des briques est une activité exigeant une assez longue pratique, mais une fois celle-ci acquise, la production peut être considérable.





La présente annexe classe chaque élément de coût commun aux méthodes faisant appel à des moyens mécaniques et aux méthodes manuelles sous les postes généraux de Main-d'oeuvre, Outillage et matériel, Matériaux et terrains et Frais généraux. On trouvera dans le tableau B-1, le résumé des postes proposés dans l'exemple sous forme de tableau. Le tableau B-2 présente les rubriques de façon détaillée.

Tableau B-1. Résumé des rubriques comptables

Numéro de poste	Rubrique
1.0.0	Main-d'oeuvre
	Coûts directs
	Main-d'oeuvre occasionnelle
	Animaux
	Main-d'oeuvre qualifiée
	Coûts indirects
	Main-d'oeuvre occasionnelle
	Animaux
	Main-d'oeuvre qualifiée
2.0.0	Outillage et matériel
	Coûts directs
	Outils et matériel simple
	Biens d'équipement
	Coûts indirects
	Outils et matériel simple
	Biens d'équipement

Tableau B-1. (suite)

3.0.0	Matériaux et terrains
	Coûts directs
	Matériaux de construction
	Terrain à bâtir
	Coûts indirects
	Matériaux de construction
	Terrain à bâtir
4.0.0	Frais généraux
	Frais généraux du chantier
	Coûts de personnel
	Coûts des bureaux et dépenses générales
	Coûts de logement du personnel
	Coûts de transport jusqu'au chantier
	Risques et bénéfices
	Administration centrale
	Coûts de personnel
	Coûts des bureaux et dépenses générales
	Coûts de transport
	Coûts de formation
	Risques et bénéfices
	Activités de soutien
	Santé et nutrition
	Fabrication d'outils
	Encouragement des entreprises locales de travaux publics
	Frais de préparation du programme
	Coûts de personnel
	Coûts des bureaux et dépenses générales
	Coûts de transport
	Frais généraux du projet de démonstration
	Dépenses de l'agence de financement

Source: Banque Mondiale.

Tableau B-2. Détail des rubriques comptables

Numéro de poste	Rubrique
1.0.0	Main-d'oeuvre
1.1.0	Coûts directs
1.1.1	Main-d'oeuvre occasionnelle <sup>a</sup>
1.1.1a	Paye (espèces)
	Salaires <sup>b</sup>
	Vacances payées
1.1.1b	Primes
1.1.1c	Charges sociales <sup>c</sup>
	Nourriture <sup>d</sup>
1.1.2	Animaux
	Achat <sup>e</sup>
	Location <sup>a</sup>
	Fourrage
1.1.3	Main-d'oeuvre qualifiée

Tableau B-2. (suite)

1.1.3a	Chauffeurs, mécaniciens, etc. <sup>f</sup> Salaires et traitements <sup>b</sup> Vacances payées Primes Charges sociales <sup>c</sup> Allocation de subsistance <sup>g</sup>
1.1.3b	Main-d'œuvre qualifiée - dépenses générales <sup>h</sup> Mêmes rubriques que sous le poste 1.1.3a
1.2.0	Coûts indirects
1.2.1	Main-d'œuvre occasionnelle
1.2.1a	Main-d'œuvre occasionnelle - tarifs Tarifs transport jusqu'au chantier et retour <sup>i</sup> Transport sur le chantier <sup>i</sup>
1.2.1b	Main-d'œuvre occasionnelle - divers <sup>j</sup> Logement <sup>e</sup> Eau Combustible Vêtements Avances non remboursées
1.2.2	Animaux Transport jusqu'au chantier et retour <sup>i</sup> Frais de vétérinaire
1.2.3	Main-d'œuvre qualifiée
1.2.3a	Chauffeurs, mécaniciens, etc. <sup>f</sup> Tarifs de transport jusqu'au chantier et retour <sup>k</sup> Transport sur le chantier <sup>i</sup> Logement <sup>l</sup> Vêtements Frais médicaux Divers
1.2.3b	Main-d'œuvre qualifiée - dépenses générales <sup>h</sup> Mêmes rubriques que sous le poste 1.2.3a
2.0.0	Outils et matériel
2.1.0	Coûts directs
2.1.1	Outils et matériel simple Achat <sup>e</sup> Pièces de rechange, manches, etc. Frais de livraison <sup>i</sup> Rémunérations des forgerons extérieurs
2.1.2	Biens d'équipement <sup>m</sup>
2.1.2a	Frais de location à l'administration centrale <sup>n</sup>
2.1.2b	Frais de chantier - Dépenses générales Pièces de rechange payées par le chantier Pneus payés par le chantier Livraison des pièces de rechange, pneus <sup>i</sup> Paiement des garages extérieurs
2.1.2c	Combustibles et lubrifiants Prix d'achat Livraison <sup>i</sup>
2.2.0	Coûts indirects
2.2.1	Outils et matériel simple Magasin de matériel <sup>o1</sup>



Tableau B-2. (suite)

2.2.2	Biens d'équipement
2.2.2a	Transport du matériel Du siège au chantier et retour Entre chantiers
2.2.2b	Biens d'équipement - Divers Atelier du chantier <sup>e1</sup> Hangar de matériel <sup>e</sup> Magasin de carburants et lubrifiants
3.0.0	Matériaux et terrains
3.1.0	Coûts indirects
3.1.1	Matériaux de construction Acier Ciment Asphalte Bois Divers (préciser)
3.1.2	Terrains à bâtir Indemnités <sup>o</sup> Baux, droits d'usage, etc.
3.2.0	Coûts indirects
3.2.1	Matériaux de construction Hangar, abri de stockage <sup>e1</sup>
3.2.2	Terrains à bâtir Frais juridiques, etc.
4.0.0	Frais généraux
4.1.0	Frais généraux du chantier
4.1.1	Personnel
4.1.1a	Personnel expatrié Traitement, vacances payées, primes Charges sociales <sup>c</sup> Frais de subsistance, dépenses payées <sup>D</sup> Voyages - internationaux Voyages - intérieurs Frais médicaux Divers
4.1.1b	Cadres locaux Mêmes rubriques que sous le poste 4.1.1a
4.1.1c	Personnel administratif et de soutien local Mêmes rubriques que sous le poste 4.1.1a
4.1.1d	Personnel auxiliaire Mêmes rubriques que sous le poste 4.1.1a
4.1.2	Frais des bureaux de chantier et charges générales Bureaux, terrains <sup>o1</sup> Services, etc. <sup>F</sup> Papeterie, fournitures de bureau Timbres, téléphone Fournitures médicales Fournitures diverses
4.1.3	Logement du personnel Bâtiments, terrains <sup>o</sup> Services, etc. <sup>F</sup>

4.1.4	Transport de chantier <sup>i</sup>
4.1.4a	Véhicules du personnel <sup>i</sup>
	Frais de location
	Achat <sup>o</sup>
	Pièces de rechange <sup>s</sup>
	Frais de garages extérieurs <sup>o</sup>
	Pneus
	Assurance, taxe routière
	Carburant et lubrifiant
4.1.4b	Véhicules de livraison <sup>i</sup>
	Mêmes rubriques que sous le poste 4.1.4a
4.1.5	Risques et bénéfices <sup>t</sup>
4.2.0	Administration centrale
4.2.1	Personnel
4.2.1a	Personnel expatrié
	Traitements, vacances payées, primes
	Charges sociales <sup>c</sup>
	Allocation de subsistance et logement
	Voyages - internationaux
	Voyages - intérieurs
	Frais médicaux
	Divers
4.2.1b	Cadres locaux
	Mêmes rubriques que sous le poste 4.2.1a
4.2.1d	Personnel administratif et de soutien local
	Mêmes rubriques que sous le poste 4.2.1a
4.2.1c	Personnel auxiliaire
	Mêmes rubriques que sous le poste 4.2.1a
4.2.2	Dépenses de bureau et dépenses générales
	Immeubles et terrains <sup>o</sup>
	Services, etc. <sup>f</sup>
	Papeterie, fournitures de bureau
	Timbres, téléphone
	Fournitures diverses
4.2.3	Transport <sup>u</sup>
	Personnel
	Livraisons
4.2.4	Formation du personnel <sup>v</sup>
	Bâtiments et terrains
	Services, etc. <sup>f</sup>
	Aides pédagogiques
	Logement, subsistance des stagiaires
	Divers
4.2.5	Risques et bénéfices <sup>t</sup>
4.3.0	Activités de soutien <sup>w</sup>
4.3.1	Santé, nutrition
4.3.1a	Personnel expatrié
	Mêmes rubriques que sous le poste 4.2.1a
4.3.1b	Frais généraux locaux
	Personnel local
	Transport
	Dépenses diverses non couvertes par le poste 4.2.2

Tableau B-2. (suite)

4.3.1c	Médicaments et nourriture
4.3.2	Fabrication d'outils
4.3.2a	Personnel expatrié
	Mêmes rubriques que sous le poste 4.2.1a
4.3.2b	Dépenses locales générales non couvertes
	Mêmes rubriques que sous le poste 4.3.1b
4.3.2c	Dons et subventions aux fabricants
4.3.3	Développement des entrepreneurs locaux
4.3.3a	Personnel expatrié
	Mêmes rubriques que sous le poste
	4.2.1.a
4.3.3b	Frais généraux locaux non couverts
	Mêmes rubriques que sous le poste
	4.3.1b
4.3.3c	Frais financiers <sup>x</sup>
4.3.3d	Formation
4.4.0	Frais généraux de préparation du programme <sup>v</sup>
4.4.1	Personnel
4.4.1a	Personnel expatrié
	Mêmes rubriques que sous le poste 4.2.1a
4.4.1b	Personnel local
	Mêmes rubriques que sous le poste 4.2.1b/c/d
4.4.2	Dépenses de bureau et dépenses générales
	Mêmes rubriques que sous le poste 4.2.2
4.4.3	Transport <sup>u</sup>
	Mêmes rubriques que sous le poste 4.2.3
4.4.4	Frais généraux du projet de démonstration <sup>z</sup>
4.4.5	Dépenses remboursables à l'agence de financement

Source: Banque Mondiale.

- a. *La main-d'oeuvre occasionnelle* englobe le chef d'équipe uniquement, si celui-ci est employé occasionnellement, sinon il est compris dans l'encadrement (poste 4.1.1).
- b. *Les salaires* comprennent les rémunérations à la pièce.
- c. *Les charges sociales* comprennent la taxe sur les salaires, l'assurance, les cotisations à la caisse de retraite, etc.
- d. *La nourriture* est incluse dans les coûts directs, mais les vêtements, le logement ou d'autres charges supplémentaires ne le sont pas; voir poste 1.2.1b.
- e. *Prix d'achat* moins la valeur résiduelle le cas échéant en fin de travaux, plus les intérêts, les frais de location.
- f. *Chauffeurs, mécaniciens, etc.*: il s'agit des chauffeurs, conducteurs d'engins et de la main-d'oeuvre spécialisée, ainsi que des mécaniciens de chantier et de la main-d'oeuvre qualifiée chargés du fonctionnement et de l'entretien du matériel (mais non des véhicules de chantier; voir note s).
- g. *Allocation de subsistance*, c'est-à-dire versements en espèces, mais ne comprenant pas les coûts réglés par l'entreprise de travaux publics.
- h. *Main-d'oeuvre qualifiée - dépenses générales*, c'est-à-dire artisans, forgerons, etc.

- i. *Transports de chantier*: désigne le transport par les véhicules de chantier, à savoir (a) les véhicules du personnel, c'est-à-dire landrover, voitures, autocars, et (b) les véhicules de livraison utilisés essentiellement ou entièrement pour les livraisons en général, mais non pour des travaux comme les terrassements ou le transport des pierres, de l'eau, etc.  
Lorsque les véhicules du chantier sont utilisés pour la livraison des matériaux, des outils et du matériel simple ou pour le transport du personnel, il est habituellement plus simple d'inscrire ce coût sous le poste 4.1.4 plutôt que sous chaque élément des coûts indirects figurant au-dessus. Toutefois, le montant des coûts de transport de chantier (et les dépenses d'équipement le cas échéant) attribuable au transport de la main-d'oeuvre occasionnelle doit être estimé, à moins qu'il puisse être calculé avec exactitude.
- j. *Les coûts indirects de la main-d'oeuvre occasionnelle* ne comprennent pas la nourriture.
- k. *Tarifs de transport jusqu'au chantier et retour* ou allocation de transport au début ou en fin de saison ou de projet.
- l. *Le logement de la main-d'oeuvre qualifiée, les ateliers et magasins* comprennent les services, le mobilier, le matériel et les produits de consommation.
- m. *Les biens d'équipement* ne comprennent pas les véhicules de transport de chantier.
- n. *Frais de location des biens d'équipement de l'administration centrale*: ce sont normalement des charges horaires ou mensuelles perçues par l'administration centrale pour l'utilisation du matériel. Elles couvrent généralement l'amortissement et l'intérêt, les frais d'entretien et de réparation dans les ateliers de l'administration centrale, y compris les pièces de rechange, ainsi que l'assurance annuelle et la taxe routière.
- o. *L'indemnisation* s'entend déduction faite de la valeur de revente éventuelle en fin de projet.
- p. *L'allocation de subsistance du personnel* ne comprend pas les dépenses de logement (voir postes 4.1.3 ou 4.2.3 selon le cas).
- q. *Immeuble de bureau*: comprend les bâtiments du service médical, pour activités récréatives et autres usages généraux, mais ne comprend pas les logements, ateliers et magasins.
- r. *Les services, etc.* comprennent le mobilier, le matériel, les produits de consommation (à l'exclusion des fournitures de bureau).
- s. *Les coûts d'entretien sur le chantier des véhicules de chantier* (sans les pièces de rechange) sont inclus sous les postes 1.1.3a et 1.2.3a (mécaniciens) et 2.2.2b (ateliers). Le coût des chauffeurs est compris dans le poste 4.1.1c (personnel administratif et de soutien).
- t. *Les risques et bénéfiques* correspondent au pourcentage estimatif qui aurait été perçu en sus des coûts totaux si les travaux avaient été effectués par un entrepreneur de travaux publics.
- u. Pour *les transports* au niveau de soutien régional ou à celui de l'administration centrale, voir poste 4.1.4 et la note s pour les détails.
- v. *Les frais généraux* sont ceux qu'entraîne en permanence le déroulement d'un programme. Les dépenses engagées une seule fois pendant la préparation du programme et sa mise au point doivent être incluses dans les frais généraux de la préparation du programme (voir note t).

- w. *Les activités de soutien* incluent dans ce cas les coûts récurrents. Les coûts d'enquête initiaux doivent être inclus dans les frais généraux de la préparation du programme.
- x. *Les frais financiers des entrepreneurs* correspondent au coût net du programme pour l'administration centrale, c'est-à-dire les créances irrécouvrables, les intérêts non perçus, etc.
- y. *Les frais de préparation du programme* sont les dépenses engagées une seule fois et amorties en général immédiatement pour la préparation et la mise au point du projet. Ils comprennent les frais de création des institutions et de formation du personnel engagés avant le début de l'exécution du programme complet.
- z. *Les frais généraux du projet de démonstration* doivent tous être inscrits sous le poste 4.4. S'ils ne le sont pas sous les postes 4.4.1 - 4.4.3, les inscrire dans le poste 4.4.4.

Source: Banque Mondiale.

**NOTES SUR LES  
OUTILS ET LE  
MATERIEL LEGER**



La présente annexe donne de plus amples précisions que l'annexe A (Inventaire des méthodes de construction) sur les outils manuels. Après une description des divers outils couramment utilisés dans les travaux de génie civil, elle donne les principales spécifications des outils pouvant servir de modèle et être modifiés si besoin pour se conformer à l'usage local.

Les outils manuels que nous connaissons sont l'aboutissement d'une évolution continue qui s'est déroulée au cours des deux derniers siècles. Les outils modernes les plus performants représentent un immense progrès par rapport à ceux dont on disposait au début de l'époque de la construction des canaux en Europe. Toutefois, ces outils n'ont rien de commun avec ceux qui sont nécessaires aux pays en développement pour réaliser des travaux de génie civil par des méthodes manuelles. On proposera donc dans la présente annexe une panoplie d'outils simples, robustes et résistants adaptés aux diverses conditions locales.

Dans de nombreux pays en développement, les seuls outils manuels que l'on trouve facilement sont peut-être les instruments aratoires ou des copies médiocres des outils de modèle occidental utilisés dans les travaux de génie civil. Dans les pays occidentaux, en dépit des progrès constants de la mécanisation des procédés de construction, les outils manuels lourds sont toujours fabriqués, mais les modèles sont beaucoup moins nombreux et variés.

**DESCRIPTIONS  
GENERALES**

Dans les travaux de génie civil réalisés par des méthodes manuelles, le coût des outils simples est faible par comparaison au coût de la main-d'oeuvre. Une pelle ordinaire achetée sur le marché, par exemple, représente quatre à cinq jours de salaire d'un travailleur manuel. Cette pelle pourrait durer six mois et majorerait par conséquent de 3 à 4 % le coût salarial. Les outils étant relativement bon marché, on en néglige souvent l'importance, bien que des outils médiocres puissent faire baisser considérablement la productivité de la main-d'oeuvre. Ces outils qui, finalement, ne reviendront pas meilleur marché que ceux d'un prix d'achat plus élevé parce qu'ils doivent être remplacés plus souvent, grèvent donc les coûts de main-d'oeuvre en réduisant la productivité.

L'importance que revêtent des outils de bonne qualité est peut-être plus souvent négligée lorsque les travaux sont exécutés par la main-d'oeuvre recrutée directement par l'organisme d'exécution. Une entreprise de travaux publics fournit habituellement des outils de meilleure qualité et veille en général à ce qu'ils soient appropriés aux conditions locales particulières.

## MATERIAUX

### *Parties en fer*

Le tranchant et la face percutante des outils doivent avant tout présenter une dureté maximum. Les douilles, courroies et lames doivent offrir une résistance maximum à la torsion et au cisaillement. La solidité est aussi une qualité essentielle de toutes les parties métalliques des outils manuels, qui doivent pouvoir résister aux coups et aux chocs. Il faut beaucoup d'ingéniosité pour concilier ces exigences contraires, mais la durée de vie utile de l'outil sera de deux à quatre fois plus longue. C'est pourquoi il est vivement recommandé que les outils respectent les normes techniques habituelles. On trouvera dans la figure C-1 l'indication de la dureté de quelques outils couramment utilisés dans les terrassements.

### *Manches en bois*

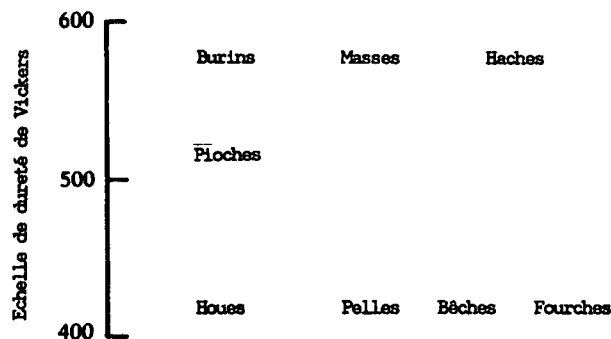
Les manches des outils percutants et des outils à bêcher sont soumis à de fortes pressions. Mais aucun système d'essai de résistance des manches d'outils n'a été unanimement accepté. En Inde, on a établi un coefficient d'adaptation normalisé pour sélectionner le bois servant à fabriquer les manches, qui sont soumis à des essais de résistance spécialement adaptés. Les normes britanniques précisent en général que les manches des outils lourds doivent être en noyer blanc ou en frêne. Le noyer blanc est d'excellente qualité. Plusieurs autres bois durs présentent des qualités de résistance égales ou supérieures à celles du frêne et ont une densité qui n'alourdit pas excessivement l'outil, comme le montre le tableau C-1.

D'autres essences pourraient convenir à la fabrication de manches d'outils lourds. En Inde, l'olivier, appelé localement kao, a été utilisé avec succès pour fabriquer le manche de marteaux de carrier (le bois ayant tout d'abord été étuvé). L'eucalyptus et l'accacia pourraient aussi présenter les qualités requises et on a observé en Indonésie que la population fabrique souvent par ses propres moyens des manches d'outils en palmier cocotier.

Un important facteur qui explique probablement la qualité insuffisante des manches d'outils fabriqués localement tient au séchage du bois. Si une branche qui vient d'être coupée d'un arbre sert à fabriquer un manche, celui-ci peut être parfaitement adapté à l'outil au départ, mais le bois

prendra par la suite du retrait et le manche se desserrera à l'usage. Si le bois est convenablement séché et que sa teneur en humidité est adaptée à l'environnement, il ne prendra pas de retrait. Le choix du bois qui convient dépend aussi de facteurs comme la texture, la dureté, la tendance à craquer, la régularité du grain, la facilité avec laquelle il peut être travaillé et plié à la chaleur (pour fabriquer des manches incurvés). Enfin, il faut rappeler que le bois est un matériau naturel qui peut être de qualité extrêmement variable. On pourra toutefois trouver des indications sur le classement des manches selon la qualité dans les spécifications.

Figure C-1. Dureté des matériaux utilisés dans les outils



Source: Banque Mondiale.

Tableau C-1. Propriétés des bois

Essences	Origine	Teneur en humidité (%)	Densité (kg/mm <sup>3</sup> )	Résistance maximum à la flexion (N/mm <sup>2</sup> )	Energie consommée par la flexion		Résistance au choc pour hauteur chute maxi. (m)
					pour la charge maxim. (mmN/mm <sup>3</sup> )	jusqu'à rupture (mmN/mm <sup>3</sup> )	
Noyer blanc (Carya spp.)	Etats-Unis	12	801	141	0,215	0,640	1,93
Frêne (Fraxinus Excelsior)	Royaume-Uni	12	689	116	0,182	0,281	1,07
Pau Martin (Balfourodendron Rideleanum)	Brésil	12,9	799	133	0,286	0,582	1,55
Celtis, africain (Celtis spp.)	Afrique de l'Ouest	12	785	144	0,154	0,272	1,32
Danta (Nesogordonia papaverifera)	Nigéria	12	833	137	0,172	0,324	1,09
Selangan dur (Shorea superba)	Sabah	13,9	833	143	0,159	0,323	1,22

Source: Laboratoire de recherche sur les produits forestiers, Princes Risborough, Aylesbury, Buckinghamshire, Angleterre.

Les barres classiques sont constituées d'une tige d'acier droite dont l'extrémité est biseautée ou pointue et sont largement utilisées pour les terrassements. L'extrémité est aussi très souvent munie d'un embout tranchant ou d'une petite lame. Ce type d'instrument est couramment appelé simplement "barre à mine". On trouvera dans les figures C-2 à C-4 des exemples de barres et de barres à mine.

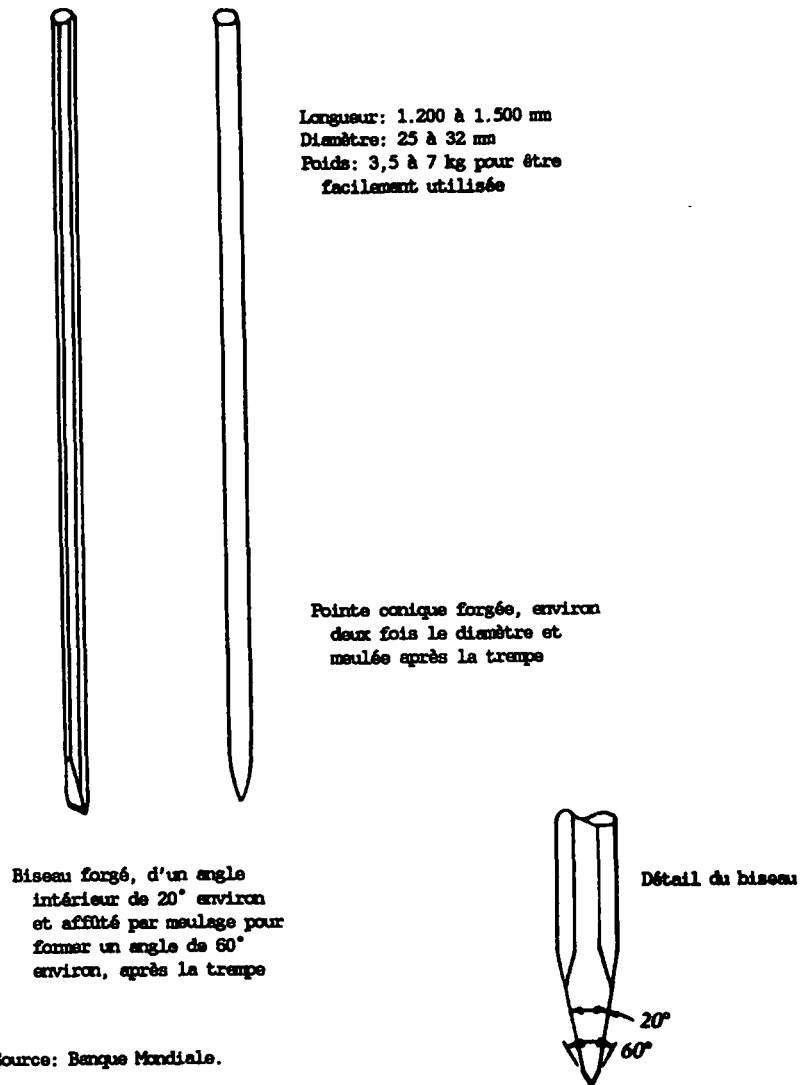
**BARRES**  
Types



Les spécifications normales des barres sont en particulier les suivantes:

- \* Norme indienne 704-1968
- \* Ministère des travaux publics du Kenya, spécification No. 109 du Programme de routes rurales d'accès.
- \* Norme britannique BS 3066, concernant les ciseaux à froid.

Figure C-2. Barres classiques



Plusieurs catégories d'acier ordinaire et d'acier à haute teneur en carbone, pouvant être trempés à l'huile et à l'eau, sont recommandées dans les normes ci-dessus. La norme britannique mentionne aussi un acier à 3,5 % de nickel. On a pu constater que des barres de bonne qualité fabriquées localement utilisent les arbres de transmission des camions et les arbres d'hélices; toutefois, les pièces des véhicules qui sont soumises à de fortes pressions sont parfois fabriquées à l'aide de matériaux assez rares qui peuvent être difficiles à souder ou à traiter à la chaleur. Les tiges de sonde usagées constituent souvent des barres de bonne qualité. Les outils à bêcher peuvent être fabriqués localement à partir de barres, mais il est

recommandé de limiter la largeur de la lame au double du diamètre de la barre, à moins que l'on dispose d'un bon outillage pour accroître la surface de la coupe avant d'aplatir la barre, faute de quoi la lame ne sera pas suffisamment épaisse pour résister aux pressions pendant l'usage.

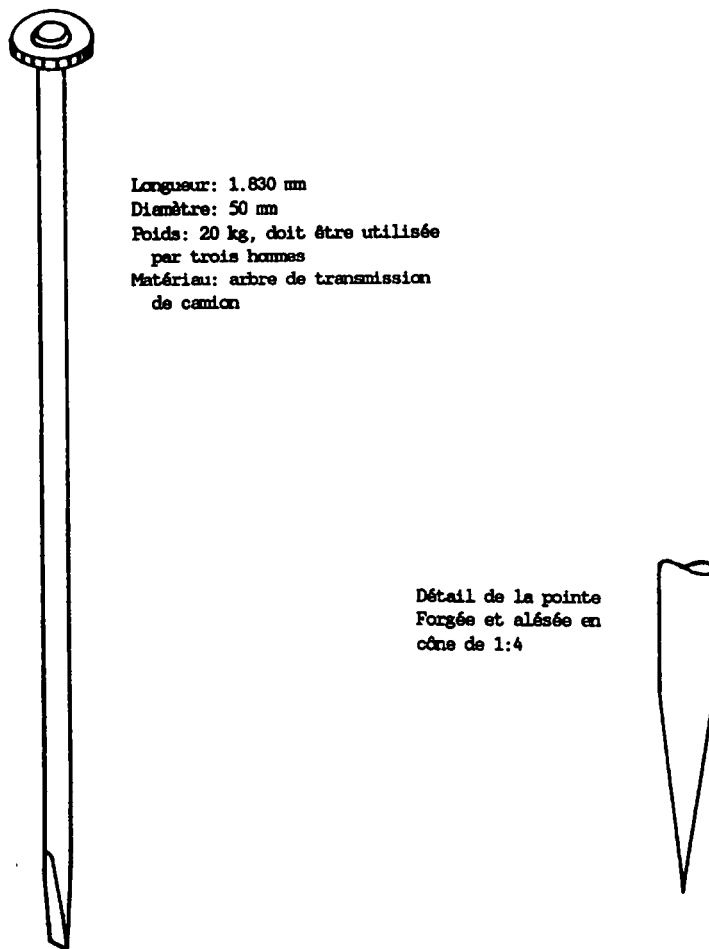
Les barres vendues dans le commerce ont une section ronde ou octogonale et un diamètre de 22, 25, 28, 32 et 38 mm. Les plus utiles dans les travaux de terrassement seront celles qui font plus de 25 mm et mesurent de 1,2 à 1,7 mètre de longueur. On peut utiliser pour certaines tâches des barres spéciales ayant jusqu'à 50 mm de diamètre et 1,5 à 2 mètres de longueur. Les barres ordinaires pèsent environ 20 à 25 kg lorsque la longueur de la partie creuse le permet.

Les normes indiennes recommandent de réaliser le test de résistance à la chute suivant: on laisse tomber la barre verticalement d'une hauteur de 600 mm sur un bloc de fonte grise de 150 mm au moins d'épaisseur et ce à cinq reprises. L'extrémité de la barre ne doit être ni fêlée ni déformée. Comme pour d'autres outils tranchants, un test qui devrait être couramment effectué consiste à frapper la pointe ou le biseau à l'aide d'une barre d'acier doux de 25 mm de diamètre et 300 mm de long. L'extrémité ne doit pas non plus se fêler ni se déformer.

### Dimensions

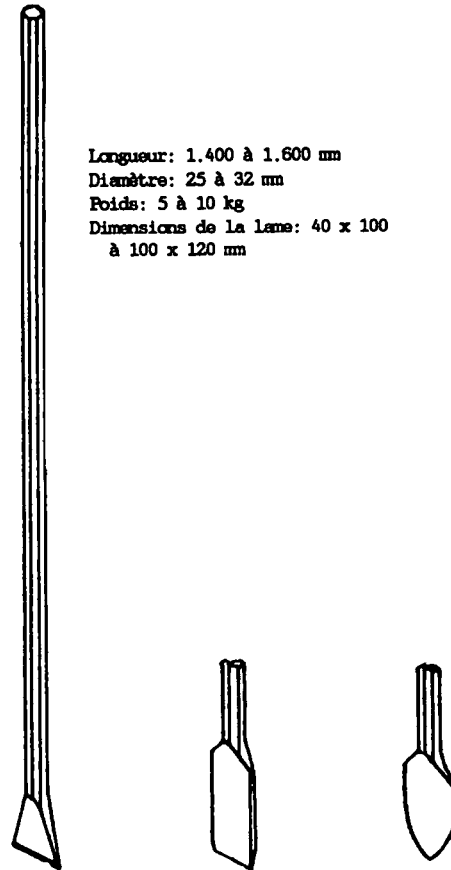
### Essais

Figure C-3. Barres spéciales



Les barres peuvent être affûtées à la meule, mais il est nécessaire d'en rectifier la pointe à la forge à intervalles, puis de la tremper pour lui redonner sa dureté. Seul l'acier de l'extrémité doit être trempé, le reste de l'outil ayant été traité pour obtenir une résistance maximum. Lorsque l'extrémité est meulée après avoir été forgée, il faut de nouveau soumettre l'outil à l'essai décrit précédemment pour en vérifier la dureté.

Figure C-4. Barres à mine



Longueur: 1.400 à 1.600 mm  
 Diamètre: 25 à 32 mm  
 Poids: 5 à 10 kg  
 Dimensions de la lame: 40 x 100  
 à 100 x 120 mm

Autres formes de lames

Source: Banque Mondiale.

### Utilisations

On peut utiliser les barres à mine pour réaliser les travaux suivants:

- \* Ameublir des sols compacts, denses, très denses, mais non agglomérés.
- \* Extraire des roches tendres ou traitées à l'explosif.
- \* Extraire des rochers de gisements hétérogènes.
- \* Excaver par affouillement dans des sols fermes, durs ou cohésifs.

Dans les deux premiers cas, on utilise l'outil pour entailler le sol verticalement à proximité d'un rebord. Dans les autres cas, il faut aussi creuser verticalement, mais l'outil sert principalement de levier. On obtient de meilleurs résultats lorsque la barre peut être utilisée pour

cisailler verticalement le sol, c'est pourquoi elle ne convient pas au travail sur une face horizontale ou lorsque l'ouvrier ne peut se placer au-dessus du plan de travail. Lorsqu'il utilise une barre, il n'a pas besoin d'assurer son équilibre aussi fermement qu'en utilisant une pioche; la barre à mine peut donc être utilisée sur des pentes très raides.

La méthode d'excavation par affouillement est efficace dans des sols cohésifs où sont créés des gîtes de matériaux de plus de un mètre de profondeur. Une fois que l'on a constitué une face verticale (affouillée en partie par des entailles perpendiculaires à la face), les barres à mine servent à creuser une entaille verticale derrière la face ce qui permet de détacher d'importants volumes de sol avec un effort minimum (voir figure A-1). La masse ainsi détachée devra éventuellement être concassée avant de pouvoir être chargée à l'aide d'une houe, d'une pelle ou à la main.

Les pioches d'usage général, dont la panne présente deux extrémités pointues ou une extrémité pointue et l'autre plate, sont représentées sur la figure C-5. Certains modèles de pioches ou de pics ayant des panes en forme de hache, rectangulaire ou en biseau servent à creuser des fossés, débroussailler, poser des voies de chemin de fer et à d'autres travaux et ne seront pas étudiés ici.

Les spécifications des panes de pioches forgées en acier au carbone à 0,5 % figurent dans la norme britannique BS 1421; la norme indienne IS 273 en est très proche. La norme indienne IS 2892 donne des détails sur les manches et la norme britannique précédente exige simplement que les manches soient en noyer blanc ou en frêne.

Les pioches sont presque toujours en acier ordinaire forgé et les tranchants sont trempés et polis. Le manche en bois conique s'adapte à un œil de section ovale, d'une conicité de 1:8 à 1:10. Si l'œil est correctement taillé, le manche n'a pas besoin d'être calé à l'aide de coins ou d'une autre façon. La tête d'une pioche peut peser de 2 à 4 kg, mais le poids le plus courant est de 3 kg ou 7 livres. Au Royaume-Uni, les manches ont en général 915 mm de long et le modèle britannique se termine habituellement par un renflement appelé pomme. Cette particularité semble très souhaitable pour un outil d'attaque lourd, mais le modèle indien est cylindrique. La pointe d'une pioche doit être meulée en forme de pyramide à quatre côtés d'un angle interne de 40° environ, et les arêtes du biseau doivent former un angle d'environ 20°.

Les essais auxquels peuvent être soumis le biseau ou la pointe consistent à frapper la pioche à l'aide d'une barre d'acier doux de 25 mm de diamètre et 300 mm de longueur. La norme indienne exige un test plus rigoureux, la pioche étant équipée d'un manche spécial de 1.500 mm de long dont l'extrémité inférieure pivote. On laisse tomber l'outil verticalement en le faisant pivoter pour qu'il frappe perpendiculairement une plaque d'acier de 25 mm d'épaisseur. Le biseau ou la pointe ne doivent ni se fêler ni se déformer. Aucune norme ne définit les manches ou les raccords. Comme en pratique ils sont loin d'être satisfaisants, il est

## PIOCHES

### *Types*

### *Spécifications normales et matériaux*

### *Construction*

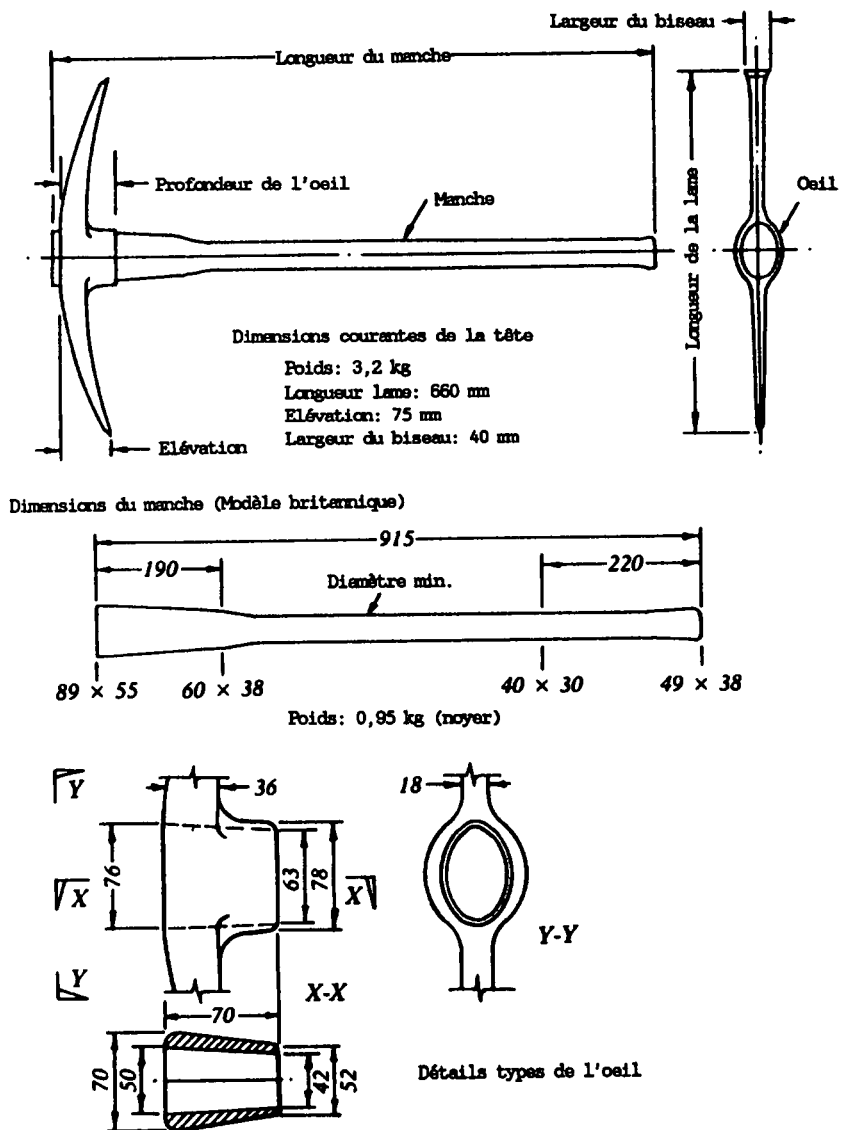
### *Essais*

recommandé de les soumettre à un essai de déformation comparable à celui qui est exigé pour les fourches, les pelles et les bèches. Le test consiste à fixer la lame en position verticale et à faire peser une charge de 65 kg à l'extrémité du manche. Le manche de la pioche doit résister une minute sans être endommagé, se desserrer ni se déformer de plus de 25 mm.

Utilisations

Les pioches peuvent être utilisées dans une certaine mesure dans les mêmes conditions que les barres. On peut toutefois résumer comme suit leurs utilisations respectives. Une pioche utilisée avec un élan maximum produit une plus grande force d'attaque que ne le permet une barre. Deuxièmement, utilisée à petits coups, la pioche peut être très efficace dans des espaces restreints, comme les tranchées ou les fouilles souterraines, ou sur des fronts de taille verticaux. Enfin, elle ne peut pénétrer qu'à une profondeur limitée en raison de son manche et de sa lame incurvée; elle doit être utilisée pour ameublir des couches de matériaux successives et ne permet pas d'exercer un effet de levier important.

Figure C-5. Pioche



Il existe une très grande variété de modèles de houes, qui sont souvent fabriquées par le forgeron du village, mais quelques modèles seulement sont utilisés dans les travaux de génie civil, à la différence des utilisations dans l'agriculture. On trouvera dans la figure C-6 l'illustration des houes employées pour creuser. La figure C-7 et le tableau C-2 présentent divers modèles de houes repris principalement de la norme indienne IS 1759, spécifications des houes.

La lame de la houe peut être en acier ordinaire forgé, à 0,55 % de carbone et 0,65 % de manganèse. On peut fabriquer des houes à lame étroite de bonne qualité, ou "demi-pioches", à l'aide des ressorts à feuilles des véhicules lourds. On a pu constater que les houes utilisées dans les travaux de génie civil doivent avoir des manches faits dans un bois ayant des qualités voisines de celles du frêne. La lame doit être toujours affûtée et il peut être utile de vérifier s'il est possible de fabriquer des houes de la même manière que les socs et disques de charrues dans les pays occidentaux, c'est-à-dire de tremper à la chaleur la face interne de la lame afin que l'extrémité soit tranchante.

Les têtes de houes forgées monobloc (dont l'oeil est d'un seul tenant avec la lame) peuvent durer très longtemps - de un à trois ans, alors que les têtes dont l'oeil est rivé à la lame ne durent que deux mois à un an. La tête monobloc présente en outre un oeil de meilleure qualité que les têtes rapportées, mais si le manche n'a pas une forme adéquate, il arrive souvent que le raccordement du manche et de la tête ne soit pas satisfaisant. Ce défaut sera évité si l'oeil de la houe et la tête du manche ont la même conicité et si le manche est d'un bois de bonne qualité. Lorsque l'oeil est cylindrique et fixé au manche par des coins, il ne donne pas satisfaction, peut-être en raison de l'effet de levier transmis par le raccordement de la lame et du manche. Ce raccordement cylindrique se desserre et des éclats de métal dangereux peuvent se détacher. On trouvera dans le tableau C-3 les diverses dimensions des houes utilisées pour creuser.

Tableau C-2. Dimensions des houes courantes

Dimension	Pioche de maçon	Houe de Mysore	Houe agricole	Houe de l'est de l'Inde
Longueur de la lame (mm)	300	290	270	290
Élévation de la lame (mm)	120	160	20	30
Largueur de lame à l'épaule (mm)	65	230	-	170
Largueur de la lame au tranchant (mm)	110	160	205	230
Épaisseur de la lame (mm) <sup>a</sup>	5	3	3,8	3,3
Poids de la tête (kg) <sup>b</sup>	1,9	1,8	1,8	1,8

a. Épaisseur à 50 mm du bord du tranchant.

b. Poids du manche: environ 0,6 kg.

Source: Banque Mondiale.

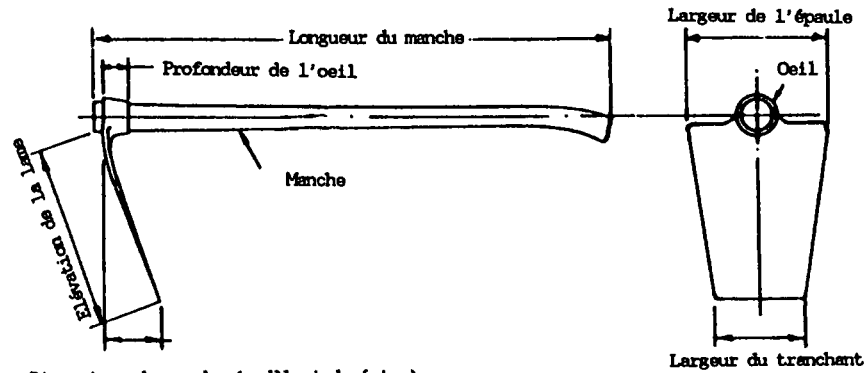
## HOUES

### *Types et spécifications normales*

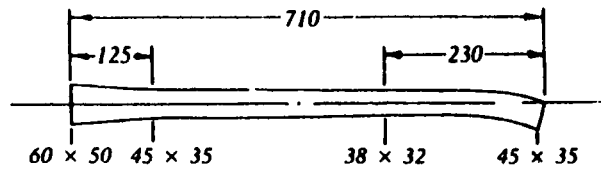
### *Matériaux*

### *Construction*

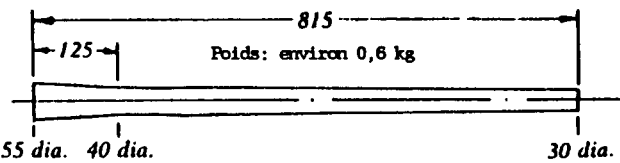
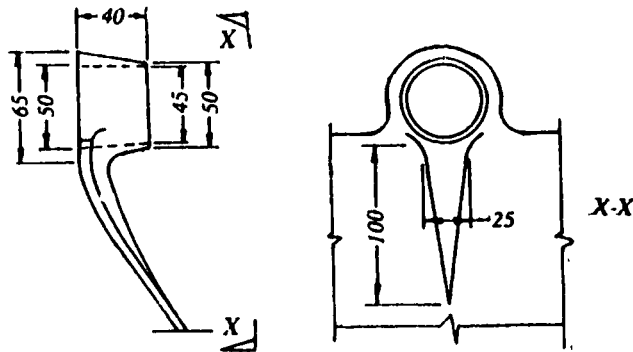
Figure C-6. Description détaillée des houes



Dimensions du manche (modèle indonésien)



Dimensions du manche (norme indienne)

Détails de l'oeil (Norme indienne, tête de 1,8 kg)<sup>a</sup>

**Note:** Les dimensions sont en millimètres.

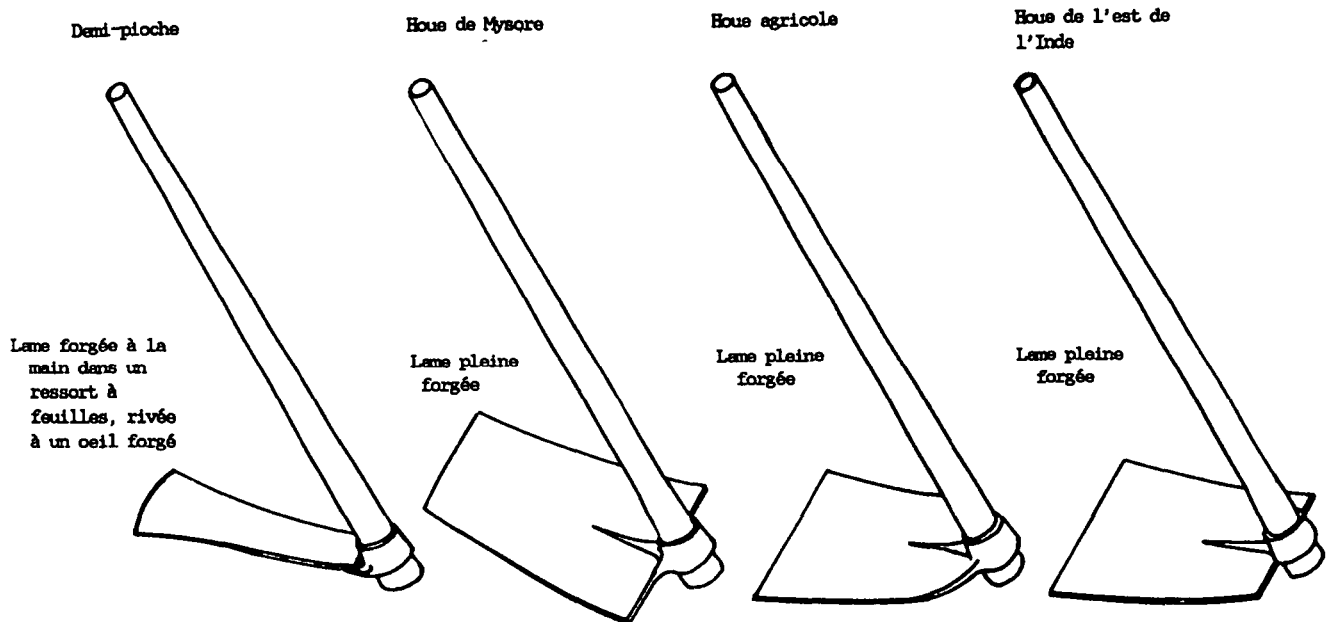
- a. La section de cet oeil est normalement ronde, mais peut parfois être ovale. Un oeil plus grand, semblable à celui d'un pic, convient peut-être mieux aux outils lourds (3,5 kg).

### Essais

On peut tester le tranchant en le frappant à l'aide d'une barre d'acier doux de 25 mm de diamètre et 300 mm de longueur. Les houes peuvent être soumises à un essai de résistance au choc consistant à laisser tomber l'outil d'une hauteur de 0,6 mètre sur une plaque d'acier doux de 25 mm d'épaisseur de façon que le tranchant frappe perpendiculairement la plaque. Aucune fêlure ni déformation ne doit apparaître. Comme pour les pioches, il semble raisonnable d'effectuer un essai de déformation pour vérifier la qualité des manches et du raccordement du manche à la lame.

Une charge de 65 kg est suspendue à l'extrémité du manche en position horizontale. L'outil ne doit pas être endommagé et aucune partie ne doit se desserrer lorsque l'effort dure une minute et la déformation permanente du manche ne doit pas dépasser 25 mm.

Figure C-7. Divers types courants de houes



Source: Banque Mondiale.

Lorsque les matériaux sont pierreux ou mélangés, il est difficile de conserver une lame de houe bien affûtée. Mais on a constaté que la productivité peut atteindre des niveaux remarquables lorsque la lame est aussi coupante qu'une lame de rasoir.

La houe combine en un seul outil les fonctions de la pioche et de la pelle, c'est pourquoi elle peut être utilisée dans des sols plus durs que la pelle ou la bêche, qui doivent souvent être complétées par une pioche.

Tableau C-3. Dimensions des houes à bêcher

Dimension	Minimum	Moyenne	Maximum
Poids total (kg)	1,2	2,3	4,0
Longueur du manche (m)	0,80	0,71	0,83
Longueur de la lame (m)	0,20	0,24	0,30
Largeur de la lame (m)	0,10	0,22	0,24
Surface de la lame (m <sup>2</sup> )	0,04	0,05	0,06

Source : Banque Mondiale.

*Entretien*

*Utilisations*



En outre, pour charger des matériaux non compactés, la houe est probablement plus efficace que la pelle, si la hauteur de chargement est inférieure à un mètre et que les matériaux ne doivent pas être jetés trop loin. Les utilisations de la houe sont résumées ci-après:

- \* Excavation de petites quantités de matériaux ou nivellement et arasement de sols compacts de tout type et de sols non agglomérés et peu denses (mais dont les grains ne sont pas gros).
- \* Excavation en masse de sols cohésifs de tout type et de sols meubles à fermes, mixtes, cohésifs et granuleux.
- \* Concassage de masses importantes de sol cohésif extrait par affouillement. La houe à lame étroite ou demi-pioche convient mieux dans ce cas.
- \* Chargement de matériaux non agglomérés, à moins qu'ils ne soient essentiellement composés de particules grossières et à condition que la hauteur de chargement soit inférieure à un mètre. Les lames plus courtes et plus larges et les manches plus courts conviennent peut-être mieux au chargement.

## FOURCHES

Les fourches sont des outils semblables à des houes, mais dont la lame est remplacée par des dents. On en trouvera deux modèles dans la figure C-8.

### *Construction*

Les fourches illustrées sur la figure C-8 appartiennent à de petits entrepreneurs de travaux publics et sont probablement fabriquées selon leurs indications. D'autres fourches de proportions voisines et forgées, munies de trois ou quatre dents pour les travaux agricoles, ont aussi été utilisées. Elles sont toutes munies de lames d'acier doux rivées à un oeil d'acier forgé. Bien que ce type de construction ne convienne pas pour un outil lourd, il a été adopté notamment parce qu'il permet de remplacer facilement les lames. Un oeil de bonne qualité doit durer plusieurs années, mais la lame s'use rapidement parce que cet instrument sert uniquement pour charger des agrégats. Une feuille d'acier doux traité à la chaleur est préférable, mais dans bien des pays les petits fabricants ne peuvent s'en procurer. Les fourches ont en général des lames plus larges et plus courtes que les houes, leur surface allant de 0,056 à 0,064 m<sup>2</sup>. Les manches font de 0,7 à 0,8 mètre de long et les lames forment un angle de 60-70° avec le manche. Le poids moyen est de 2,1 kg.

### *Utilisations*

Les fourches, comme les houes, semblent convenir parfaitement pour le chargement à faible hauteur, notamment des paniers et des brouettes, ou le déchargement de camions à rabattement latéral, des charrettes non basculantes ou des remorques. Toutefois, la lame d'une houe rencontre une forte résistance lorsqu'elle pénètre dans des matériaux non agglomérés et granuleux comme le gravier et la pierre. Dans ce cas, les fourches décrites facilitent le travail.

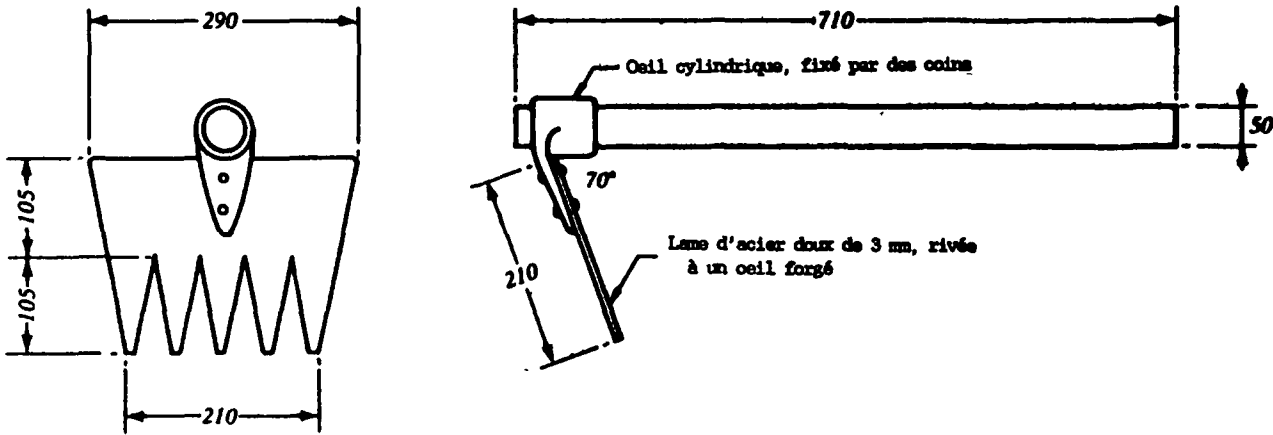
## PELLES, BECHES ET FOURCHES

On tend à utiliser indifféremment les termes "pelle" et "bêche", mais l'une et l'autre sont très différentes. Une bêche convient particulièrement pour creuser le sol, tandis que les pelles sont mieux adaptées au chargement.

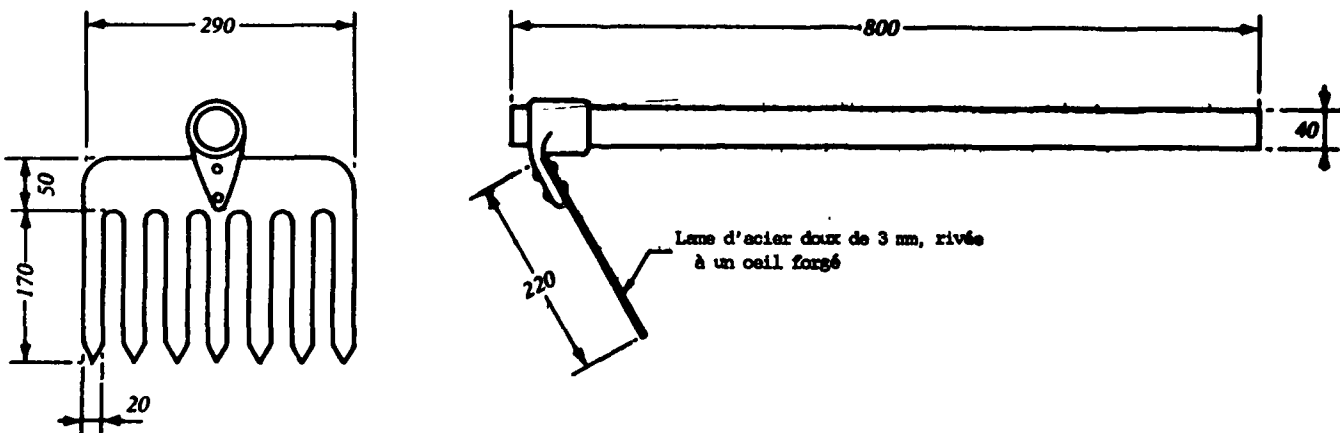
La pelle peut avoir un double usage, puisque pour charger des matériaux non agglomérés il faut creuser, et certains modèles de pelles peuvent très bien servir à creuser et excaver. Il est donc préférable d'utiliser le terme "pelle" pour désigner un instrument servant à ramasser et jeter les matériaux mais aussi à ameublir et concasser des sols plus tendres. Une bêche sert par contre essentiellement à creuser des sols plus denses et ne convient pas pour pelleter et déplacer les matériaux. La bêche est surtout un outil forgé lourd. Les ouvriers portent pour l'utiliser des bottes renforcées car nu-pieds ou chaussés de sandales légères ils ne peuvent tirer parti au mieux de cet outil. Les bêches sont peu usitées dans les pays en développement, mais les pelles, parfois plus légères et pouvant être utilisées à la main, y sont très répandues.

Figure C-8. Fourches pour le chargement des pierres

Fourche pour chargement de gravillons dans des paniers et déchargement de camions



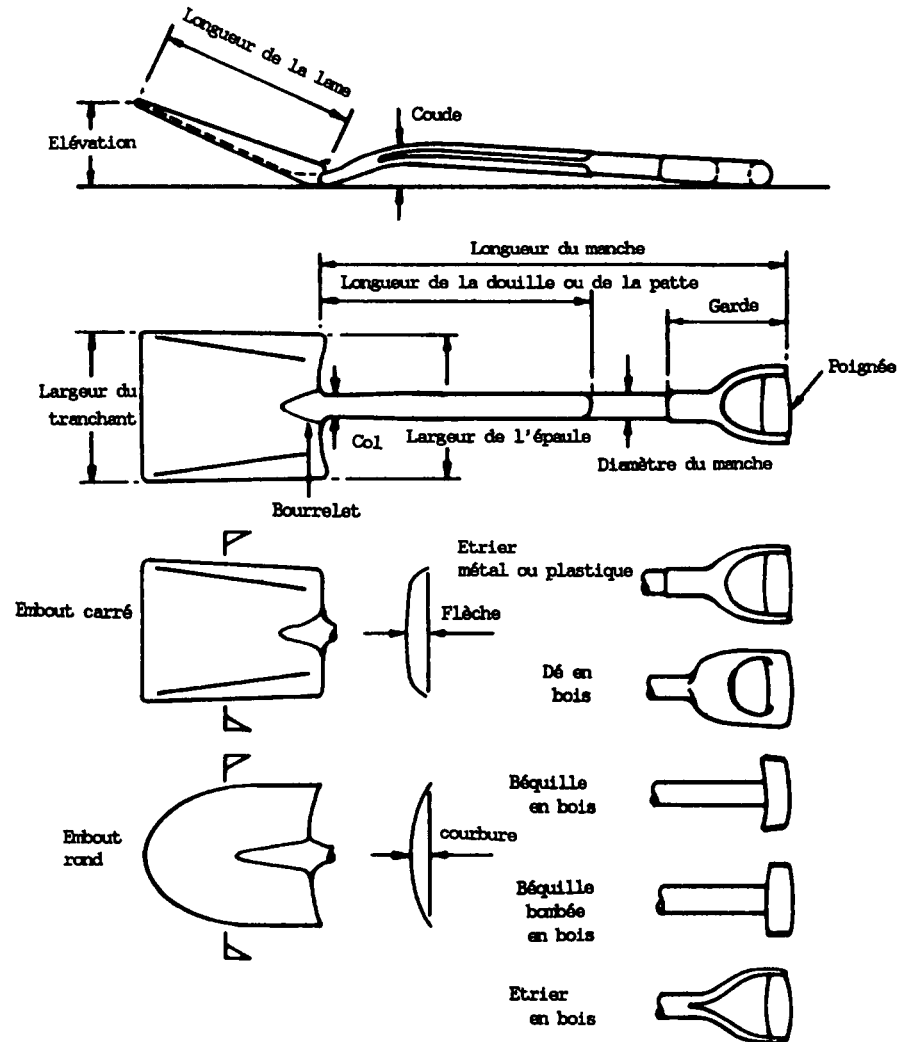
Fourche pour charger des pierres dans un panier et les décharger d'un camion



Note: Les dimensions sont en millimètres.  
Source: Banque Mondiale.

La nomenclature des pelles et des bèches est reproduite dans la figure C-9 et s'applique largement aux fourches. On trouvera dans les figures C-10 à C-13 diverses pelles, bèches et fourches de normes britanniques convenant à divers travaux de terrassement et autres activités.

Figure C-9. Nomenclature des pelles et bèches

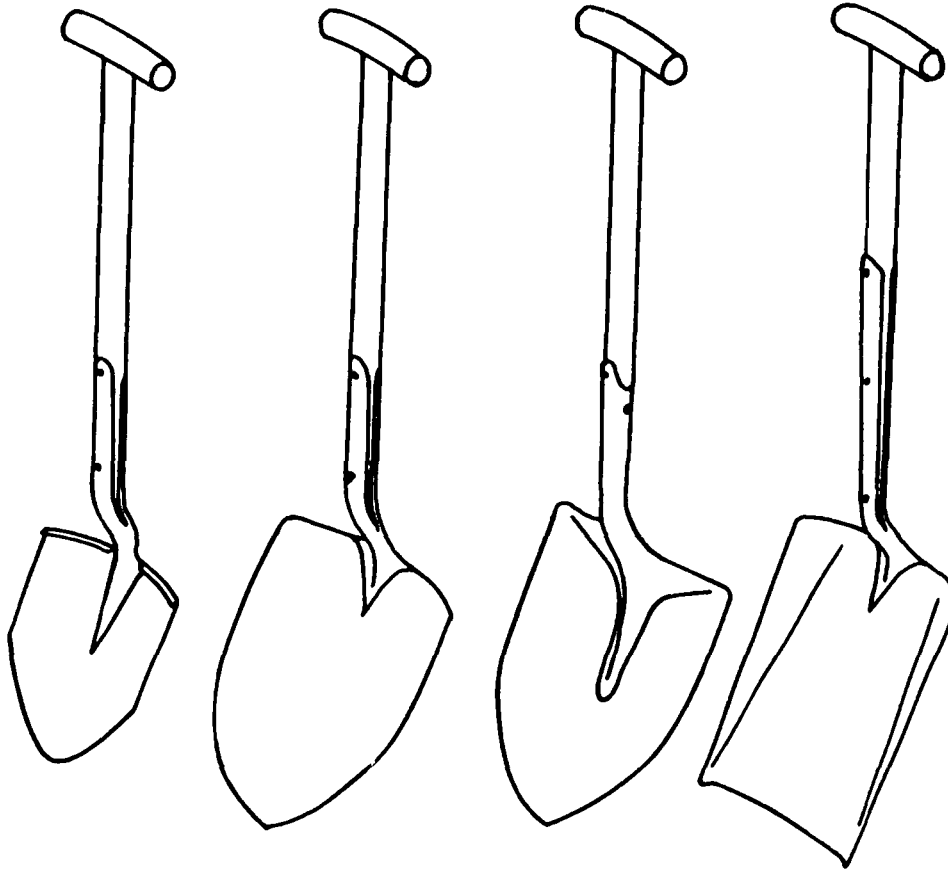


Source: Banque Mondiale.

*Spécifications normales*

La norme britannique BS 3388 "Spécifications des fourches, pelles et bèches" définit plusieurs outils d'usage général. La plupart sont en acier forgé et certains conviennent parfaitement aux travaux de génie civil. La norme indienne IS 274 "Spécifications des pelles" décrit des modèles de pelles en tôle d'acier moins chères et moins robustes.

Figure C-10. Modèles courants de pelles



Pelle forgée  
d'usage général  
à rebord vers  
l'avant

Pelle forgée  
ronde  
taille 2

Pelle ronde  
à douille  
taille 2

Pelle forgée  
carrée, lame  
inclinée

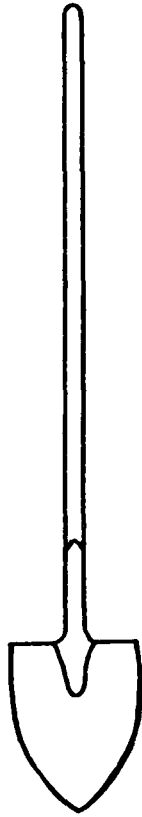
Source: Banque Mondiale.

Tableau C-4. Dimensions courantes des pelles (mm)

Dimension	Pelle forgée générale	Pelle ronde forgée taille 2	Pelle ronde à douille taille 2	Pelle carrée à lame conique forgée
Longueur du manche	700	700	700	700
Diamètre du manche	35	35	35	35
Coude	20	30	30	30
Élévation	120	180	150	170
Longueur de la lame	240	320	320	320
Largeur de l'épaule	200	200	260	240
Largeur du tranchant	-	-	-	220
Épaisseur de l'épaule	2	1,75	1,75	1,75
Épaisseur au centre	1,75	1,75	1,75	1,75
Flèche	20	30	30	32

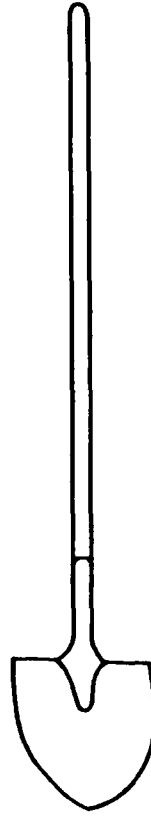
Source : Banque Mondiale.

Figure C-11. Pelles à manche long



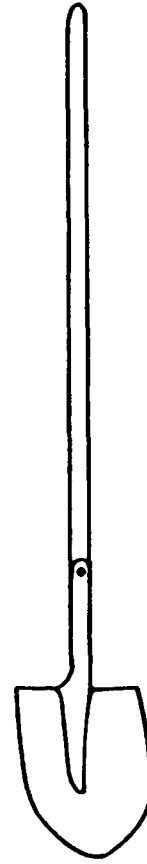
Pelle ronde à  
douille, modèle  
irlandais, taille 0

Lame: 240 x 355 mm  
Manche: 1.230 mm



Pelle ronde à  
douille, modèle  
occidental, taille 2

Lame: 280 x 280 mm  
Manche: 1.230 mm



Pelle ronde à  
douille, de  
mineurs améri-  
cains, taille 2

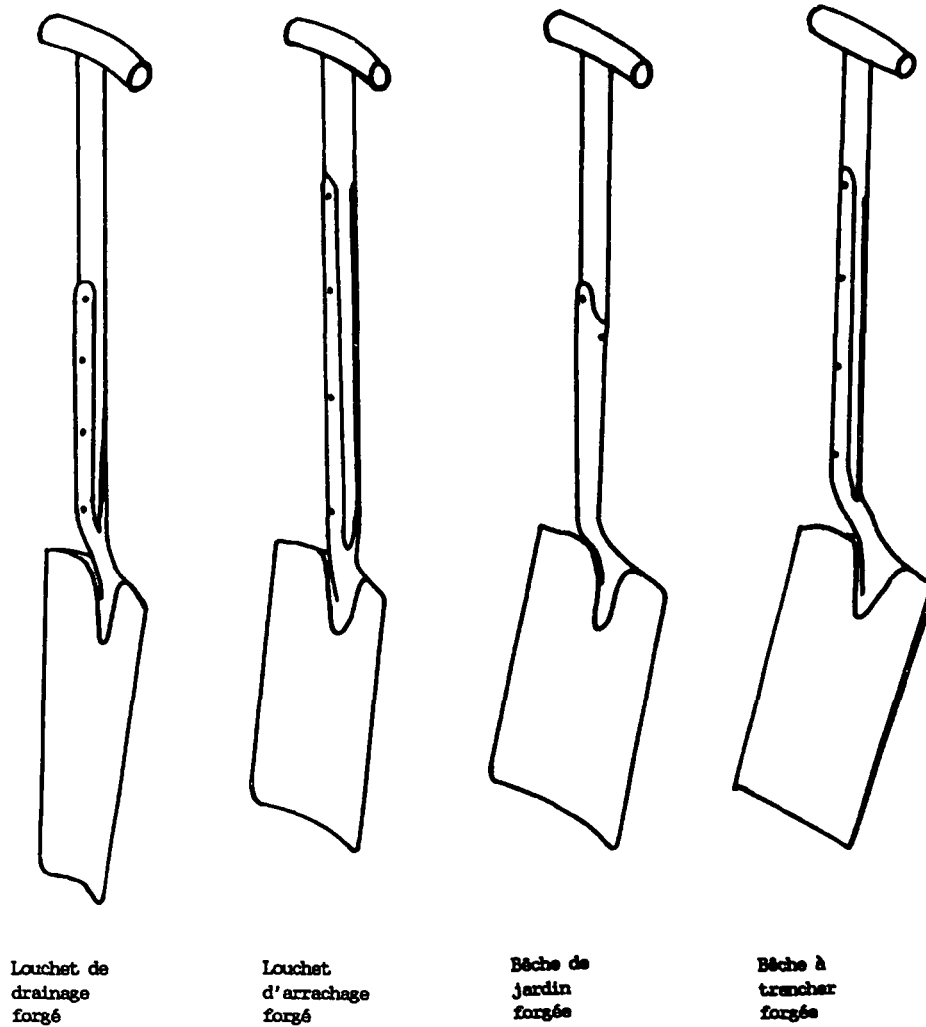
Lame: 225 x 305 mm  
Manche: 1.370 mm

Source: Banque Mondiale.

### Matériaux

L'acier ordinaire à faible teneur en carbone convient aux pelles et bèches forgées ou aux outils emboutis fabriqués dans de la tôle d'acier ordinaire. Il faut souligner que s'ils sont bien trempés, ces matériaux ont une résistance à la traction de  $1.500 \text{ N/mm}^2$  alors que celle de l'acier doux utilisé dans les ouvrages est d'environ  $430 \text{ N/mm}^2$ .

Figure C-12. Bêches courantes



Source: Banque Mondiale.

Tableau C-5. Dimensions des bêches courantes (mm)

Dimensions	Louchet de drainage forgé	Louchet d'arrachage forgé	Bêche de jardin forgée	Bêche à défoncer forgée
Longueur du manche	700	700	700	700
Diamètre du manche	35	35	35	35
Coude	12	0	25	30
Élévation	50	55	80	130
Longueur de la lame	400	320	290	280
Largeur de l'épaule	150	160	190	180
Largeur du tranchant	90	160	190	170
Épaisseur de l'épaule	3	25	25	25
Épaisseur au centre	2	2	25	-
Flèche	25	25	18	20

Source : Banque Mondiale.

Les bèches et outils semblables peuvent être de fabrication diverse, par exemple:

- \* *A fêrule:* lame de tôle d'acier, avec bourrelet de tôle d'acier et pattes métalliques soudées.
- \* *A douille monobloc:* lame forgée en acier avec douille soudée.
- \* *A douille monobloc sans soudure:* lame et douille forgées en une seule pièce en acier.
- \* *A collet monobloc, avec pattes:* lame forgée en acier, avec pattes soudées.
- \* *Lame monobloc, avec pattes:* lame et pattes forgées d'une seule pièce en acier.

Récemment, des pelles et bèches très robustes, légères, entièrement en acier ont été mises sur le marché; elles ont un manche en tube d'acier soudé à une lame d'acier forgé. En général, les outils en acier forgé sont plus robustes pour la réalisation de ces travaux que les outils en tôle emboutie. En outre, les lames monobloc sont plus satisfaisantes que les lames soudées.

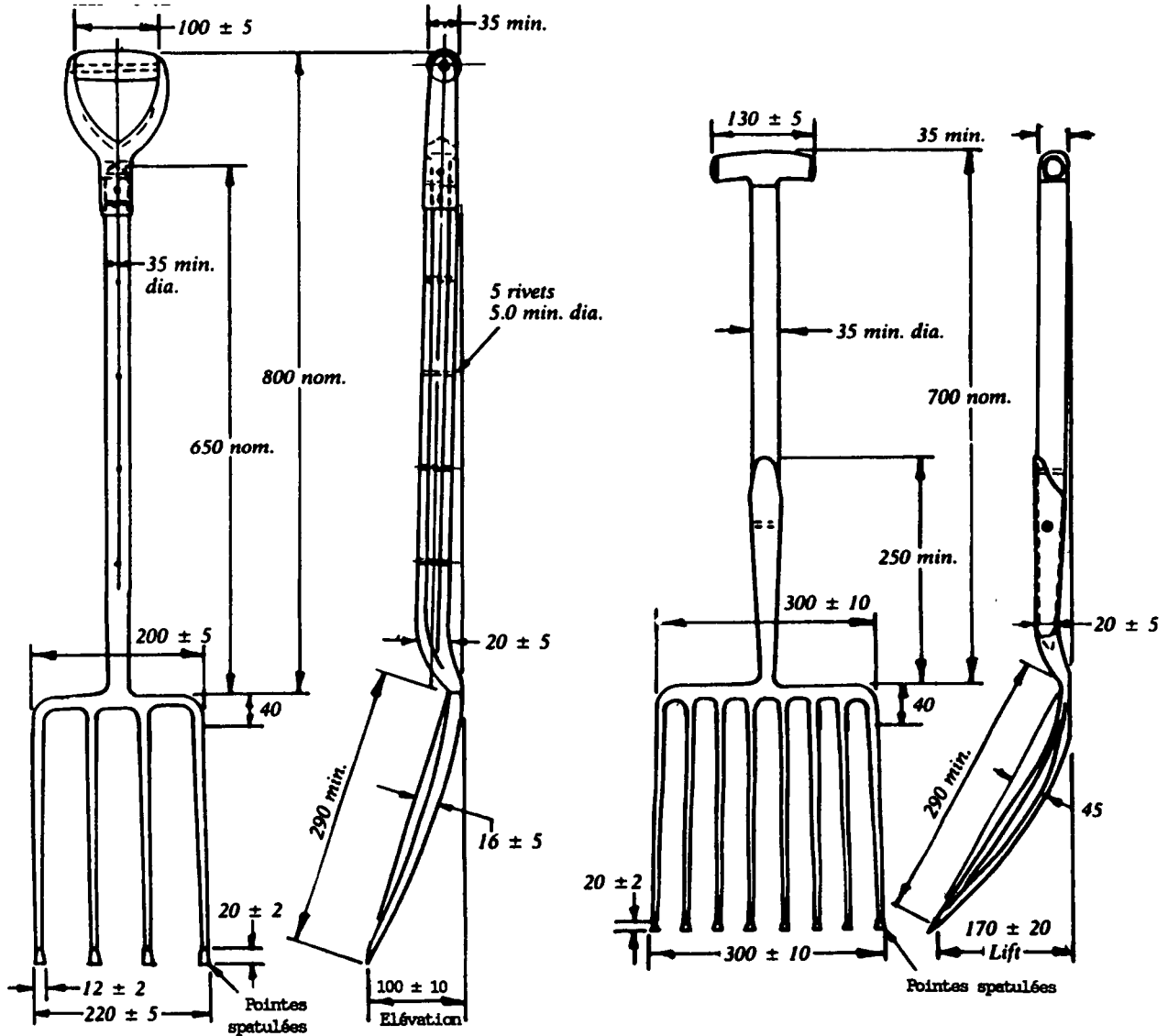
Une pelle ou une bêche de qualité peuvent être utilisées plusieurs années. Mais diverses raisons peuvent expliquer leur usure rapide:

- \* *La poignée ou garde:* une poignée bon marché et de qualité médiocre constitue un défaut courant - provenant le plus souvent d'un étrier en métal ou d'un dé en bois. Un modèle simple et robuste est la poignée en béquille, fixée par un joint en tenon et une colle résistant à l'eau.
- \* *Le manche:* il présente souvent un point faible, surtout lorsqu'il est fixé par une douille, puisque son diamètre doit être réduit pour qu'il puisse pénétrer dans la douille de métal. On procède de cette façon pour obtenir un joint lisse. Si ce raccordement est plus commode pour saisir le manche, il est préférable de réduire progressivement le diamètre du manche et d'arrondir les rebords de la douille. Une douille en sifflet ou un raccordement à pattes métalliques est préférable à cet égard.
- \* *La douille:* elle ne doit laisser dépasser le manche que très légèrement. Si le métal n'enserme pas entièrement le manche en bois, la douille tend à s'ouvrir malgré les rivets, qui risquent de transpercer le manche.
- \* *Les soudures:* lorsque des pattes métalliques ou les douilles sont soudées à une lame en acier forgé, comme dans le cas d'outils monobloc, ou lorsque les pattes métalliques d'un outil à fêrule sont soudées au bourrelet, les défauts de soudure invisibles peuvent créer des risques de corrosion. Ces défauts éventuels expliquent la supériorité des outils monobloc.
- \* *Flambage:* les outils en tôle d'acier emboutie doivent présenter dans les deux sens un rayon de courbure adéquat pour que les parties soumises à de fortes pressions soient rigides, mais en général ils ne sont pas aussi résistants que les outils en acier monobloc car la tôle se déforme, en particulier si elle a déjà été endommagée par les chocs.
- \* *Usure:* une lame qui n'est pas fabriquée en acier au carbone traité à la chaleur peut s'user très rapidement sous l'effet de l'abrasion due à de gros agrégats.

Figure C-13. Normes britanniques des fourches

Fourche à trancher

Fourche de carrier



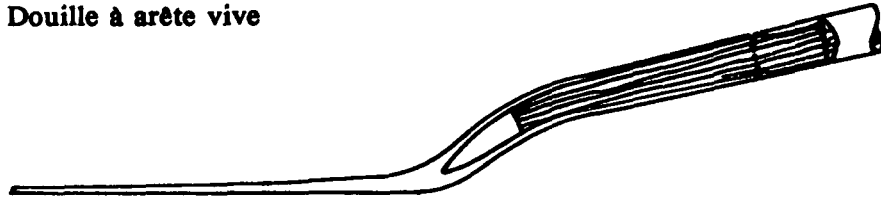
Note: Les dimensions sont en millimètres;  
Source: Banque Mondiale.



Les figures C-14 et C-15 donnent des détails de construction des manches et poignées.

Figure C-14. Détails des raccordements des manches de fourches, pelles ou bèches

Douille à arête vive



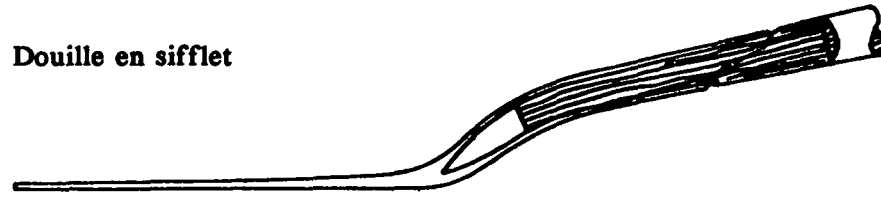
Mauvais raccordement en raison de la rupture de diamètre au point d'assemblage, sans doute pour donner une apparence plus nette.

Douille à arête vive



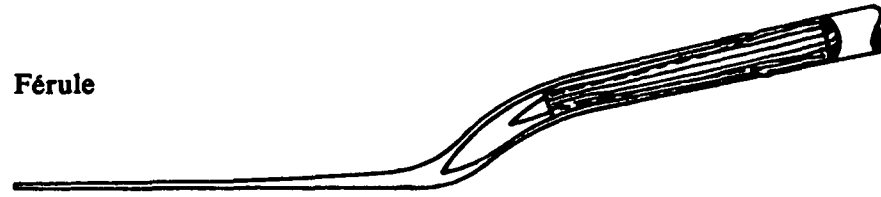
Raccordement meilleur grâce au changement progressif de diamètre et à l'arête moulée de la douille afin d'éviter les blessures aux mains.

Douille en sifflet



Bon raccordement avec biseau suffisamment long. Les douilles en biseau ou en V conviennent aussi bien.

Férule



Le manche est très résistant, surtout si les pattes métalliques sont longues. Si les pattes ne sont pas plus longues qu'une douille ordinaire, elles ne présentent guère d'avantages, comme le montre la figure.

Source: Banque Mondiale.

*Dimensions*

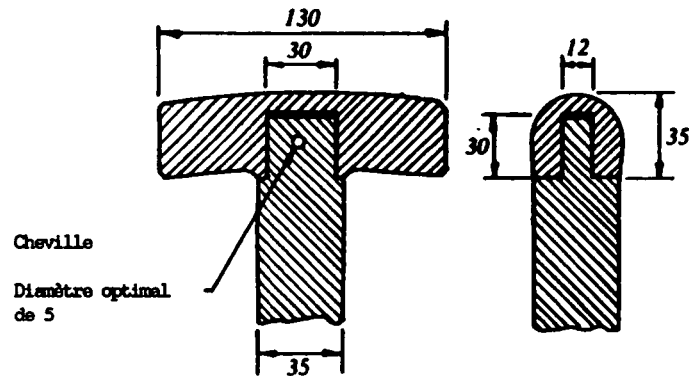
Il existe de nombreux types de pelles correspondant à des lames de dimensions différentes. La surface des lames varie entre 0,04 et 0,10 mètre carré. Ces lames peuvent contenir environ 9,5 kg de matériaux non agglomérés. La densité de la plupart des sols et agrégats non agglomérés va de 1.000 à 2.000 kg/m<sup>3</sup> et, pour la plupart des travaux de génie civil, des lames de 0,04 à 0,07 m<sup>2</sup> suffisent.

La longueur des manches varie entre 0,61, 0,71 et 0,91 mètre, la plus courante étant 0,71 mètre, bien que les pelles à long manche soient populaires dans certains pays. Les manches ont alors 1,2 à 1,4 mètre. La dimension des manches doit être fonction de la stature de la main-d'oeuvre. Un travailleur kényen, par exemple, est plus grand et plus trapu qu'un ouvrier indien ou indonésien.

Les fabricants n'indiquent généralement pas le poids des pelles. Un outil utilisé pour de gros travaux pèse environ 1,6 kg et un outil de fabrication très solide ne doit pas dépasser 2 kg. L'outil doit être le plus léger possible à condition qu'il soit suffisamment résistant. L'épaisseur minimum de la lame métallique d'une pelle doit être d'environ 1,75 mm dans le cas de lames en acier forgé. Les lames en tôle emboutie présentent obligatoirement la même épaisseur sur toute leur surface, mais le maximum doit être 2,5 mm.

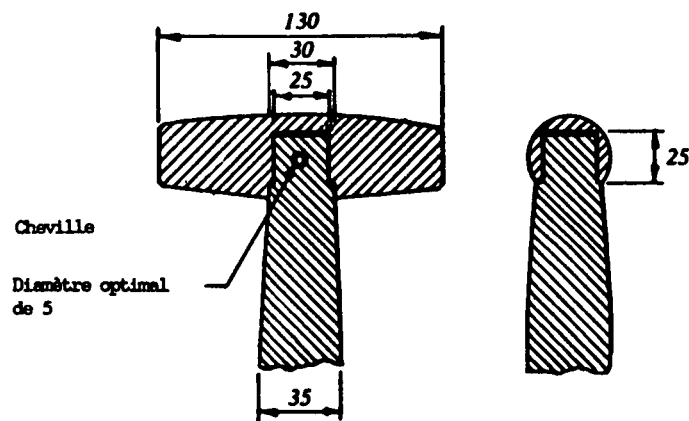
Figure C-15. Détail des poignées de fourches, pelles et bèches

#### Béquille



Fixation par tenon et colle hydrofuge

#### Béquille bombée



Fixation par tenon et colle hydrofuge. Construction probablement plus simple mais moins satisfaisante que ci-dessus.

Note: Les dimensions sont en millimètres.

Source: Banque Mondiale.

*Essais*

Des essais de résistance à la déformation sont prescrits dans les normes précédemment mentionnées. La lame de l'outil est solidement calée en position horizontale. La norme britannique prescrit de faire peser sur la poignée une charge de 65 kg et l'outil doit résister deux minutes sans être endommagé ni se déformer de façon permanente de plus de 25 mm. La norme indienne exige un poids de 50 kg et permet une déformation de 100 mm comme dans le cas des pelles ordinaires. Elle prescrit aussi un test de résistance à la flexion dans lequel la lame est calée à 40 mm du bord. Le manche est ensuite forcé à un angle de 5° et 10°, puis relâché et il ne doit en résulter aucun dommage permanent. Cet essai, destiné aux outils en tôle emboutie, ne convient probablement pas aux outils en acier forgé. Le programme de routes rurales d'accès du Kenya prévoit un essai combiné de résistance à la déformation et à la torsion. L'extrémité du manche est calée fermement sur une longueur de 105 mm et une charge atteignant progressivement 45 kg est suspendue à la poignée, le manche étant décalé de 150 mm par rapport à son axe. Il ne doit pas se fêler, craqueler, ni se déformer de façon permanente de plus de 25 mm.

*Entretien*

Comme dans le cas des houes, il est difficile de maintenir toujours bien affûté le tranchant des pelles et bèches. Toutefois, pour travailler des sols fins et cohésifs, la lame doit rester affûtée comme le prescrit la norme britannique. Les poignées et manches ayant joué doivent être resserrés, sinon ils peuvent être dangereux et rendent l'outil beaucoup moins efficace.

*Utilisations*

Dans de nombreux pays en développement, la houe est mieux adaptée que la pelle aux conditions et aux méthodes de travail locales. Il peut toutefois être avantageux d'utiliser des pelles, principalement pour le chargement, mais parfois aussi pour l'excavation. Les pelles carrées sont rarement utiles dans les terrassements mais excellentes pour empiler des matériaux non agglomérés. La pelle arrondie convient mieux dans la plupart des cas parce qu'elle offre moins de résistance à la pénétration, surtout si elle est pointue. La fourche est à préférer dans les agrégats grossiers. Les avantages des pelles sur les houes sont manifestes lorsque le matériau doit être jeté horizontalement ou verticalement, à 5 mètres ou 2 mètres respectivement. Les pelles à long manche conviennent peut-être mieux pour de plus grandes hauteurs, comme lorsqu'il s'agit de charger un camion à rabattement latéral ou d'extraire les matériaux d'une tranchée profonde. Il est probablement plus facile d'étendre une fine couche de matériau sur une surface étendue à l'aide d'un outil à long manche. La longueur du manche permet un jet de pelle d'un plus grand rayon, donc une plus grande rapidité, mais il impose une charge utile plus légère que celle que permet une pelle à manche plus court. L'utilisation des manches longs dépend sans doute autant de l'habitude de la main-d'oeuvre que de leurs avantages mécaniques.

**MASSES DE CARRIERS**

Les masses utilisées pour obtenir des graviers et des agrégats pèsent en général 0,5 à 1 kg lorsqu'elles sont utilisées d'une main et de 3 à 5 kg lorsqu'elles doivent être utilisées à deux mains. La figure C-16 et le tableau C-6 décrivent de façon détaillée les masses de carriers courantes. On trouvera illustrées sur la figure C-17 diverses masses (y compris les

marteaux de forgeron) utilisées en maçonnerie, dans les carrières et pour d'autres activités.

La norme britannique BS876 "Spécifications des masses manuelles" donne les normes de plusieurs types de masses, notamment les marteaux de carriers et de forgerons.

Les têtes de marteaux doivent être fabriquées dans un acier de toute première qualité. La norme britannique prescrit un acier calmé au silicium à forger EN9, répondant à la distribution granulométrique voulue, et elle exige d'informer le fabricant que ce matériau va être utilisé dans la fabrication de têtes de marteaux. L'acier EN9 est un acier au carbone à 0,55 (contenant 0,5-0,6 % de carbone et 0,5-0,8 % de manganèse).

Après avoir été forgées, les têtes des marteaux doivent être normalisées afin d'affiner la structure de l'acier et d'éliminer les déformations dues au forgeage. Les faces percutantes sont alors trempées et recuites afin d'atteindre une dureté de 520 à 640 sur l'échelle de dureté de Vickers. La partie durcie ne doit pas dépasser la moitié de la panne par rapport à l'oeil. La qualité du bois des manches est aussi particulièrement importante. Les manches des marteaux de forgeron doivent être de noyer blanc, tandis que ceux des masses de carriers peuvent être en noyer ou en frêne.

Les marteaux utilisés pour concasser les pierres doivent être particulièrement robustes. Les têtes dont la face percutante s'aplatit et les manches courts, inefficaces et se rompant facilement, sont très courants et réduisent sensiblement la cadence de production.

Tableau C-6. Dimensions des masses de carriers courantes (mm)

Poids nominal (kg)	A	E	F	G	J	K	R	L	S	T	U	V	W	X	Y
0,45	95	19	29	22	27	43	14	450	125	225	150	32x22	25	22x16	25x18
0,68	109	19	29	25	32	49	17	600	167	300	200	32x22	25	22x16	25x18
0,91	117	25	38	25	37	51	19	750	208	375	250	41x28	28	25x18	27x20

*Note:* Les lettres des colonnes se réfèrent aux indications de la figure C-16.

Source: Banque Mondiale.

Par rapport aux autres marteaux, les masses de carriers sont relativement longues et élancées, qu'il s'agisse de la forme de la tête ou de celle du manche. Les dimensions des têtes de masses de carriers indiquées dans la figure C-16 sont celles des normes britanniques. La figure donne aussi les dimensions des manches appropriés.

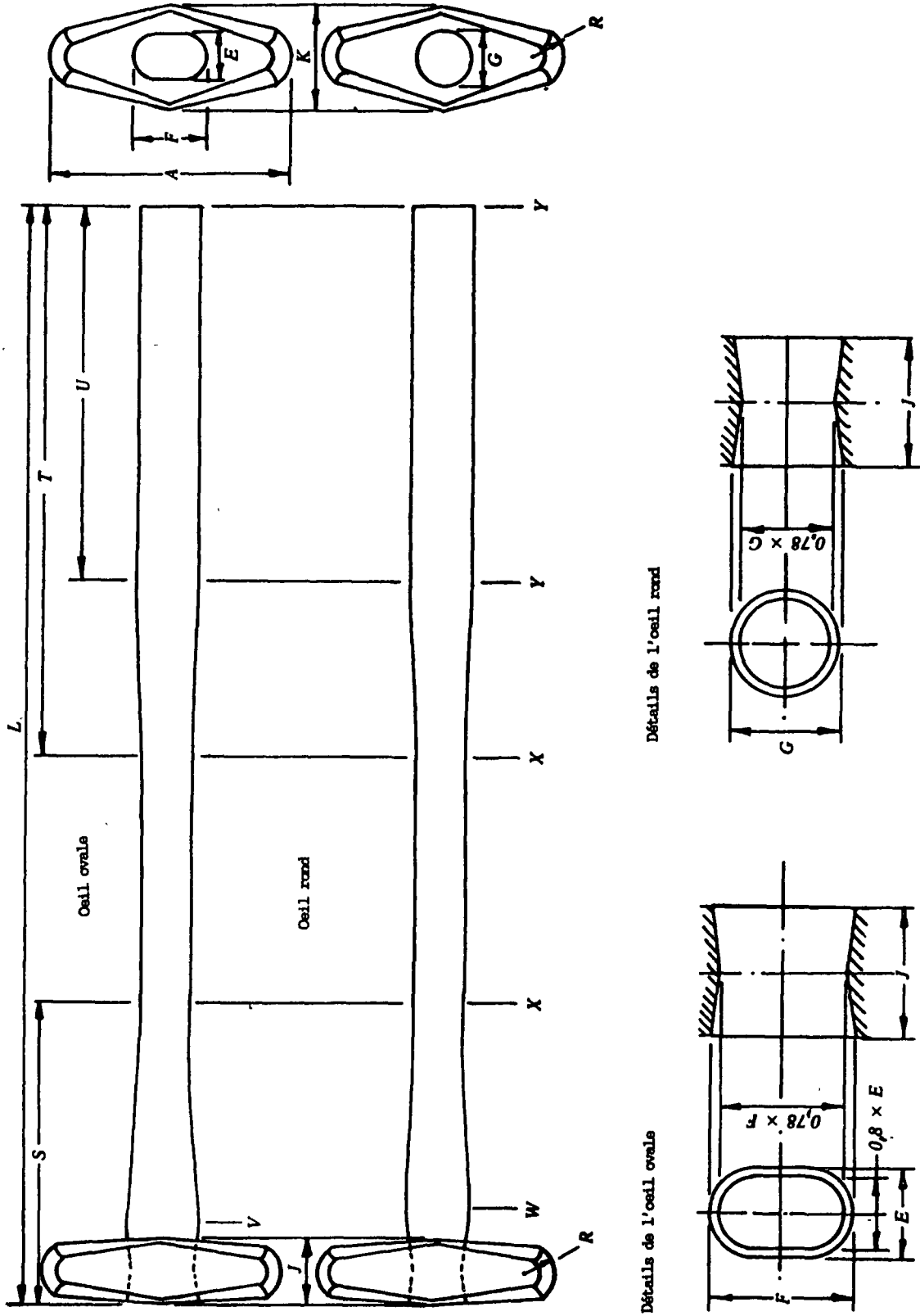
Les dimensions des marteaux de forgeron ne sont pas indiquées ici puisqu'on peut se les procurer facilement. Le marteau de forgeron était à l'origine un outil de forge convenant au travail du fer et de l'acier. Pour concasser de gros blocs de pierres ou des roches extraites de carrières, les faces des marteaux de forgeron ne sont pas suffisamment convexes et

*Spécifications normales*

*Matériaux et construction*





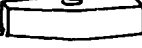





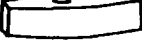



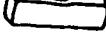








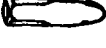
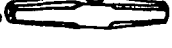
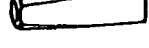
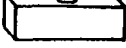

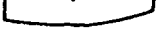



*Forme et dimensions*

Figure C-16. Masses de carriers



Source: Banque Maritime.

Figure C-17. Types de têtes de marteaux

	14 livres Maillet de maçon		N° 6331 12 livres		
	N° 350 7 livres Masse à faces brillantes		N° 355 7 livres Masse à panne sphérique		N° 375 14 livres Masse à débiter à faces brillantes
	N° 681 7 livres Masse à faces noires		N° 380 7 livres Marteau de couvreur		N° 6300 16 livres Masse à débiter à faces noires
	N° 352 7 livres Masse à faces brillantes, oeil central		N° 357 6 livres Perfomarteau		N° 6315 12 livres Masse à débiter biseautée
	N° 6307 7 livres Masse à faces noires oeil central		N° 359 6 livres Masse à bosseler		N° 6311 16 livres Tête
	N° 677 7 livres Masse carrée faces noires		N° 358A 6 livres Masse à face bombée		N° 373 14 livres Tête
	N° 622 7 livres Masse carrée faces noires oeil central		N° 360 7 livres Marteau chasse coin à oeil latéral		N° 374 14 livres Bloc de battage
	N° 353 7 livres Masse anglaise à panne en travers		N° 361 7 livres Marteau chasse coin à oeil latéral		N° 379 14 livres Chasse coin
	N° 354 7 livres Masse anglaise à panne en long		N° 362 7 livres Marteau à panne fendue		N° 487 14 livres Polka
	N° 376 14 livres Masse de carrier		N° 6313 12 livres Masse de maçon à panne aiguisée		N° 383 12 livres Tête
	N° 6312 12 livres Masse de carrier à panne en biseau		N° 484 7 livres Tête		N° 6314 12 livres Masse de maçon

Note: 6 livres = 2,7 kg; 7 livres = 3,2 kg; 12 livres = 5,4 kg; 14 livres = 6,4 kg; 16 livres = 7,3 kg.

Source: Reproduit avec l'autorisation de Stockton Heath Forge (Caldwells), Ltd. Lancashire, R.U.

leur tête est trop courte et large pour que l'on puisse donner des coups précis. Une tête ayant les proportions de celles du No. 362 ou du No. 484 de la figure C-17 conviendrait probablement mieux à cet égard.

La norme britannique indiquée prescrit un essai de dureté des faces et un essai de fissilité magnétique, outre trois essais acoustiques, dont un contrôle de son et deux essais de percussion. Le contrôle de son est utile et doit être réalisé sur le chantier chaque fois que le manche est fixé ou remplacé. Le contrôle se déroule de la façon suivante: la tête de la masse est suspendue par l'oeil et les faces percutantes sont frappées à l'aide d'un marteau à panne ronde de 1/8 kg. La tête de la masse doit rendre un son clair et métallique.

*Essais et entretien*

L'entretien des marteaux consiste simplement à vérifier que la tête ne comporte pas de défauts, à partir des essais qui viennent d'être décrits, et qu'elle est solidement raccordée à un manche qui ne doit pas révéler de dommages à l'inspection. Une tête fêlée ou mal serrée, un manche peu résistant, sont manifestement dangereux.

## SPECIFICATIONS

On trouvera dans les pages qui suivent les spécifications correspondant aux normes britanniques pour la fabrication et l'achat sur place d'outils manuels et de matériel simple utilisés dans le programme de routes rurales d'accès du Kenya.

### *Spécification No. 105: Pelle (arrondie, à douille ouverte)*

1. La nomenclature et les dimensions figurent dans la partie A de la figure C-18.
2. *Matériaux:* les lame d'acier ont les spécifications suivantes:

	<i>Pourcentages</i>
Carbone	0,40/0,50
Manganèse	0,50/0,80
Phosphore	0,05 max.
Soufre	0,05 max.

Les manches doivent être en bois dur sans défaut (comme l'eucalyptus) et étuvé pour que la teneur en humidité ne dépasse pas 20 %.

3. *Construction:* La lame et la douille seront d'une seule pièce, en acier d'une épaisseur minimum de 1,75 mm, sans fêlures ni autres défauts. Le manche sera en bois en forme de béquille ou en métal en forme d'étrier (avec poignée en bois), comme l'indique la partie B de la figure C-18.

4. *Essais de résistance et de dureté:*

a. L'outil étant calé comme l'indique la figure C-18, partie B, une charge portée progressivement à 50 kg est suspendue à la poignée pendant deux minutes. Lorsqu'elle est enlevée, aucun dommage ne doit apparaître et aucune partie ne doit être desserrée, et le manche ne doit pas présenter de déformation permanente de plus de 25 mm à la poignée.

b. La lame doit avoir une dureté Brinell B de 190-240.

5. *Marquage:* la lame et la douille de la pelle doivent clairement indiquer à l'encre indélébile:

Le nom du fabricant ou la marque

Le chiffre 105

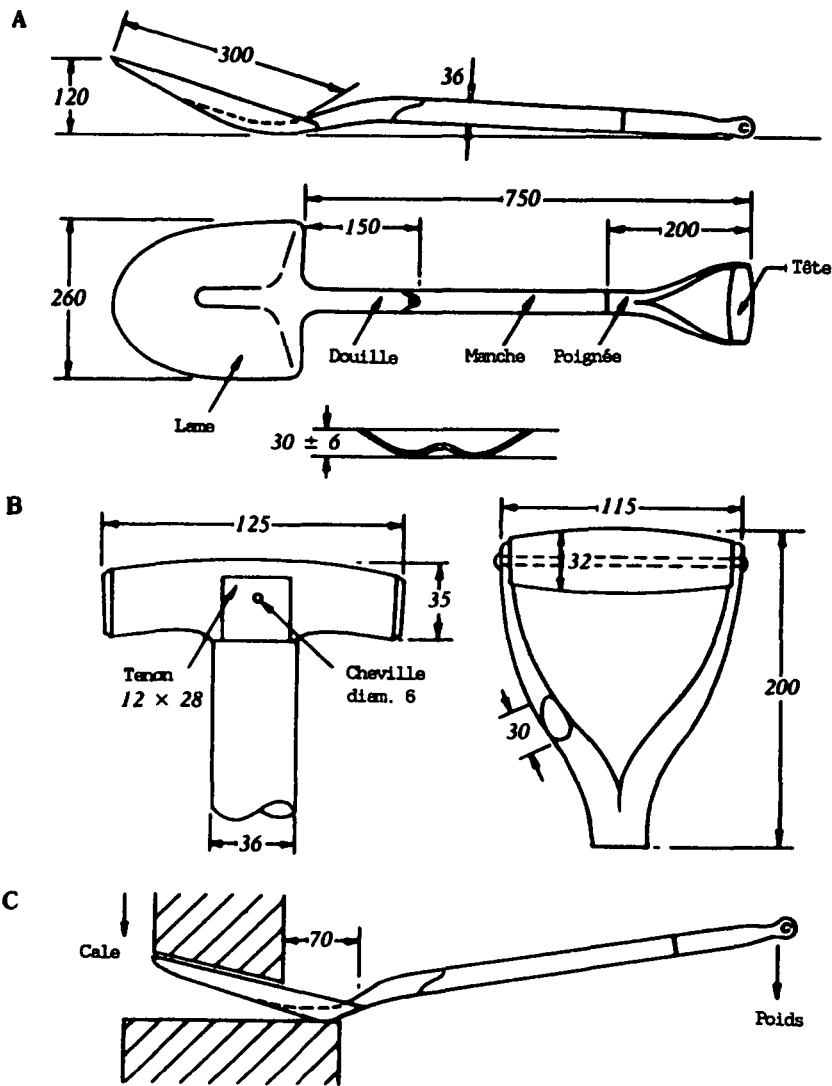
### *Spécification No. 106: Houe (simple)*

1. Les dimensions sont indiquées sur la figure C-19, partie A.
2. Le poids doit être de 1,5 kg (+ 10 %, -5 %).
3. *Spécifications des matériaux (acier):*

	<i>Pourcentages</i>
Carbone	0,40/0,50
Manganèse	0,50/0,80
Phosphore	0,05 max.
Soufre	0,05 max.

4. *Traitement à la chaleur et dureté:* Après forgeage et normalisation, la lame de la houe sera durcie et trempée de façon à avoir une dureté Rockwell C de 40/46 à moins de 50 mm du tranchant. La zone durcie ne couvrira pas plus de la moitié de la lame.

Figure C-18. Spécifications: Pelle



*Note:* Les dimensions sont en millimètres.

Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

5. *Construction:* Le forgeage doit être symétrique et sans défaut. Toutes les bavures doivent être éliminées. L'intérieur de l'oeil doit être meulé et avoir une conicité uniforme, l'oeil lui-même doit être au centre de la lame. Le tranchant doit être aiguisé.

6. *Essais de résistance:* Le manche en bois courant étant fixé et la lame calée comme l'indique la figure C-19, partie B, on porte progressivement à 45 kg une charge suspendue à l'extrémité du manche pendant deux minutes. Une fois la charge enlevée, la tête de l'outil ne doit pas être endommagée et le manche ne doit être ni desserré ni présenter une déformation permanente de plus de 25 mm à l'extrémité.



7. *Marquage:* La pièce forgée doit indiquer clairement et de façon indélébile:

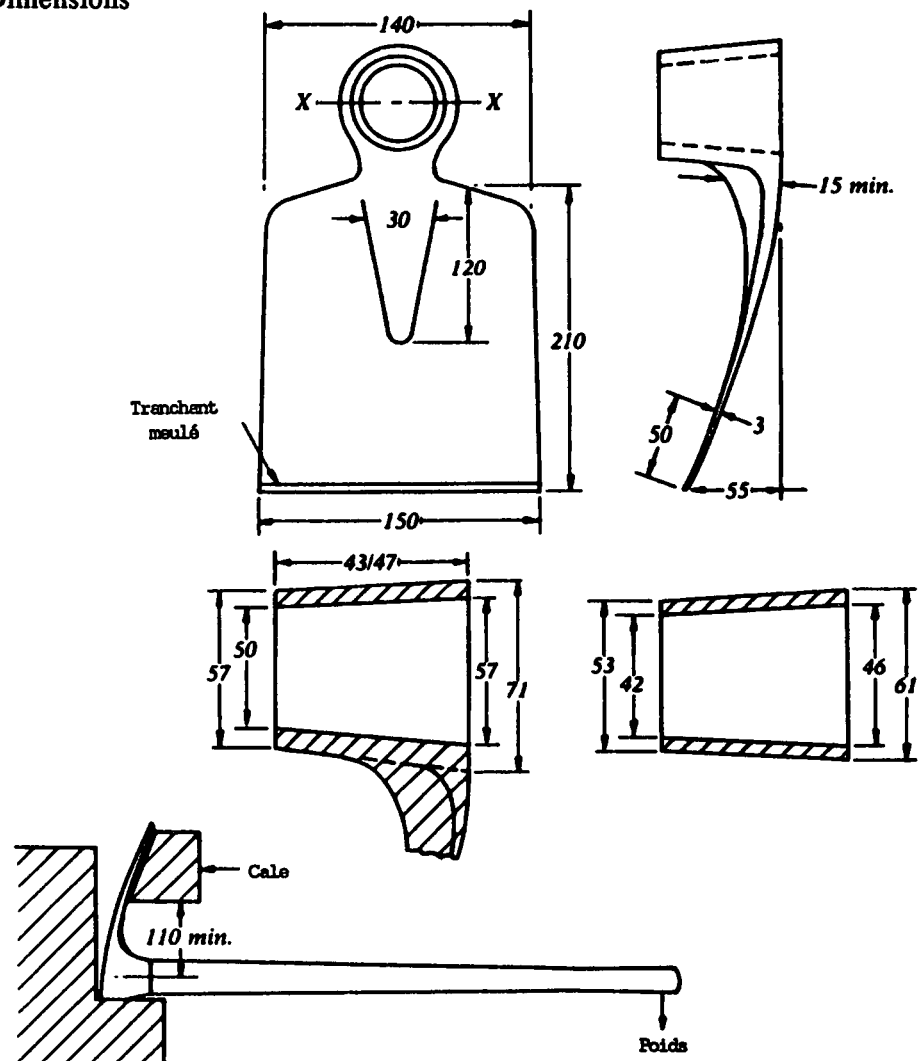
Le nom du fabricant ou la marque  
Le chiffre 106  
Le poids nominal

8. *Traitement de préservation:* La tête sera entièrement vernie.

*Note:* La houe peut être constituée de deux pièces soudées sous réserve d'approbation écrite de la construction et des spécifications des matériaux. Les houes soudées doivent être conformes aux prescriptions de la spécification No 106.

Figure C-19. Spécifications: Houe

A. Dimensions

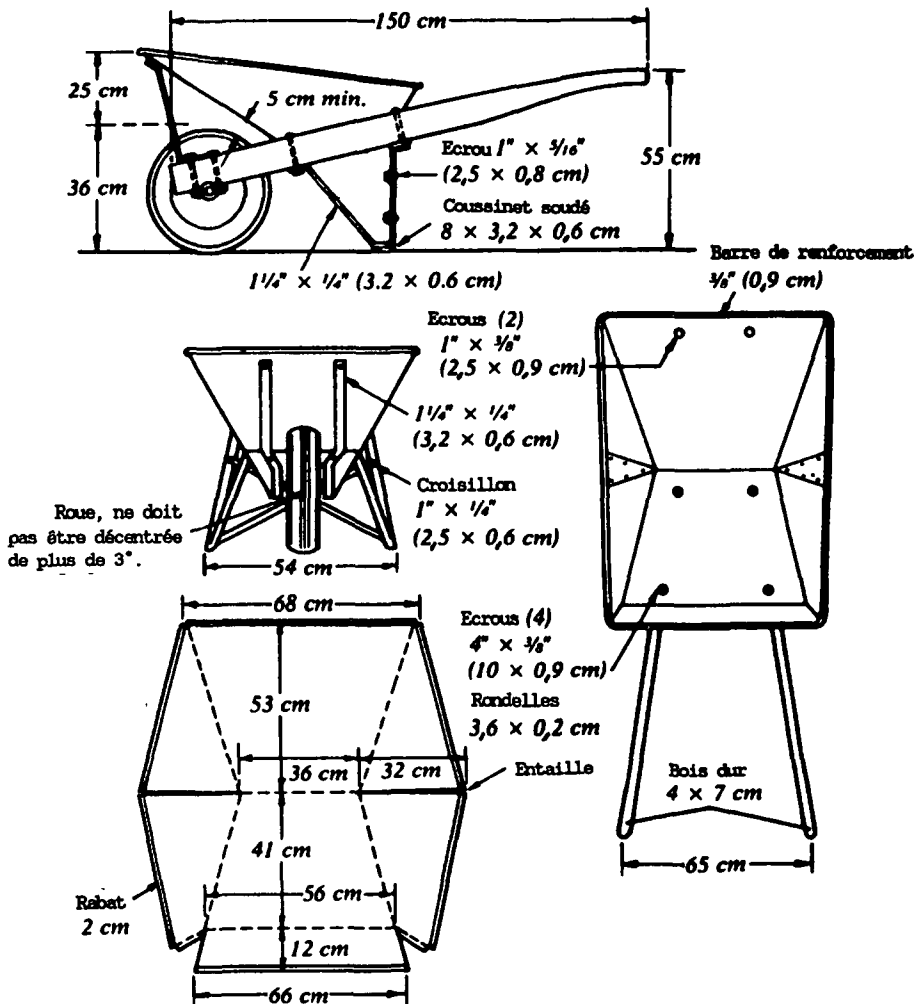


*Note:* Les dimensions sont en millimètres.

Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

Figure C-20. Spécifications: Brouette

## A. Dimensions



1. La disposition générale, la construction et les dimensions sont reproduites dans les parties A et B de la figure C-20.

2. *Manches:* En bois dur (eucalyptus, etc.) de 40 x 70 mm, les poignées ayant une forme appropriée. Le bois doit être séché pour ne pas contenir plus de 20 % d'humidité.

3. *Caisse:* En tôle de 1,22 mm (calibre 18) pliée et rivée, avec barre de renforcement insérée dans le rebord supérieur. Capacité à ras: 70 litres.

4. *Fixation de la caisse aux manches:* Quatre boulons de 10 mm de diamètre et 100 mm de long, avec rondelles de 36 mm x 1,5 mm placées sous le boulon à tête ronde aplatie. Ecrous avec rondelles à ressort.

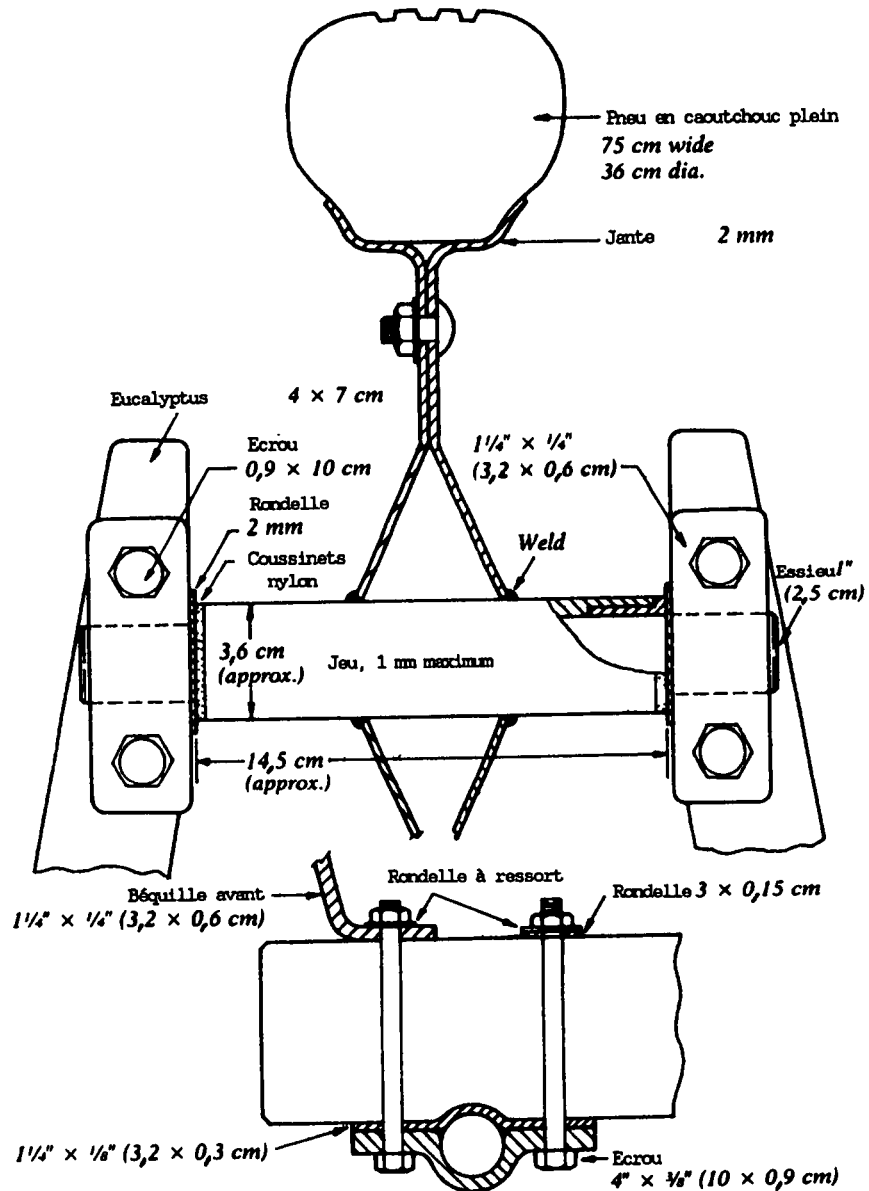
5. *Pieds:* Deux béquilles d'acier de 6 mm x 30 mm fixées par des boulons (voir 4 ci-dessus). Deux coussinets d'acier de 5 mm soudés.

6. *Armature avant:* Deux bandes d'acier de 6 mm x 30 mm fixées par des écrous de 10 mm.

7. *Béquilles contreventées:* Deux bandes d'acier de 6 mm x 25 mm fixées au pied par des boulons de 8 mm x 25 mm. Les bandes sont soudées au centre pour former un X rigide.

*Spécification No. 107:  
Brouette (Modèle TU)*

## B. Fixation de l'essieu au cadre



Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

8. *Essieu*: En acier poli de 25 mm de diamètre et 220 mm de long, fixé à un cadre en bois au moyen de deux rallonges métalliques de 6 mm x 30 mm et de deux coussinets amortisseurs en acier de 3 mm x 30 mm et de deux boulons de 10 mm. (Voir partie B de la figure C-20.)

9. *Roue*: Deux disques d'acier embouti de 2 mm (calibre 14), soudés à un moyeu en tube d'acier de 36 mm de diamètre, 145 mm de long et fixés par six boulons de 8 mm de diamètre, 12 mm de long, de 170 mm de diamètre. Deux coussinets en nylon/bisulfure de molybdène de 24 mm de long sont fixés par pression au moyeu. (Voir partie B de la figure C-20.)

10. *Pneu*: En caoutchouc plein de 360 mm de diamètre x 75 mm de large. Bande de roulement appropriée selon le cas. (Voir partie B de la figure C-20.)

11. *Marquage*: La brouette doit indiquer clairement et de façon indélébile:

Le nom du fabricant ou la marque  
Le chiffre 107

12. *Traitement*: L'essieu, deux écrous de 2 mm à butée latérale, et tous les boulons doivent être protégés avant le montage par un traitement contre la rouille. La brouette (à l'exception du pneu) sera nettoyée, traitée et recouverte d'une couche d'enduit protecteur.

*Notes:*

- Le dégagement minimum entre le pneu et la caisse doit être de 50 mm.
- Deux rondelles mobiles de 2 mm d'épaisseur seront insérées entre les extrémités du moyeu et le cadre en bois pour fixer perpendiculairement la roue. Le jeu sera de 1 mm au maximum.
- Après montage final, la roue et le pneu doivent tourner librement et ne pas être décentrés de plus de 3°.

- Les dimensions sont indiquées sur la figure C-21, partie A.
- Le poids est de 1,5 kg (+ 10 %, - 5 %).
- Spécifications des matériaux (acier)*:

	<i>Pourcentages</i>
Carbone	0,40/0,50
Manganèse	0,50/0,80
Phosphore	0,05 max.
Soufre	0,05 max.

4. *Traitement à la chaleur et dureté*: L'acier sera durci et trempé afin d'obtenir un acier Rockwell C 25/30 aux épaules, passant progressivement à Rockwell C 45/50 à 50 mm des pointes.

5. *Construction*: L'outil forgé doit être symétrique et sans défaut. Toutes les bavures doivent être éliminées. L'oeil doit être poli intérieurement, d'une conicité uniforme, et doit être situé au centre de l'outil. Les dents doivent être aiguisées.

6. *Essai de résistance*: L'outil muni d'un manche en bois dur courant sera calé comme l'indique la figure C-21, partie B, et un poids porté progressivement à 45 kg sera suspendu pendant deux minutes à l'extrémité du manche. Une fois le poids enlevé, la tête de l'outil ne doit pas être endommagée ni desserrée du manche, et l'extrémité du manche ne devra pas présenter de déformation de plus de 25 mm.

7. *Marquage*: L'outil portera clairement marqué de façon indélébile:

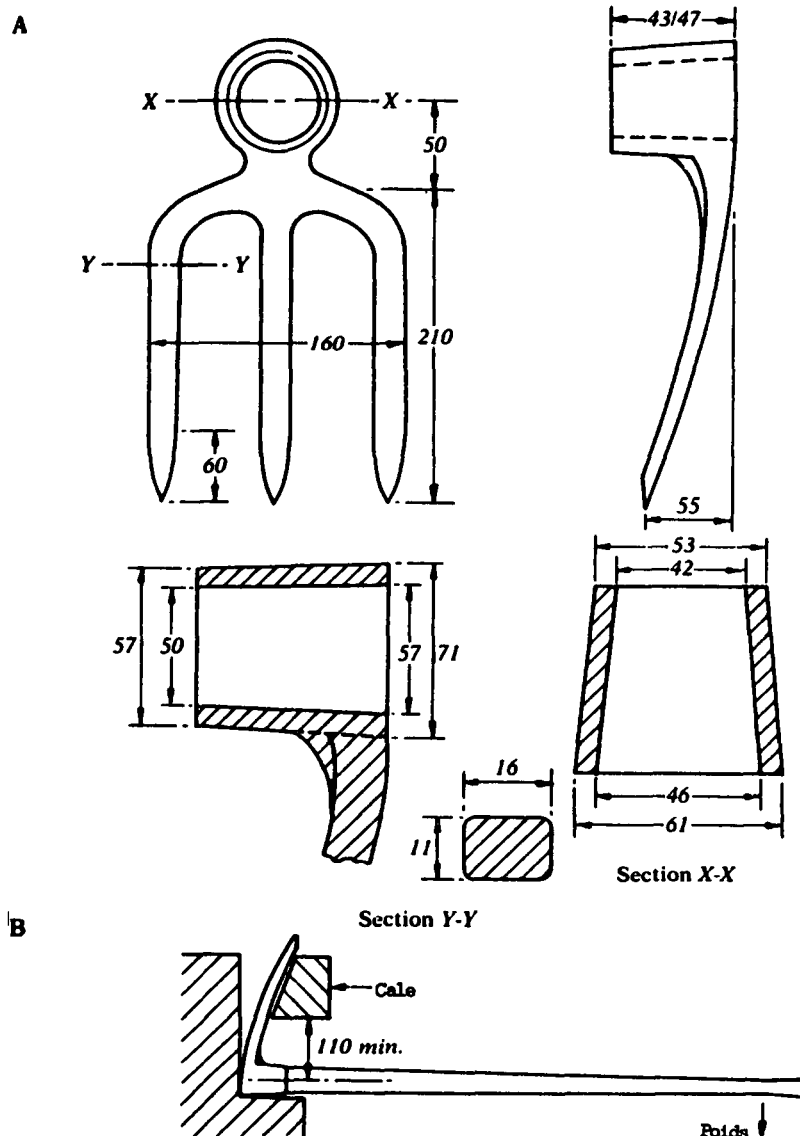
Le nom du fabricant ou la marque  
Le chiffre 108  
Le poids nominal de la tête

8. *Traitement protecteur*: La tête sera entièrement vernie.

*Spécification No. 108:*  
*Griffe*

**Note:** Les dents de la griffe peuvent être soudées à un oeil forgé sous réserve d'approbation écrite préalable de la construction et des spécifications des matériaux. Ce modèle doit être conforme à la spécification No 108.

**Figure C-21. Spécifications: Griffes**



**Note:** Les dimensions sont en millimètres.

**Source:** Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

**Spécification No. 109:**  
**Barre**

1. **Description:** la barre doit avoir 3,2 cm de diamètre, 183 cm de long, une extrémité en biseau, l'autre à pointe plate carrée, comme l'illustre la figure C-22.

2. **Matériaux:** acier à 0,45/0,55 % de carbone, durci et trempé pour obtenir un acier Rockwell C 45/50 vérifié en quatre points choisis au hasard.

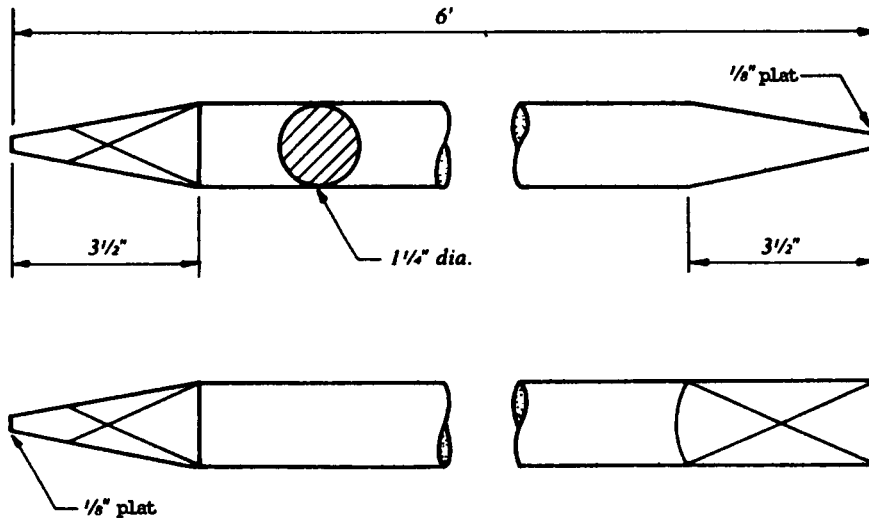
3. *Poids*: 11 kg environ.

4. *Marquage*: La barre doit porter clairement de façon indélébile:

Le nom du fabricant ou la marque

Le chiffre 109

Figure C-22. Spécifications: Barre



Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

#### A. SPECIFICATIONS GENERALES

1. La remorque sera construite pour les gros travaux, aura un seul essieu et sera hydraulique, basculant vers l'arrière. Elle aura une charge utile de 5 tonnes et une capacité à ras de 2,8 mètres cubes.

2. La remorque sera construite pour être utilisée avec un tracteur de 45 CV, équipé d'un attelage automatique et d'un réservoir à liquide hydraulique d'une capacité accrue pour que la remorque atteigne son angle d'inclinaison maximum. (Voir paragraphes A5, C1 et C3.)

3. Le corps de la benne aura les dimensions suivantes:

Longueur: 5.000 mm

Largeur: 2.300 mm

Hauteur: 1.250 mm (à l'essieu)

4. L'essieu aura 70 mm de côté (minimum) et placé de telle façon que, la remorque étant pleine, la charge transférée au tracteur ne dépasse pas 1,5 tonne et ne soit pas inférieure à 1,2 tonne.

5. L'angle d'inclinaison sera de 60° minimum.

6. Un pied robuste anti-dérapant sera fixé sous la barre d'attelage pour que la remorque puisse être attelée facilement sur sol meuble.

*Spécification No. 110:  
Remorque (5 tonnes,  
basculante)*

## B. DETAILS DE LA CONSTRUCTION

1. Le châssis sera en profilé d'acier ordinaire laminé à chaud, de 150 x 75 mm et 18 kg par mètre (minimum), d'une teneur en carbone de 0,22 % (maximum) et d'une résistance à la traction de 30 tonnes par pouce carré ou 4.650 kg par centimètre carré (minimum).
2. Le châssis comprendra un croisillon encastré soutenant et guidant la caisse. Le croisillon sera suffisamment robuste et rigide pour supporter la caisse remplie sans se déformer.
3. Le faux châssis sera en profilé d'acier laminé à chaud de 100 x 50 mm et de 10 kg par mètre (minimum) ayant les mêmes caractéristiques chimiques et la même résistance à la traction que dans le paragraphe B1.
4. La fiche de la charnière de la caisse aura 35 mm de diamètre au minimum.
5. Le fond de la caisse sera en tôle d'acier de 2 mm (minimum) d'une limite conventionnelle d'élasticité de 18 tonnes par pouce carré ou 2.800 kg par centimètre carré (minimum); chaque plaque placée transversalement aura la largeur de la caisse et sera renforcée au centre sur 200 mm au maximum.
6. Les parois latérales et frontale seront en tôle d'acier ordinaire de 2 mm ayant les mêmes caractéristiques chimiques et la même résistance à la traction que dans le paragraphe B1.
7. Les parois latérales déborderont à l'arrière de 100 mm environ afin de protéger la porte arrière, les charnières et le verrouillage.
8. La porte arrière sera articulée au bord supérieur de la caisse par des charnières incorporées et des pattes de fixation robustes; elle sera en tôle d'acier ordinaire de 3 mm ayant les mêmes caractéristiques chimiques et la même résistance à la traction que dans le paragraphe B1.
9. La porte arrière sera amovible.
10. Un verrouillage robuste équipera l'arrière de la caisse d'un côté, avec fiche sur toute la largeur.
11. L'oeil de remorquage sera en alliage d'acier traité à la chaleur afin que l'usure soit négligeable au bout de deux ans de service.
12. Le croisillon sur lequel vient buter le vérin sera suffisamment robuste pour ne pas se déformer.

## C. EQUIPEMENT HYDRAULIQUE

1. Le matériel hydraulique équipant la remorque doit être compatible avec celui du tracteur.
2. L'avant de la remorque sera équipé d'un raccordement rapide femelle, s'ouvrant verticalement vers le bas, de façon que le tuyau puisse être raccordé facilement lorsque la remorque est dételée du tracteur. Le raccordement doit être muni d'un clapet qui se ferme automatiquement lorsque le tuyau est enlevé.
3. Le vérin sera à grand rabattement, à deux niveaux et en acier chromé.
4. Les tuyaux hydrauliques seront tressés à un seul treillis et disposés de façon à être endommagés le moins possible en cas d'utilisation intensive.

## D. PNEUS, ROUES ET FREINS

1. Les pneus doivent avoir des chambres à air: ils feront 11,5 x 15 (minimum), de PR 10 (minimum).
2. Les roues seront très robustes et auront les dimensions courantes indiquées ci-dessus.
3. Les freins seront à tambour, de 250 mm de diamètre au minimum et de 45 mm de largeur au minimum. Les câbles ne seront pas gainés et seront disposés de façon à être endommagés le moins possible.

## E. PEINTURE ET MARQUAGE

1. Les remorques seront enduites d'une couche de primaire rouge à l'oxyde de plomb et d'une couche de peinture jaune brillante.
2. Elles seront équipées de chevrons réfléchissants et de catadioptrés.

*Note:* Les appels d'offres pour les remorques devront comporter les rubriques suivantes:

1. *Plans:* Les plans suivants sont nécessaires:
  - Disposition générale, y compris projection latérale, vue arrière et vue d'en haut (échelle: 1:10 environ).
  - Verrouillage de la porte arrière (échelle: 1:2).
  - Charnière de la porte arrière (échelle: 1:1).
  - Raccordement rapide hydraulique, y compris clapet automatique (Echelle: 1:1).
2. *Eléments spéciaux:* Spécifications écrites du fabricant et plans pour les éléments suivants:
  - Vérin hydraulique et tuyaux
  - Raccordements hydrauliques rapides
  - Essieu
  - Moyeu et roue
3. *Garantie:* Garantie de 12 mois contre tout problème ou défaut en cas de fonctionnement dans des conditions normales, dû à des défauts de construction ou de fabrication ou à des défauts des matériaux.
4. *Stabilité des prix:* Le prix indiqué sera valable six mois à compter de la date de clôture des appels d'offres.
5. *Raccordement hydraulique du tracteur:* Le soumissionnaire devra fournir et monter les raccordements rapides ainsi que les clapets automatiques équipant les systèmes hydrauliques des tracteurs indiqués.
6. *Pièces détachées:* Les pièces suivantes sont nécessaires pour 100 remorques:

- Pneus, chambres à air et roues (20)
- Moyeu (complet) (5)
- Coussinets de moyeux (10 jeux)
- Ecrous pour roues (50)
- Vérin hydraulique (10)
- Tuyaux hydrauliques (20)
- Raccordements rapides (avec clapets) (15)
- Oeil de remorquage (10)
- Clavette de charnière (10)
- Câble de freins (10)



**Spécification No. 111:**  
**Machette (46 cm,**  
**gros travaux)**

1. Les dimensions sont indiquées dans la partie A de la figure C-23.
2. **Matériaux:** Lame d'acier au carbone à 0,52/0,60 %, traitée à la chaleur pour obtenir un acier Rockwell C 40/45 vérifié en trois points de la lame.  
 Les rivets seront en acier d'une teneur maximum en carbone de 0,15 %.  
 Les rondelles seront en acier ordinaire.  
 Les manches seront en bois dur séché d'une teneur en humidité de 20 % au maximum.
3. **Construction:** Les manches seront rivés à la machine en trois points de la lame. Voir les détails sur la figure C-23, partie B.  
 Les lames seront affûtées.
4. **Essais:** La lame sera insérée dans une fente de 10 mm de large et 150 mm de profondeur et sera inclinée de 45° dans chaque sens; elle ne devra ni se rompre ni se déformer; voir figure C-23, partie C.
5. **Traitement protecteur:** Les lames seront vernies et graissées.
6. **Marquage:** Les lames porteront clairement marqué de façon indélébile:

Le nom du fabricant ou la marque  
 Le chiffre 111

**Spécification No. 112:**  
**Pioche**

1. Les dimensions sont indiquées sur la figure C-24, partie A.
2. Poids: 2,5 kg (+ 10 %, -5 %).
3. **Matériaux (acier):**

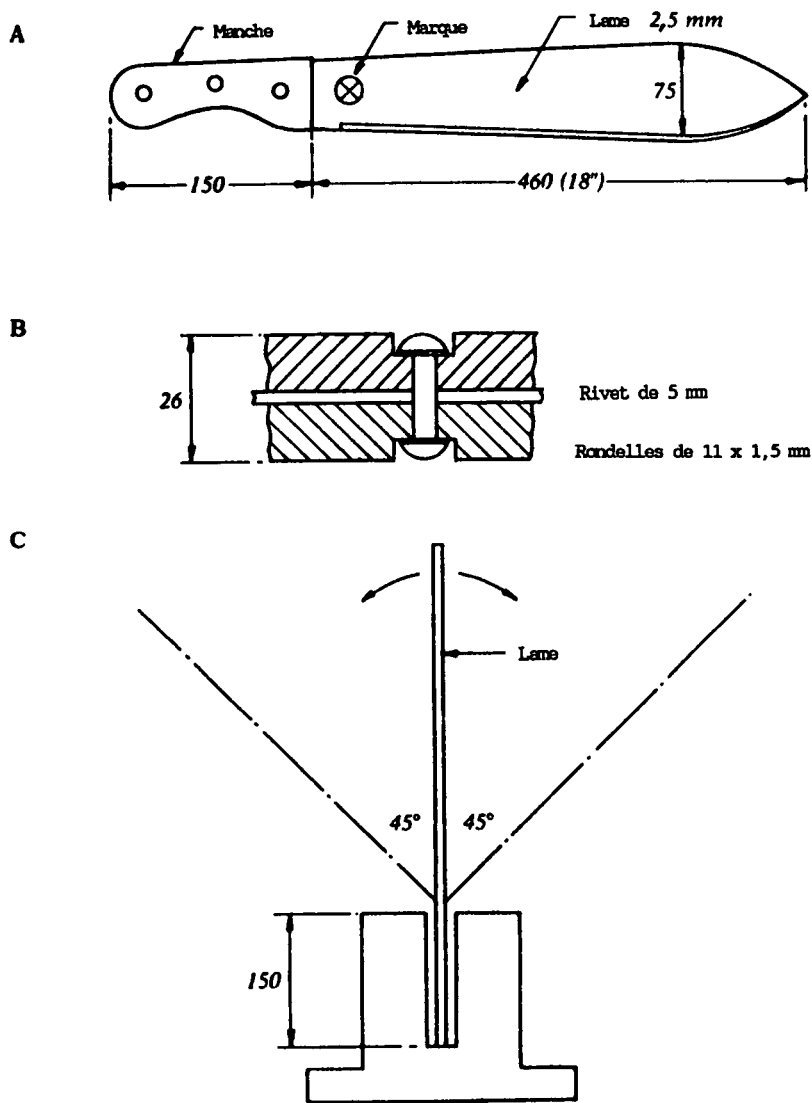
	<i>Pourcentages</i>
Carbone	0,40/0,50
Manganèse	0,50/0,80
Phosphore	0,05 max.
Soufre	0,05 max.

4. **Traitement à la chaleur et dureté:** L'outil forgé sera durci et trempé pour obtenir à l'oeil un acier Rockwell C 25/30, passant progressivement à Rockwell C 45/50 à 50 mm du tranchant.
5. **Construction:** Le forgeage doit être symétrique et sans défaut. Toutes les bavures doivent être éliminées. L'oeil doit être poli intérieurement, avoir une conicité uniforme et être placé au centre de l'outil. Les lames seront plus épaisses à l'épaule et l'épaisseur diminuera vers le tranchant, qui doit être aiguisé.
6. **Essai de résistance:** La pioche munie d'un manche en bois dur courant sera calé comme l'indique la figure C-24, partie B, et une charge portée progressivement à 45 kg sera suspendue à l'extrémité du manche pendant deux minutes. Une fois la charge enlevée, la tête de l'outil ne doit pas être endommagée ni desserrée, et le manche ne présentera pas de déformation de plus de 25 mm à l'extrémité.
7. **Marquage:** La pioche portera clairement marqué de façon indélébile:

Le nom du fabricant ou la marque  
 Le chiffre 112  
 Le poids nominal

8. **Traitement protecteur:** La tête sera entièrement vernie.

Figure C-23. Spécifications: Machette



*Note:* Les dimensions sont en millimètres.

Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

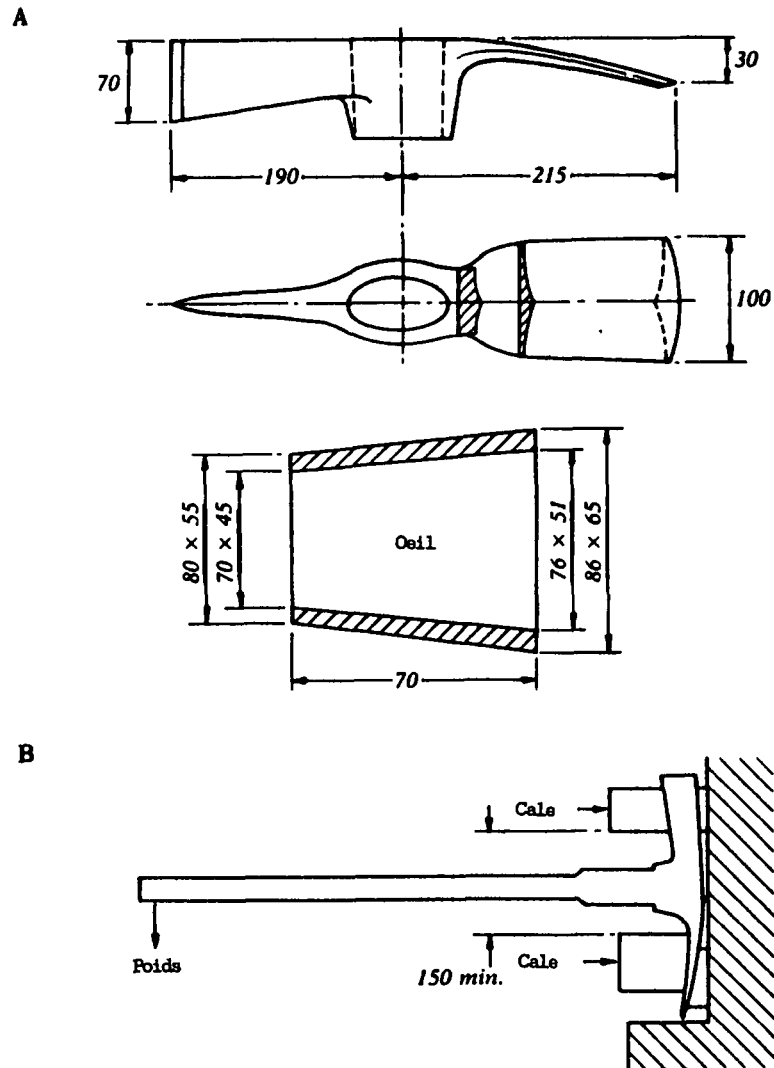
1. Les dimensions des manches normalisés sont indiquées sur la figure 25.

2. *Matériau:* Bois dur (eucalyptus, etc.) séché, d'une teneur en humidité de 20 % au maximum.

3. *Essais:* Le manche de l'outil étant calé sur une longueur de 150 mm, un poids porté progressivement à 45 kg est suspendu à l'extrémité, le manche étant excentré de 150 mm. (Cet essai peut être facilement réalisé si l'on enserre dans un tube parfaitement adapté la poignée de 35 mm de diamètre.) Le manche ne doit pas se fêler, craquer ni présenter de déformation de plus de 25 mm une fois le poids enlevé.

*Spécification No. 113:*  
*Manche de pelle*

Figure C-24. Spécifications: Pioche



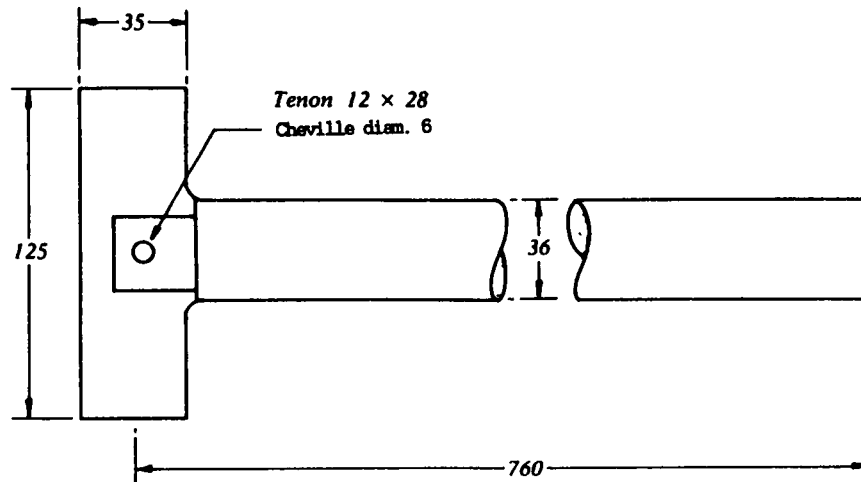
*Note:* Les dimensions sont en millimètres.

Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

4. *Echantillons:* Tout fournisseur doit remettre trois échantillons permettant l'approbation des dimensions, des matériaux et de la longueur, avant de poursuivre la fabrication.

5. *Marquage:* Les manches porteront le chiffre 113 en gros caractères.

Figure C-25. Spécifications: Manche de pelle



*Note:* Les dimensions sont en millimètres.

Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

1. Les dimensions des manches normalisés sont indiquées sur la figure C-26.

2. *Matériau:* Bois dur (eucalyptus, etc.) séché, d'une teneur en humidité de 20 % au maximum.

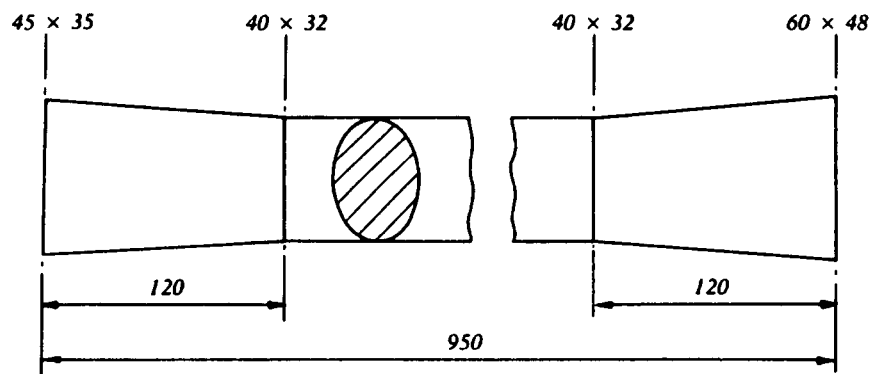
3. *Essais:* La partie la plus large étant calée sur une longueur de 120 mm, un poids porté progressivement à 45 kg sera suspendu à l'extrémité libre du manche. Celui-ci ne doit pas se fêler, craquer ni présenter de déformation de plus de 25 mm une fois le poids enlevé.

4. *Echantillons:* Tout fournisseur doit remettre trois échantillons pour approbation des dimensions, du matériau et de la longueur, avant de poursuivre la fabrication.

5. *Marquage:* Les manches doivent être marqués du chiffre 114A en gros caractères.

*Spécification No. 114A:  
Manche de houe  
et de griffe*

Figure C-26. Spécifications: Manche de houe et de griffe



*Note:* Les dimensions sont en millimètres.

Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

**Spécification No. 114B:**  
**Manche de pic**  
**et de pioche**

1. Les dimensions des manches normalisés sont indiquées sur la figure C-27.

2. *Matériau:* Bois dur (eucalyptus, etc.) séché, d'une teneur en humidité de 20 % au maximum.

3. *Essais:* La partie la plus large étant calée sur une longueur de 120 mm, un poids porté progressivement à 45 kg est suspendu à l'extrémité libre. Le manche ne doit pas se fêler, craquer ni présenter de déformation de plus de 25 mm une fois le poids enlevé.

4. *Echantillons:* Tout fournisseur doit remettre trois échantillons pour approbation des dimensions, du matériau et de la longueur, avant de poursuivre la fabrication.

5. *Marquage:* Les manches doivent être marqués du chiffre 114B en gros caractères.

**Spécification No. 114C:**  
**Manche de hache**

1. Les dimensions sont indiquées sur la figure C-28.

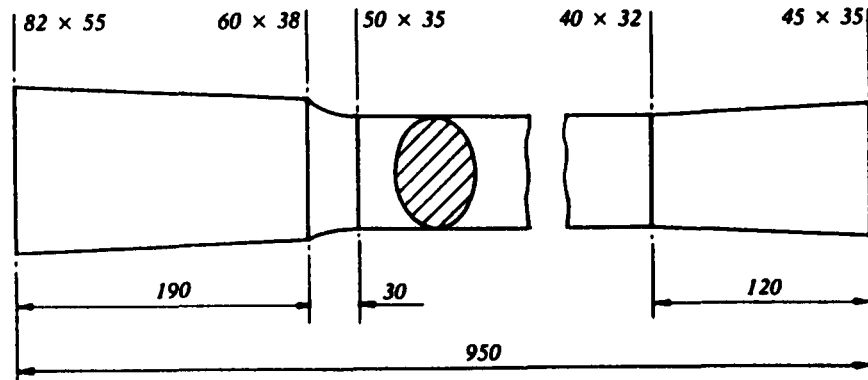
2. *Matériau:* Bois dur (eucalyptus, etc.) séché, d'une teneur en humidité de 20 % au maximum.

3. *Essais:* La partie la plus large étant calée sur une longueur de 100 mm, un poids porté progressivement à 45 kg est suspendu à l'extrémité libre pendant deux minutes. Le manche ne doit pas se fêler, craquer ni présenter de déformation de plus de 25 mm une fois le poids enlevé.

4. *Echantillons:* Tout fournisseur doit remettre trois échantillons pour approbation des dimensions, du matériau et de la longueur, avant de poursuivre la fabrication.

5. *Marquage:* Les manches doivent porter sur la poignée le chiffre 114C en gros caractères.

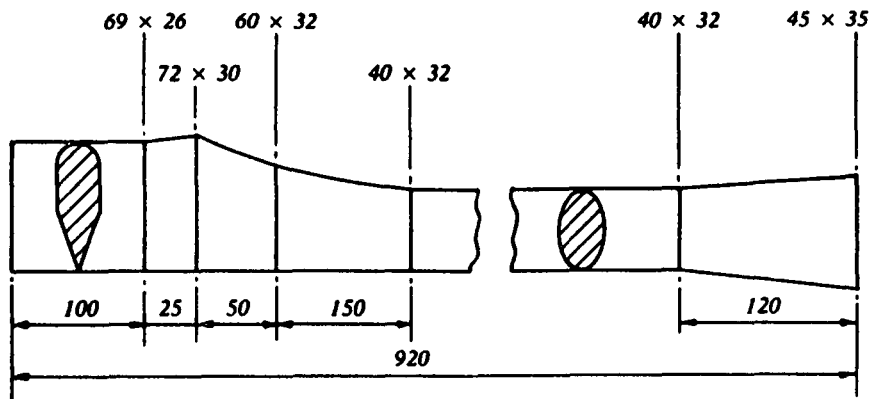
Figure C-27. Spécifications: Manche de pic et de pioche



*Note:* Les dimensions sont en millimètres.

Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

Figure C-28. Spécifications: manche de hache



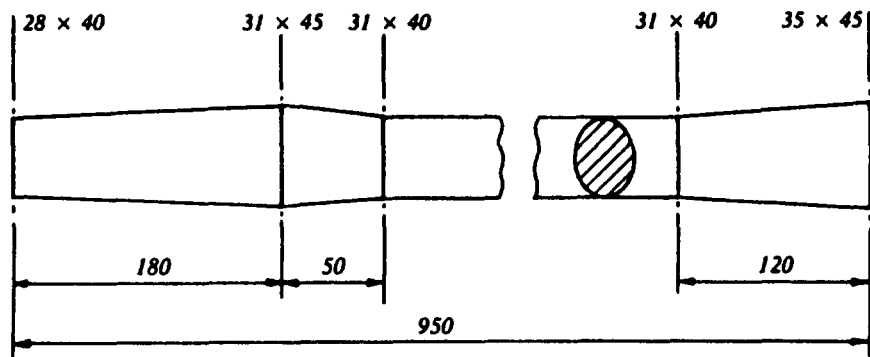
*Note:* Les dimensions sont en millimètres.

Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

1. Les dimensions sont indiquées sur la figure C-29.
2. *Matériau:* Bois dur sans défaut, d'une teneur en humidité de 20 % au maximum.
3. *Essais:* La masse étant calée sur une longueur de 150 mm, un poids porté progressivement à 40 kg est suspendu à l'extrémité libre du manche. Le manche ne doit pas se fêler, craquer ni présenter de déformation de plus de 10 mm une fois le poids enlevé.
4. *Echantillons:* Tout fournisseur doit remettre trois échantillons pour approbation des dimensions, du matériau et de la longueur, avant de poursuivre la fabrication.
5. *Marquage:* Les manches doivent être marqués en gros caractères des lettres MOW/RAR placées sur la poignée.

*Spécification No. 114E:*  
*Manche de masse*

Figure C-29. Spécifications: Manche de masse

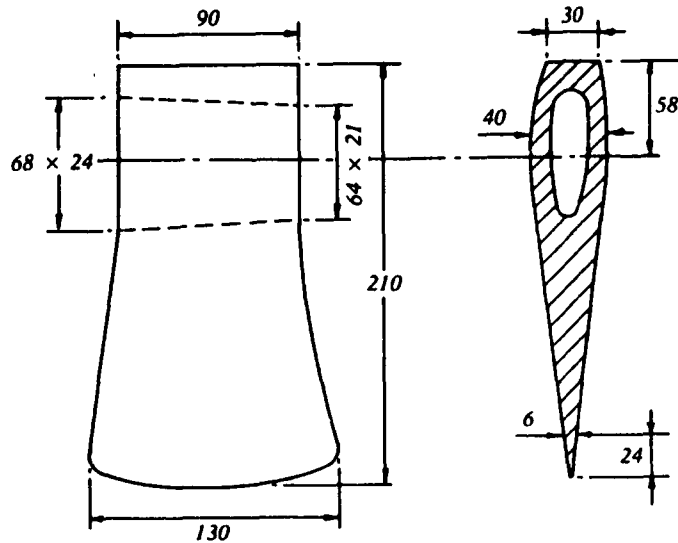


*Note:* Les dimensions sont en millimètres.

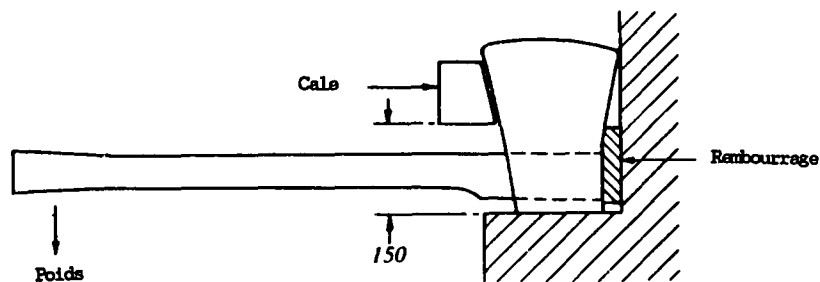
Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

Figure C-30. Spécifications: Hache

A



B



*Note:* Les dimensions sont en millimètres.

Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

*Spécification No. 115:*  
*Hache*

1. Les dimensions sont indiquées sur la figure C-30, partie A.
2. Le poids sera de 2,3 kg (+ 10 %, -5 %).
3. *Spécifications du matériau (acier):*

	<i>Pourcentages</i>
Carbone	0,55 min.
Manganèse	0,80 max.
Chrome	0,45 min.
Silicium	0,35 max.
Phosphore	0,06 max.
Soufre	0,06 max.

4. *Traitement à la chaleur et dureté:* L'outil forgé sera durci et trempé pour obtenir un acier Rockwell C 25/30 à l'oeil, atteignant progressivement Rockwell C 48/54 à 50 mm du tranchant.

5. *Construction:* Le forgeage doit être symétrique et sans défaut. Toutes les bavures doivent être éliminées. L'oeil doit être poli intérieurement, d'une conicité uniforme et doit être centré à 0,5 mm près. Le tranchant doit être aiguisé.

6. *Fixation du manche:* Les manches (selon la spécification No. 114C) peuvent être fixés au moyen de coins de bois tendre ou de colle chimique

7. *Essais:* Muni d'un manche en bois dur normalisé, l'outil est calé comme l'indique la figure C-30, partie B, et un poids porté progressivement à 45 kg est suspendu pendant deux minutes à l'extrémité du manche. Une fois le manche enlevé, la tête ne doit pas être endommagée ni desserrée, et le manche ne doit pas présenter de déformation de plus de 25 mm.

Le raccordement entre le manche et la tête doit pouvoir résister à une charge de 500 kg sans se desserrer. Le fer doit pouvoir frapper 20 fois perpendiculairement au grain d'un bloc dur sans que le tranchant soit endommagé ou que le manche se desserre.

8. *Marquage:* Le fer portera clairement marqué et de façon indélébile:

Le nom du fabricant ou la marque

Le chiffre 115

Le poids nominal

9. *Traitement protecteur:* Le fer aura un fini brillant et sera entièrement verni.

1. Les dimensions sont indiquées sur la figure C-31, partie A.
2. Le poids sera de 3,2 kg (+ 10 %, -5 %).
3. *Spécifications du matériau (acier):*

	<i>Pourcentages</i>
Carbone	0,40/0,50
Manganèse	0,50/0,80
Phosphore	0,05 max.
Soufre	0,05 max.

4. *Traitement à la chaleur et dureté:* Le fer sera durci et trempé pour obtenir un acier Rockwell C 25/30 à l'oeil, atteignant progressivement Rockwell C 45/50 à 50 mm du tranchant.

5. *Construction:* Le fer doit être symétrique et sans défaut. Toutes les bavures seront éliminées. L'oeil doit être poli intérieurement, avoir une conicité uniforme, et être placé au centre du fer. L'épaisseur du fer sera maximum à l'épaule et diminuera vers le tranchant et la pointe, qui doit être aiguisée.

6. *Essais:* Muni d'un manche en bois dur normalisé, l'outil sera calé comme l'indique la figure C-31, partie B, et un poids porté progressivement à 45 kg sera suspendu pendant deux minutes à l'extrémité du manche. Une fois le poids enlevé, la tête ne devra pas être endommagée ni desserrée, et le manche ne devra pas présenter de déformation de plus de 25 mm.

On frappera fortement le tranchant et la pointe à l'aide d'une barre d'acier doux de 25 mm de diamètre. Le fer ne doit pas se fendre ni se déformer.

*Spécification No. 116:  
Pic*

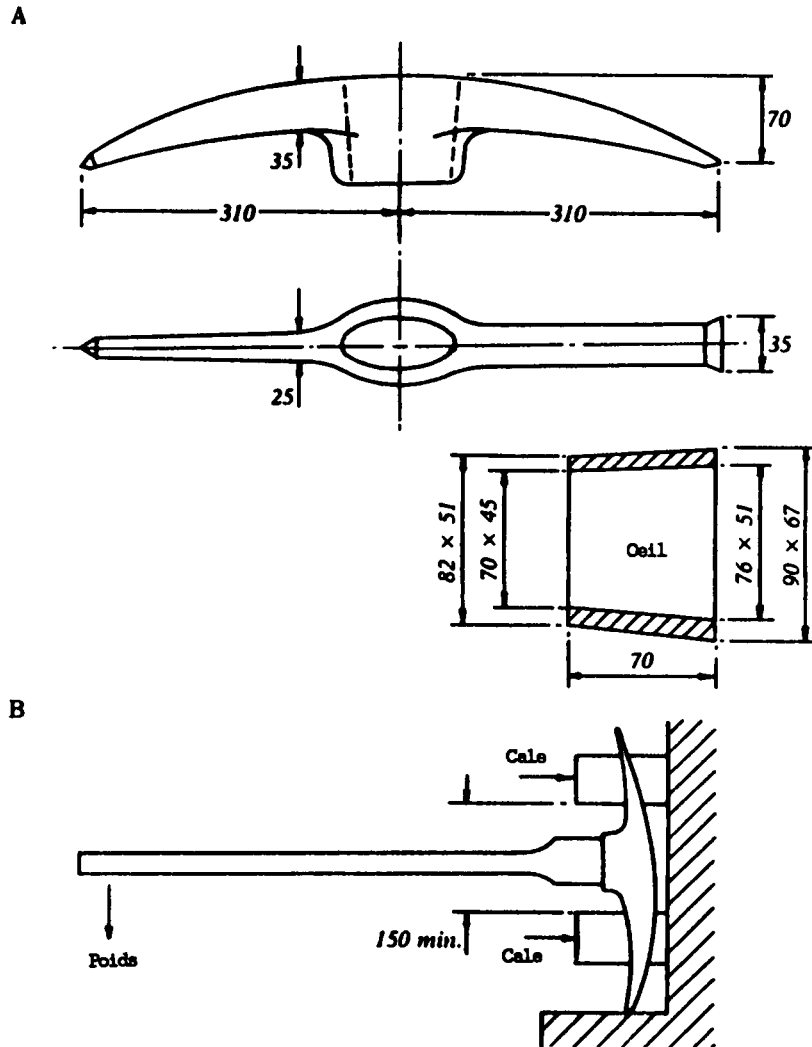


7. *Marquage*: Le fer portera clairement marqué et de façon indélébile:

Le nom du fabricant ou la marque  
 Le chiffre 116  
 Le poids nominal

8. *Traitement protecteur*: Le fer sera entièrement verni.

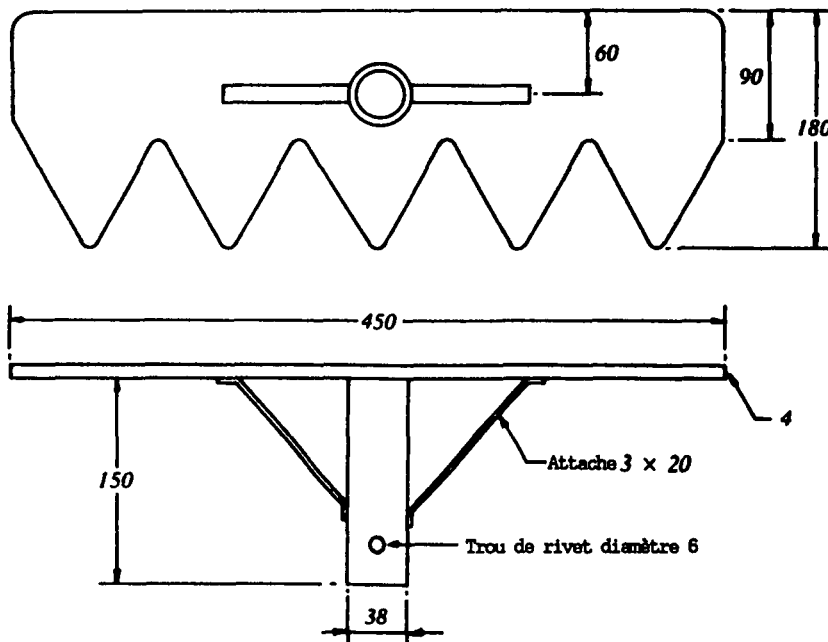
Figure C-31. Spécifications: Pic



*Note*: Les dimensions sont en millimètres.

Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

Figure C-32. Spécifications: Râteau épandeur



*Note:* Les dimensions sont en millimètres.

Le manche de 1.500 mm de long sera en bois dur.

Source: Reproduit d'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

1. Les dimensions sont indiquées sur la figure C-32.
2. Le poids nominal sera de 3 kg.
3. *Matériau:* Acier. La lame aura une teneur en carbone de 0,20/0,30 %.
4. *Construction:* La douille et l'attache seront soudées ou rivées à la lame.
5. *Traitement:* Enduire entièrement de peinture protectrice.
6. *Marquage:* Le râteau portera clairement marqué et de façon indélébile:

Le nom du fabricant ou la marque  
Les lettres MOW/RAR

*Spécification No. 117:*  
*Râteau épandeur*

1. Les dimensions sont indiquées sur la figure C-33.
2. Le poids nominal sera de 8 kg.
3. *Matériau:* Acier. Boîte métallique de 100 mm de diamètre, dont la paroi a une épaisseur de 3 mm au minimum. Les disques des extrémités ont 6 mm d'épaisseur, la douille une épaisseur de 2 mm.
4. *Construction:* Le disque du fond sera soudé à la boîte. Remplir de sable. Souder la douille et les attaches au disque supérieur. (*Note:* la boîte peut être fabriquée à l'aide d'un morceau de tuyau ou dans de la tôle d'acier enroulée et soudée au bord.)

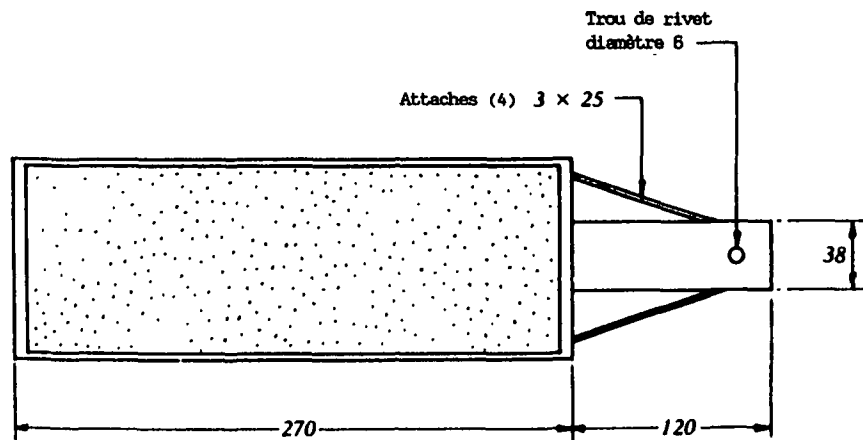
*Spécification No. 118:*  
*Dame à bras*

5. *Traitement*: Enduire entièrement de peinture protectrice.

6. *Marquage*: La dame à bras portera clairement marqué et de façon indélébile:

Le nom du fabricant ou la marque  
Les lettres MOW/RAR

Figure C-33. Spécifications: Dame à bras



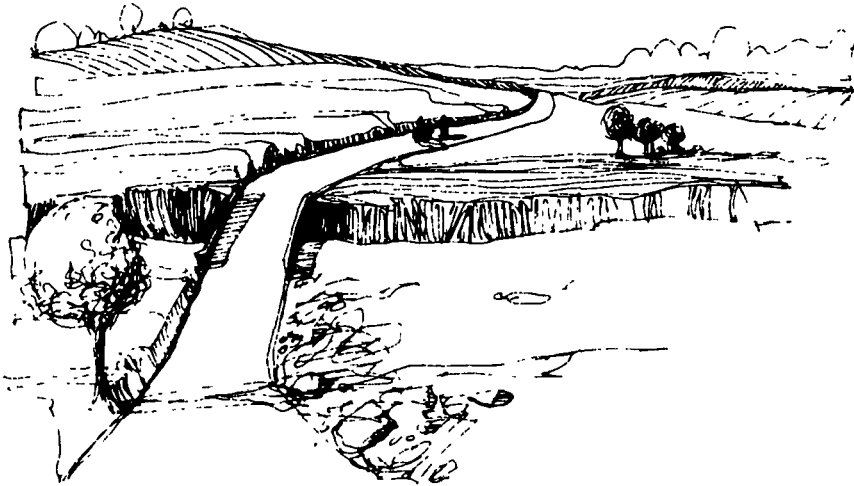
*Note*: Les dimensions sont en millimètres.

Le manche de 1.100 mm de long est en bois dur.

Source: D'après William Armstrong, *Better Tools for the Job* (Londres: Intermediate Technology Publications Ltd., 1980), avec l'aimable autorisation de Intermediate Technology Ltd.

## ANNEXE D

### PLAN D'ACTION POUR LA REALISATION D'UN PROJET PILOTE PAR DES METHODES MANUELLES AU MALAWI



La présente annexe décrit la mise au point d'un projet pilote réalisé par des méthodes manuelles. On y trouvera l'analyse des travaux, les besoins en personnel, la liste des outils et matériels et l'estimation des coûts. Le plan d'action est complété par une série de chiffres indiquant le volume des travaux et les effectifs nécessaires à la réalisation de tronçons de route caractéristiques.

Le programme d'amélioration et d'entretien des routes de district du ministère des travaux publics et des approvisionnements du Malawi exige en général l'utilisation de niveleuses afin de donner aux routes à améliorer leur profil initial. Il est toutefois proposé qu'un tronçon de route approprié qui doit être amélioré dans le cadre de ce programme pendant la saison des travaux 1979/80 soit réalisé par des méthodes manuelles afin d'en démontrer la faisabilité, d'établir les coûts relatifs au Malawi du profilage réalisé par des méthodes manuelles et par des moyens mécaniques et de démontrer que le remblai peut être construit et la route gravillonnée par des méthodes manuelles. La route de 42 kilomètres de long (D 145) allant de Thuchila à Phalombe dans le District de Mulanje a été choisie pour effectuer la démonstration et le plan d'action repose sur des données recueillies pour la réalisation de cette route<sup>1</sup>.

#### DESCRIPTION DU PROJET PILOTE

---

<sup>1</sup> La construction de la route D 145 a été terminée en juillet 1980. Il est maintenant prévu d'améliorer d'autres routes entièrement par des méthodes manuelles (sans niveleuses).

## DESCRIPTION DE LA ROUTE CHOISIE

La route D 145 n'est pas actuellement une route carrossable par tout temps puisqu'elle est fermée à la circulation pendant la saison des pluies où elle est périodiquement inondée et que la couche de base est de qualité médiocre sur le tronçon central entre les points kilométriques 13 et 23,5. Ce tronçon franchit la plaine inondable par la rivière Thuchila principalement constituée de terres cotonnières noires où la circulation est impossible par temps humide. Les tronçons ouest et est de la route reposent sur une couche de base en matériaux d'une qualité acceptable qui offrent une couche de roulement moyennement bonne. Toutefois, ces tronçons sont en général affaissés, mal profilés et mal drainés. Ils ont une largeur de 6 à 7 mètres, la chaussée faisant de 3 à 5 mètres.

Le terrain que traverse la route est plat et le tracé en plan et le tracé en profil ne conviennent absolument pas à ce type de route. Les ouvrages de drainage, en particulier les ponceaux, sont en mauvais état. Plusieurs des ponts en bois et la plupart des ponceaux doivent être remplacés et de nombreux autres ponceaux doivent être construits. D'après les indications dont on dispose, tous les ponts se bombent pendant la saison des pluies et certains d'entre eux au moins doivent être rehaussés.

Le volume de la circulation est important pour une route de district. D'après un comptage de la circulation sur le tronçon ouest, la circulation serait de 100 véhicules par jour, soit de 4 à 5 fois supérieur à la moyenne nationale. Le volume de la circulation diminue sur le tronçon est où il est estimé à 40 véhicules par jour. L'itinéraire de la route D 145 offre un raccourci pour accéder de la route M7 Blantyre-Mulanje à Phalombe et à la région de la plaine de Phalombe où est réalisé le programme de développement rural national, ce qui permet d'éviter l'itinéraire plus difficile de la S40 (voir figure D-1).

## STRATEGIE GENERALE DES TRAVAUX

Le remblai traversant la plaine d'inondation de la rivière Thuchila entre les points kilométriques 13 et 23,5 absorbe 75 % des effectifs nécessaires pour l'ensemble du projet et, si l'on inclut le profilage de la plate-forme, on parvient à près de 90 % du total. Pour que les effectifs puissent être répartis aussi uniformément que possible pendant toute la saison, les travaux de remblai de la plate-forme doivent se poursuivre de façon ininterrompue pendant toute la saison, tandis que le profilage et les autres travaux à effectuer en dehors de la plaine d'inondation doivent l'être simultanément. Il faut prévoir deux chantiers principaux, l'un sur le remblai d'une longueur relativement courte (10 km), l'autre pour le profilage de la plate-forme, ainsi qu'un campement principal et au moins deux campements secondaires. La figure D-1 indique l'emplacement proposé des campements.

## DESCRIPTION DES TRAVAUX

On trouvera ci-après la description des diverses opérations d'amélioration de la route et des méthodes de travail qui seront utilisées.

### *Défrichage*

Cette activité sera entièrement effectuée manuellement au moyen de machettes, de haches et de fauchards. Les matériaux destinés à être brûlés seront aussi transportés et empilés à la main.



Figure D-2. Programme provisoire des travaux

	Total hommes-jours	Effectifs totaux	Total jours de travail	1979						1980					
				Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
Défrichage	560	20	28	▨											
Dessouchage	200	20	10		▨										
Remblai	52,667	246	214	▨											
Plate-forme	9,100	60	165	▨											
Drains	800														
Rose des ponceaux	1,300	20	65		Travail intermittent ▨							Travail intermittent ▨			
Réfection des tabliers de pont	600	Planification détaillée ci-après		▨											
Nouveaux ponts	100														
Gravillonnage	4,500	25	180	▨											
Fabrication des tuyaux				▨											
Nombre moyen de jours de travail <sup>a</sup>				25	26	24	22	12	13	14	15	12	25	25	25
Activité agricole						← Pluies → Préparation des champs, plantations, cultures									

a. Total annuel: 240. Il est supposé que les ouvriers travaillent six jours par semaine et prennent tous les jours de vacances prévus. Le nombre de jours de travail a été réduit pendant les mois de forte activité agricole et les mois de pluies pour tenir compte de ces facteurs.

Source: Banque Mondiale.

Lorsqu'il n'est pas nécessaire de construire un remblai, le profil de la route doit être amélioré à des degrés divers. Cette opération est effectuée entièrement par la main-d'oeuvre. La largeur de la route sera portée à 5,5 mètres et les fossés latéraux seront creusés ou approfondis, les matériaux extraits étant utilisés pour constituer la surface de roulement. On estime que pour obtenir le profil transversal voulu d'une route pratiquement uniforme quelque 1.100 mètres cubes de terre doivent être déplacés et compactés pour chaque kilomètre de route. Les outils utilisés sont les pioches, les houes, les pelles, les râtaux et les dames à bras. Les travaux de mise en forme sont programmés pour débiter un mois après le commencement du programme (voir diagramme en barres, figure D-2) afin que le défrichage et le dessouchage soient terminés un mois à l'avance. En pratique, il devrait être possible de réduire ce délai.

### Construction de la plate-forme

La position des drains doit être déterminée sur place et les fossés doivent être creusés en même temps que l'on construit la plate-forme. Bien que des équipes séparées creusent les fossés, au rythme d'un fossé terminé par une équipe de cinq terrassiers en une journée, cette opération peut être discontinuée. Les effectifs estimatifs (voir tableau D-1) sont ajoutés à ceux qui sont nécessaires à la construction de la plate-forme. Les effectifs sont indiqués ensemble sur le diagramme en barres.

### Drains

Tableau D-1. Volume des travaux et effectifs

Travaux	Unité	Quantité	Total selon plan	
			Norme de productivité (unité/homme-j.)	Total (hommes-j.)
Défrichage	m <sup>2</sup>	140.000	250	580
Dessouchage	-	40	0,2	200
Remblai	m <sup>2</sup>	79.000	1,5	52.667
Plate-forme	m <sup>2</sup>	22.750	2,5	9.100
Drains	-	-	-	800
Pose des ponceaux	-	42	-	1.300
Réfection tabliers	m <sup>2</sup>	8	-	100
Nouveaux ponts	m <sup>2</sup>	36	-	600
Gravillonnage	m <sup>3</sup>	6.000	-	4.500
Total partiel d'hommes-jours				69.827
Provision de 15% pour travaux imprévus				10.474
Total hommes-jours				80.301

Source: Banque Mondiale.

Cette opération convient parfaitement aux méthodes manuelles et consiste à élever la route en construisant un remblai de un mètre de haut à travers les sols cotonniers noirs de la plaine d'inondation de la rivière Thuchila. Les matériaux du remblai sont extraits à proximité du remblai à effectuer et sont transportés, nivelés et compactés entièrement à la main au moyen de houes, de pelles, de brouettes, de râtaux et de dames à bras. Le volume moyen de matériaux de remblai pour une route de 5,5 mètres de large est d'environ 7,5 mètres cubes par mètre de route. Une équipe de 20 terrassiers doit pouvoir terminer chaque jour une longueur de route de 4 mètres au minimum. Ces travaux sont ceux qui exigent les plus importants effectifs et bien qu'ils soient concentrés sur un tronçon

### Remblai



de route relativement court, ce tronçon est considéré lors de la programmation comme un chantier indépendant. Ces travaux doivent commencer dès le début de la saison et se poursuivre sans interruption jusqu'à environ un mois de la fin. Ce dernier mois est prévu pour terminer le gravillonnage qui est indispensable étant donné la qualité médiocre des matériaux constituant le remblai.

### *Gravillonnage*

Ces travaux, qui consistent à poser une couche superficielle de gravillons de 10 centimètres d'épaisseur, ne sont effectués que sur le remblai constitué de matériaux médiocres traversant les terres cotonnières. Ils sont programmés pour commencer six semaines après le début des travaux de remblai et se poursuivent jusqu'à la fin de la saison.

L'excavation, l'empilage et le chargement des graviers sur des remorques tirées par des tracteurs sont effectués à la main de même que l'épandage et le nivellement des matériaux sur la surface de la route. Le compactage est réalisé à la fois au moyen de dames à bras et d'un rouleau vibrant poussé à la main. Le transport des graviers entre le gîte de matériaux et la route est effectué par des remorques de 3,5 tonnes tirées par un tracteur, à raison de deux remorques par tracteur. On peut ainsi charger une remorque pendant que la seconde transporte son chargement. L'utilisation efficace des remorques avec tracteur est déterminante pour ces travaux. Il est supposé que la saison des travaux dure 240 jours (voir figure D-3). Si le gravillonnage commence six semaines après le début, il devra être effectué en 203 jours (si les jours fériés et les dimanches sont chômés). Sur cette base, la production journalière doit être de  $6.000 : 203 = 29,5$  mètres cubes.

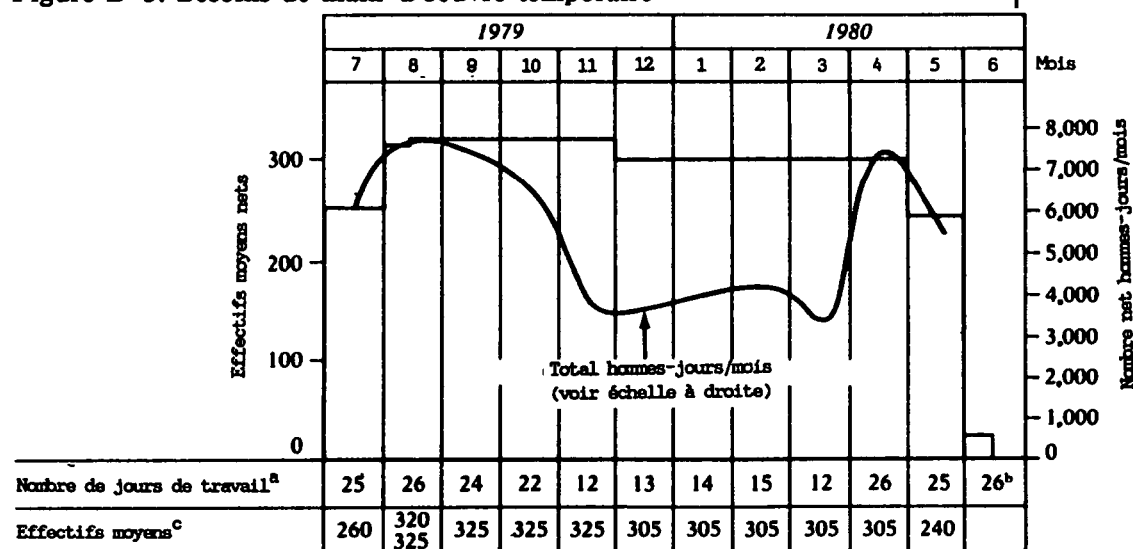
Les premières enquêtes ont montré qu'il existe des sources adéquates de graviers uniquement à une extrémité du tronçon traversant les terres cotonnières. Pendant toute la saison, la distance moyenne de transport dépasse donc 5 kilomètres, de sorte que le tracteur doit effectuer chaque jour 9 aller et retour au moins. Cette cadence est juste dans les possibilités, mais cette opération doit être soigneusement programmée afin que l'unité de gravillonnage puisse faire des heures supplémentaires si la production prend du retard. L'entretien et la réparation du matériel doivent aussi être soigneusement programmés. L'unité de gravillonnage doit compter un effectif moyen d'environ 25 ouvriers: 19 pour l'excavation et le chargement et 6 pour le déchargement et l'épandage des matériaux. Lorsque les distances de transport sont inférieures à la moyenne, un plus grand nombre d'ouvriers est nécessaire pour que le matériel soit utilisé de façon optimale.

### *Ponceaux*

La fabrication des tuyaux nécessaires aux ponceaux doit se poursuivre de façon continue depuis le début de la saison. La fabrication de tous les tuyaux nécessaires doit être terminée en cinq mois. Deux séries de moules de 0,6 mètre de diamètre permettront de produire 12 tuyaux par semaine à la centrale de préfabrication située sur le campement principal. Le sable est extrait de la rivière et les agrégats sont obtenus à partir des pierres se trouvant sur place. Le béton est mélangé soit à la main soit à l'aide d'une bétonnière de 8/6. La pose des tuyaux et la construction des têtes, habituellement à l'aide des pierres se trouvant sur place, sont effectuées manuellement, les tuyaux d'un mètre étant livrés par camion ou par remorque avec tracteur. L'installation est programmée pour commencer dès

qu'un nombre suffisant de tuyaux sont prêts et séchés, approximativement six semaines après le début du programme. Bien que la fabrication des tuyaux se poursuive probablement pendant la saison des pluies, la pose sera sans doute interrompue mais reprendra après les pluies. Il faudra choisir soigneusement les ponceaux dont la construction est urgente (probablement à travers le remblai) et il est prévu que ces travaux seront harmonisés dès le début avec les autres. La programmation détaillée des travaux concernant les ponceaux n'est pas indiquée. Dans ces opérations, les facteurs critiques seront probablement la présence d'artisans et les conditions climatiques.

Figure D-3. Besoins de main-d'oeuvre temporaire



a. Le nombre de jours de travail ne comprend pas les dimanches ni les jours chômés et s'entendent déduction faite des jours de pluie entre novembre et mars.

b. Le mois de juin 1980 est considéré comme une période de "transition".

c. L'effectif moyen s'entend déduction faite des ouvriers travaillant sur les ponts et ponceaux, ce qui majorerait le total d'environ 15 %.

Source: Banque Mondiale.

Les nouveaux pieux porteurs et les madriers du tablier des ponts seront obtenus auprès de sources locales et transportés jusqu'aux ponts par camion ou remorque avec tracteur. La pierre disponible sur place est utilisée pour construire les culées, les piliers et les murs en aile des ponts devant être relevés. Tous les travaux de construction, y compris le sciage du bois et le mélange du mortier pour la maçonnerie, seront effectués à la main, ce qui est courant pour ce type d'ouvrage. La programmation détaillée des travaux concernant les ponts n'est pas indiquée, bien que la plupart des ponts doivent être reconstruits pendant la saison sèche pour faciliter l'aménagement de déviations afin de laisser la route ouverte à la circulation.

Ponts

La figure D-4 indique en détail les effectifs nécessaires aux travaux.

EFFECTIFS

Figure D-4. Besoins en personnel et en matériel

	Durée estimée (mois)	1979										1980					
		Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	
Conseiller TP	15	Travaux préparatoires															
Cadres techniques (3)	15	Formation au Kenya															
Contremaîtres (4)	12																
Magasiner	13																
Comptable/chronométréur	12.5																
Employé	12																
Mécanicien	12																
Tracteur	10.5				Gravillonnage												
Remorques (2)	10.5				Gravillonnage												
Landrover	15																
Camion basculant	12.5																
Bétonnière	12			Coulage des tuyaux													
Rouleau vibrant	12			Plate-forme et gravillonnage													
Citernes tractées	12																
Pompes (2)	12																
Motocyclettes (3)	12																

Le plan prévoit le recrutement d'un ingénieur expatrié ayant l'expérience des méthodes manuelles pendant toute la durée des travaux de juillet 1979 à juin 1980. Il est en outre prévu que le conseiller devra être disponible à l'avance pour prendre en mains les travaux préparatoires nécessaires au bon déroulement du projet. Pendant cette période préparatoire, le conseiller aura les tâches suivantes:

- \* Effectuer une reconnaissance approfondie de la route D 145, établir un devis quantitatif ferme des travaux à effectuer et planifier les travaux.
- \* Mettre au point un système global permettant d'enregistrer les ressources nécessaires et les productions et superviser l'établissement de formulaires à cette fin (ils doivent être prêts avant le début des travaux).
- \* Définir les règles de comptabilité et d'approvisionnement du projet.
- \* Organiser la livraison des outils et du matériel dont le magasinier a la charge.
- \* Déterminer les disponibilités locales de main-d'oeuvre et les contraintes locales ou saisonnières limitant l'offre.
- \* Organiser la passation des commandes et la livraison au chantier de tous les matériaux nécessaires pour que les travaux commencent conformément au programme.
- \* Installer le campement principal, situer les emplacements des autres campements le long de la route et les aménager afin que les travaux prévus dans le programme puissent commencer immédiatement.
- \* Veiller à ce que les conducteurs du matériel nécessaire au projet (comme le tracteur, les remorques, le compacteur, les véhicules et les citernes à carburants et eau) aient reçu la formation voulue.

Trois cadres du ministère des travaux publics et des approvisionnements du Malawi suivront un cours de formation de trois mois à l'intention des cadres, qui se tiendra au Kenya à compter de la mi-août 1979. Pour que les travaux puissent commencer rapidement au début de juillet, trois autres cadres seront détachés par le ministère et resteront en poste sur le chantier jusqu'au retour des trois autres cadres envoyés au Kenya.

*Cadres et contremaîtres*

Le ministère fournira aussi quatre contremaîtres. Epaulés par ces contremaîtres, les trois cadres sont les principaux assistants du conseiller et ont la responsabilité directe des travaux. C'est au conseiller qu'il incombe de répartir les tâches de façon précise. Les travaux pourraient être répartis en trois groupes, chacun étant placé sous la responsabilité d'un cadre, de la façon suivante:

- \* Défrichage, dessouchage, mise en forme, profilage et construction des drains.
- \* Construction du remblai et gravillonnage.
- \* Fabrication de tuyaux pour les ponceaux, pose des tuyaux, réparation des ponts et réfection, travaux divers.

Il est inévitable que des chevauchements et des changements de tâches interviennent, mais en tout état de cause, les cadres auront avantage à acquérir l'expérience de toutes les catégories de travaux. Pour qu'ils y parviennent plus facilement, le conseiller en travaux publics pourra répartir différemment et varier les tâches des cadres afin qu'ils aient la possibilité de se familiariser avec toutes.

Les cadres auront les tâches suivantes:

- \* Planter les ouvrages.
- \* Attribuer les tâches aux terrassiers.
- \* Mesurer chaque jour les travaux terminés.
- \* Veiller à ce que les feuilles de présence soient remplies chaque jour. (En cela, les cadres seront assistés par le comptable/contrôleur de présences.)
- \* Veiller à ce que les outils, approvisionnements et matériel soient disponibles pour l'exécution des travaux et qu'ils soient régulièrement entretenus (En cela, les cadres seront assistés par le magasinier et le mécanicien.)
- \* Contrôler la qualité des travaux.

Il est essentiel que des registres complets soient tenus. Les cadres sont responsables devant le conseiller en travaux publics auquel ils doivent rendre compte en détail de l'ensemble des travaux dont ils ont la responsabilité.

Les travaux progressent simultanément sur divers chantiers situés le long de la route et des campements temporaires seront aménagés sur chaque chantier pour le stockage des outils et du matériel. Il est important que les cadres puissent se déplacer facilement du fait que les travaux sont dispersés. Il est proposé que chacun dispose d'une motocyclette afin de pouvoir se rendre sur tous les chantiers et rester en contact avec le campement principal où est basé le conseiller en travaux publics.

*Comptable/pointeur*

Les ouvriers seront rémunérés selon les règles établies. Les travaux d'écriture nécessaires pour enregistrer les présences et calculer les salaires pour un effectif de 350 personnes, par exemple, seront automatiquement très importants et exigeront au moins un comptable/pointeur à temps plein. Sur chaque chantier, le recrutement de la main-d'oeuvre et le pointage incombent au cadre responsable du chantier, mais le comptable/pointeur doit coordonner tous les registres, calculer les salaires dus et les présenter par écrit sous une forme permettant au ministère de les verser.

*Magasinier*

Un magasin principal sera créé sur le campement principal et des magasins plus petits seront nécessaires sur chaque chantier. Les magasins seront surveillés par des gardiens recrutés localement. Le magasinier basé au campement principal est chargé d'enregistrer la livraison et de distribuer les outils, les matériaux et le matériel utilisés dans les travaux. Il se rendra régulièrement dans chaque campement secondaire pour vérifier les stocks et prévoir les commandes à passer, les réparations à effectuer, etc.

*Employé aux écritures*

Pour tenir des registres complets, un employé aux écritures doit être basé au campement principal. Il tiendra aussi tous les registres concernant la main-d'oeuvre, avec l'aide du comptable/contrôleur de présences si cela est nécessaire.

*Mécanicien*

La quantité de matériel mécanique nécessaire aux travaux (voir figure D-4 et tableau D-2) n'est pas très importante, mais il est nécessaire de

recruter un ouvrier ayant des connaissances en mécanique pour effectuer les réparations courantes. Ce mécanicien sera aussi chargé de l'entretien et de la réparation des outils manuels et du petit matériel, comme les brouettes. Tout service plus important que des réparations courantes devra être effectué dans des ateliers, qui seront ceux de l'organisme de gestion des véhicules des services publics.

Tableau D-2. Coût des principaux matériels

Description	Nombre nécessaire	Coût d'équipement total <sup>a</sup> (\$)	Coûts	
			unitaires de fonctionnement <sup>b</sup> (\$/mois)	(\$/an)
Tracteur Ford 6600 CW hydraul. (78 CV au frein)	1	16.110	507	6.084
Remorque basculante hydraul. 3,5 tonnes	2	6.850	24	300
Camionnette Landrover 109"wb	1	15.150	406	4.740
Camion bascul. Bedford TK 6 yards cubes	1	28.720	582	6.984
Rouleau vibrant Dumat à main (transmission Sunstrand)	1	12.120	80	960
Citerne tracée eau/ carburants 300 gal., pneu et roues 7,00 x 16	2	4.220	16	192
Pompe mobile Aveling Bradford 3" avec moteur diesel Petter	2	6.850	50	600
Motocyclette Yamaha 100cc	3	2.780	57	684
Moule à tuyau d'acier 24" diam.	6	2.640	-	-
Bétonnière Bedford 8/6	1	4.900	46	552
Total dépenses d'équipement(\$)		100.340	1.788	21.086

a. Prix hors droits de douane d'avril 1979.

b. Ces coûts se fondent sur les recommandations contenues dans le rapport final sur l'étude du programme d'amélioration et d'entretien des routes de district.

Source: Banque Mondiale.

Lorsqu'un nouveau programme de travaux réalisés par des méthodes manuelles débute, les productivités sont normalement de 1,5 à 2 mètres cubes par homme et par jour (pour l'excavation et le chargement ou l'excavation et le chargement à la pelle de sols de dureté moyenne). Ces productivités tiennent compte du manque de familiarité des ouvriers et des cadres avec ce type de travaux et elles s'améliorent sûrement pendant la saison des travaux et au cours des années ultérieures de la réalisation d'un programme par des méthodes manuelles.

On a supposé que la productivité moyenne des opérations d'excavation et de chargement serait de 1,5 mètre cube par homme et par jour pendant toute la saison. Ce chiffre correspond à environ 60 % de la moyenne probable qui peut être atteinte en fin de saison, soit 2,5 mètres cubes par homme et par jour.

Les travaux sont rémunérés à la tâche, bien que l'on puisse envisager d'autres méthodes pouvant entraîner un accroissement des productivités. Il ne sera probablement pas possible de constituer un effectif "permanent" et il est prévu que la rotation de la main-d'oeuvre sera importante si l'on veut maintenir la taille des effectifs voulus. Il faut aussi rappeler que la saison sèche s'étend sur la principale période de récolte en mai et juin et

PRODUCTIVITE DE  
LA MAIN-D'OEUVRE

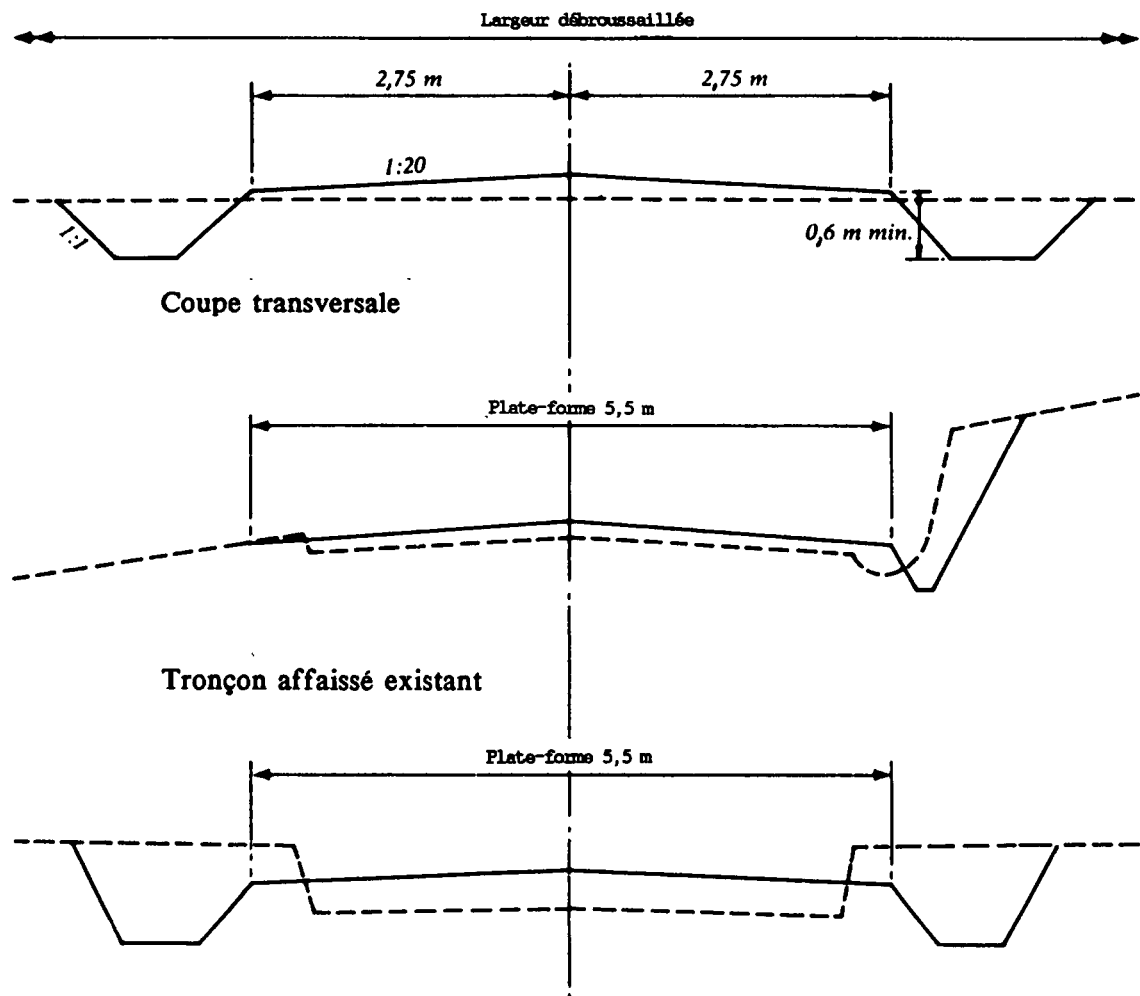
sur la principale période de préparation et de travail du sol en vue de la plantation en novembre. Ces périodes d'activité agricole concentrée risquent de poser des problèmes d'effectifs et, à cet égard, le programme doit être contrôlé avec attention.

## DIMENSION DES ROUTES

Les dimensions des routes sont indiquées sur la figure D-5.

Figure D-5. Dimensions minimums recommandées sur des tronçons de route caractéristiques

Niveau du sol



Source: Banque Mondiale.

## BESOINS ET MATERIEL

Les principaux matériels et les périodes durant lesquelles ils sont nécessaires sont indiqués sur la figure D-4 et le tableau D-2. Le tableau D-2 donne les prix hors taxes de 1979 du matériel au Malawi et les coûts de fonctionnement estimatifs.

On trouvera dans le tableau D-3 la liste des outils et du petit matériel nécessaires à l'exécution des travaux ainsi que leur prix d'achat. De nombreux autres matériels sont nécessaires ainsi que les outils des artisans (menuisier, maçon et forgeron) s'ils ne possèdent pas les leurs. Une somme de 1.975 dollars a été ajoutée à cet effet au coût total.

## OUTILS ET PETIT MATERIEL

Le tableau D-4 résume le coût estimatif direct des travaux et le tableau D-5 en donne une ventilation plus détaillée. Le coût total du projet est estimé à 127.195 dollars, soit 3.028 dollars par kilomètre. A cette somme s'ajoute une provision de 10 à 15 % pour tenir compte des frais administratifs, ce qui porte le total entre 139.915 et 146.274 dollars.

## COUT ESTIMATIF DES TRAVAUX

Tableau D-3. Coût des outils et du petit matériel  
(prix de 1979)

Description	Nombre	Prix uni- taire (\$)	Prix total(\$)
Hache d'abattage et manche	10	19,95	199,50
Pioche, burin sans manche	75	7,13	534,75
Barre	20	18,17	363,40
Brouette, 3 pieds cubes	100	40,12	4.012,00
Manche de pioche, noyer, 36"	225	5,27	1.185,75
Houe avec manche	300	1,58	474,00
Machette, lame 18"	20	1,87	37,40
Fauchard, lame longue	30	2,02	60,60
Pelle, arrondie avec manche	215	5,49	1.180,35
Manches de rechange (estim.)	-	-	660,00
Total (brut)			8.707,75
Provision de 40% pour récupération			3.843,10
Coût total net			5.224,65
Divers			1.975,00
Coût total			7.199,65

Source: Banque Mondiale.

Les tableaux D-4 et D-5 ne comprennent pas la dépense d'équipement initiale nécessaire à l'achat des principaux matériels décrits dans le tableau D-2, ce qui représente un coût total de 100.340 dollars. Le coût initial du matériel, qui a une longue durée de vie, ne peut être imputé au projet pilote, dont la durée de réalisation est limitée. Par conséquent, le coût estimatif des principaux matériels ne comprend que les coûts directs de fonctionnement pendant la durée estimative de la période durant laquelle chaque matériel est nécessaire à l'exécution du projet pilote. A l'achèvement du projet réalisé par des méthodes manuelles, il est prévu que le matériel acheté sera employé à la réalisation d'autres projets par des méthodes manuelles ou complètera l'inventaire de matériel mécanique du programme d'amélioration et d'entretien des routes de district.

Le coût du conseiller expatrié, qui n'a pas été inclus dans la précédente estimation, est élevé du fait qu'il s'agit d'un projet pilote et qu'un important programme de formation doit être prévu. La proportion du coût du conseiller expatrié par rapport au total sera toutefois réduite les années suivantes à mesure que le personnel local sera formé.



Tableau D-4. Résumé des coûts estimatifs directs  
(prix de 1979)

Poste	Coût estimatif (\$)	Pourcentage
Main-d'oeuvre	28.437	25
Cadres et main-d'oeuvre qualifiée	24.276	22
Coût de fonctionnement du matériel important	24.341	22
Outils et petit matériel	7.200	7
Matériaux (y compris pour les campements)	28.350	24
Coût net	110.604	100
Provision pour imprévus 15%	16.591	
Total	127.195	

Source: Banque Mondiale.

Tableau D-5. Détail des coûts estimatifs directs  
(prix de 1979)

Poste	Quantité	Unité	Tarifs (\$)	Montant (\$)
<b>Main-d'oeuvre<sup>a</sup></b>				
Ouvriers	80.301	Homme-jours	0,33	26.499
Chefs d'équipe	2.937	Homme-jours	0,66	1.938
<b>Cadres et main-d'oeuvre qualifiée<sup>b</sup></b>				
Contremaîtres (4)	48	Homme-jours	121	5.808
Gardiens (8)	72	Homme-jours	33	2.376
Mécanicien (1)	12	Homme-jours	53	636
Maçons (3)	36	Homme-jours	53	1.908
Menuisiers (3)	36	Homme-jours	53	1.908
Employé aux écritures (1)	12	Homme-jours	66	792
Comptable: Contrôleur de présences	12,5	Homme-jours	76	950
Magasinier	13	Homme-jours	76	988
Cadres travaux publics	45	Homme-jours	198	8.910
<b>Matériel principal<sup>c</sup></b>				
Tracteur	10,5	Mois	507	5.324
Remorques (2)	21	Mois	24	504
Landrover	15	Mois	406	6.090
Camion	12,5	Mois	582	7.275
Rouleau vibrant	12	Mois	80	960
Citernes tractées (2)	24	Mois	16	384
Pompes (2)	24	Mois	50	1.200
Motocyclettes (3)	36	Mois	57	2.052
Bétonnière	12	Mois	46	552
Outils et petit matériel <sup>d</sup>				7.200
Matériaux (y compris pour campements, etc.) <sup>e</sup>				28.350
Provision de 15% pour imprévus				16.591
<b>Total</b>				<b>127.195</b>

a. Voir figure D-3.

b. Voir figure D-4.

c. Voir figure D-4 et tableau D-2.

d. Voir tableau D-3.

e. Somme estimative.

Source: Banque Mondiale.

Le coût du conseiller expatrié au cours de la première saison des travaux ajoute au total une somme de 145.000 dollars se répartissant comme suit:

<i>Coût du conseiller expatrié</i>	<i>Dollars</i>
Conseiller en travaux publics, 15 mois à \$ 5.913	88.695
Visite de cadres du Royaume-Uni, 5 mois à \$ 6.451	32.255
Voyages internationaux, y compris 7 aller et retour Royaume-Uni-Malawi	11.068
Logement	<u>6.588</u>
Total partiel	138.606
Provision pour imprévus 5 %	<u>6.930</u>
Total	145.536

L'expérience a montré que le coût du conseiller expatrié au cours de la première année de réalisation d'un programme de travaux par des méthodes manuelles représente habituellement de 30 à 50 % du coût total du projet (coûts directs, frais administratifs et coût de l'expatrié). Dans le cas du projet présenté dans cette annexe, le coût du conseiller représente environ 50 % du total, ce qui est la limite supérieure habituelle, mais il est considéré comme compatible avec les tarifs utilisés dans l'établissement des devis.

Le coût estimatif total du projet pilote est donc le suivant:

<i>Coûts totaux</i>	<i>Dollars</i>
Coûts directs totaux	127.195
Frais administratifs (15 %)	19.076
Coût du conseiller expatrié (approximatif)	<u>145.000</u>
Coût estimatif total du projet	291.274

Le coût estimatif total par kilomètre est de 6.935 dollars.



## ANNEXE E

### SELECTION DU CHANTIER: ENQUETE SUR LE TERRAIN



La présente annexe est destinée à faciliter la sélection du chantier pour la réalisation de travaux par des méthodes manuelles. Elle comporte un questionnaire et des instructions à l'intention des enquêteurs. Elle a été largement utilisée dans la réalisation d'un projet de routes d'accès au Honduras.

Chaque équipe se compose d'un enquêteur ayant une formation technique et d'un enquêteur ayant une formation socio-économique, le premier étant chargé de la partie I du questionnaire, les deux étant responsables ensemble des autres parties.

Cette équipe doit mener son enquête sur toute la longueur de la route en question. Les villages situés le long de la route et ceux qui en sont proches doivent être indiqués sur la carte prévue pour l'enquête.

En règle générale, il est préférable de poser les questions à un groupe de personnes, de préférence le maire, son adjoint et l'instituteur. Les autres habitants du village peuvent aussi assister à l'entretien. Les informations doivent être recueillies dans tous les villages pouvant être desservis par la route (ceux qui sont situés le long de la route et ceux qui en sont proches) afin que les données relatives à la population, aux surfaces cultivées et à d'autres questions soient aussi complètes que possible et qu'elles puissent être exploitées.

### INSTRUCTIONS POUR LA REALISATION DE L'ENQUETE

Dans de nombreux cas, un village peut fournir des informations sur d'autres villages. Il vaut toutefois mieux recueillir directement les informations. Lorsque les questions se rapportent à la population et aux surfaces cultivées d'un emplacement déterminé, seule une personne habitant cette région peut donner des réponses raisonnablement précises. Il n'est pas indispensable de visiter les villages situés près de la route mais non desservis par elle, mais il faut chercher à recueillir autant d'informations que possible sur ces villages.

Il est toujours préférable de mener l'enquête sous forme de conversation. Commencer par expliquer l'objectif de l'enquête.

Il n'est pas nécessaire de suivre strictement l'ordre indiqué dans le questionnaire. Les questions doivent être posées à mesure qu'elles surgissent dans la conversation, mais il faut vérifier à la fin qu'aucune n'a été oubliée. Il vaut mieux ne pas remplir le questionnaire au moment où les questions sont posées mais le faire ensuite en collaboration avec l'autre membre de l'équipe.

Ne pas insister pour obtenir une réponse à une question donnée. Si la personne interrogée ne semble pas savoir ou ne souhaite pas répondre, poursuivre avec les autres questions et revenir plus tard sur la première. Encourager tous les habitants à parler et être à leur écoute; sinon, ils tendront à être d'accord avec tout ce que dit ou suggère l'enquêteur. Il est préférable de ne jamais manifester d'impatience et de continuer à écouter même lorsque les informations ne semblent pas importantes.

## QUESTIONNAIRE

Avant de remplir le questionnaire<sup>1</sup>, lire les "Instructions pour remplir le questionnaire et abréviations utilisées".

1. La route
  - 1.1 De \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_
  - 1.2 Ville (municipalité) \_\_\_\_\_ Département \_\_\_\_\_
  - 1.3 Demandeur \_\_\_\_\_ Date de la demande \_\_\_\_\_
  - 1.4 Route confirmée sur la carte?  
 Oui  Non  Carte N° \_\_\_\_\_
  - 1.5 Villages situés le long de la route \_\_\_\_\_
  - 1.6 Villages situés auprès de la route et desservis \_\_\_\_\_
- 1.7 Longueur estimative de la route à construire \_\_\_\_\_ km
2. Données techniques
  - 2.1 Catégorie de la route \_\_\_\_\_ — P
  - 2.2 Nombre de mois où elle est carrossable \_\_\_\_\_ — P
  - 2.3 Type de terrain \_\_\_\_\_ — P
  - 2.4.1 Type de sol \_\_\_\_\_ — P
  - 2.4.2 Type de défrichage \_\_\_\_\_ — P
  - 2.5 Disponibilité des matériaux de construction
    - 2.5.1 Matériaux appropriés \_\_\_\_\_ — P
    - 2.5.2 Graviers \_\_\_\_\_ — P
    - 2.5.3 Matériaux pour ouvrages (sable, bois, etc.) \_\_\_\_\_ — P
  - 2.6 Type d'ouvrages nécessaires \_\_\_\_\_ — P
  - 2.7 Coût des travaux: par km \_\_\_\_\_  
total \_\_\_\_\_

<sup>1</sup> On trouvera les instructions après le questionnaire.

## QUESTIONNAIRE (suite)

3. Données quantitatives

3.1 Zone d'influence de la route \_\_\_\_\_ km<sup>2</sup> —P

3.1.1 Surface cultivée \_\_\_\_\_ km<sup>2</sup> —P

3.1.2 Population de la région, nombre d'habitants \_\_\_\_\_ —P

3.1.3 Densité de la population, habitants/km<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ —P

3.2 Coûts de transport sur la route actuelle

De \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_

Coût total de transport \_\_\_\_\_ Coût par km \_\_\_\_\_ —P

3.3 Salaires

3.3.1 Taux de salaire en vigueur \_\_\_\_\_

3.3.2 Salaire minimum fixe \_\_\_\_\_

4. Données qualitatives

4.1 Régime de propriété et mode de faire valoir \_\_\_\_\_ —P

4.1.2 Surface cultivable \_\_\_\_\_ —P

4.3 Emploi

4.3.1 Emploi et chômage annuels \_\_\_\_\_ —P

4.3.2 Chômage saisonnier \_\_\_\_\_ —P

4.3.3 Nombre d'hommes-jours nécessaire pour la construction \_\_\_\_\_ —P

4.4 Principales activités économiques

4.4.1 Culture \_\_\_\_\_

4.4.2 Elevage \_\_\_\_\_

4.4.3 Autres (préciser) \_\_\_\_\_

4.5 Production destinée à la commercialisation \_\_\_\_\_ —P

4.6 Potentiel d'augmentation de la production commerciale à la suite de la construction de la route

4.6.1 Culture \_\_\_\_\_ —P

4.6.2 Elevage \_\_\_\_\_ —P

4.6.3 Autres \_\_\_\_\_ —P

4.7 Services économiques offerts

	Nombreux	Quelques-uns	Aucun
4.7.1 Aide pour l'approvisionnement en facteurs de production	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.7.2 Aide à la production	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.7.3 Aide à la commercialisation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.7.4 Accès au crédit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.7.5 Services de vulgarisation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.7.6 Existence de coopératives	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.8 Services sociaux proches			
4.8.1 Hôpital _____			—P
4.8.2 Centre de santé _____			—P
4.8.3 Ecole _____			—P
4.8.4 Gouvernement local _____			—P
4.9 Actions complémentaires envisagées			
	Nombreuses	Quelques-unes	Aucune
4.9.1 Culture	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.9.2 Elevage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.9.3 Education	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.9.4 Santé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.9.5 Autre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.10 Participation de la population locale à l'entretien et à la construction _____			—P

5. Notes des enquêteurs

5.1 Gués \_\_\_\_\_

5.2 Autres observations \_\_\_\_\_

Date de l'enquête \_\_\_\_\_

Nom des enquêteurs \_\_\_\_\_

**INSTRUCTIONS POUR  
REEMPLIR LE  
QUESTIONNAIRE  
ET ABREVIATIONS**

- 1.1 De: Point de raccordement de la nouvelle route et du réseau routier existant (indiqué aussi sur la carte).  
A: Fin de la route (aussi indiquée sur la carte).
- 1.2 Indiquer toutes les villes que traverse la route.
- 1.4 Tracer clairement sur la carte.
- 1.5 Information nécessaire pour délimiter la zone d'influence du projet
- 1.6 (Indiquer le nom de chaque village).
- 1.7 Cette information doit être vérifiée d'après la route tracée sur la carte. Les réponses doivent être rectifiées si besoin est.
- 2.1 1 P - Carrossable toute l'année.  
2 P - Carrossable par temps sec.  
3 P - Chemin pour charrettes.  
4 P - Chemin pour chevaux.  
5 P - Chemin pour piétons.
- 2.2 1 P - Plus de dix mois par an.  
2 P - Plus de 8 mois et jusqu'à 10 mois par an.  
3 P - Plus de 6 mois et jusqu'à 8 mois par an.  
4 P - Plus de 5 mois et jusqu'à 6 mois par an.  
5 P - Cinq mois et moins par an.  
La catégorie d'une route se définit en fonction des moyens de transport qui l'empruntent (chemin pour chevaux et mules).
- 2.3 1 P - Plat.  
2 P - Plat/ondulé.  
3 P - Ondulé.  
4 P - Onduleux/montagneux.  
5 P - Montagneux.
- 2.4.1 1 P - Matériaux granuleux et secs.  
2 P - Matériaux granuleux et humides.  
3 P - Sols compactés.  
4 P - Sols dégradés.  
5 P - Roches dures.
- 2.4.2 1 P - Nombreux grands arbres et débroussaillage important.  
2 P - Peu de grands arbres mais débroussaillage important.  
3 P - Défrichage moyen.  
4 P - Peu de défrichage.  
5 P - Très peu de défrichage.
- 2.5 1 P - Pas à moins de 10 kilomètres.  
2 P - Se trouvent entre 5 et 10 kilomètres.  
3 P - A proximité de la route mais difficiles à atteindre.  
4 P - A proximité de la route.  
5 P - A proximité de la route et faciles à obtenir.
- 2.6 1 P - Creusement des fossés.  
2 P - Pose des graviers et compactage.  
3 P - Améliorations importantes.  
4 P - Reconstruction.  
5 P - Nouvelle route.
- 2.7 Ne pas remplir.
- 3.1 Ne pas remplir (3.1.1, 3.1.2, 3.1.3).
- 3.2 C'est-à-dire le coût de transport en saison sèche. Moyenne à partir de diverses sources d'informations.
- 3.3.1 Pas plus de 10 kilomètres. Si la population ne peut obtenir de travail dans cette région, laisser en blanc.
- 3.3.2 Indiquer le salaire minimum fixé par le gouvernement pour cette région (ou laisser en blanc).

- 4.1 1 P - Grandes exploitations uniquement.  
 2 P - Exploitations grandes et moyennes uniquement.  
 3 P - Grandes exploitations prédominantes, travaillées par de petits fermiers.  
 4 P - Principalement petites exploitations (et terrains de culture publics).  
 5 P - Uniquement petites exploitations (et terrains de culture publics).
- 4.2 Remplir uniquement si la rubrique 4.1 totalise 3 points ou plus.  
 1 P - Il n'existe plus de terres arables et les sols sont épuisés.  
 2 P - Il n'existe plus de terres arables mais les sols sont productifs.  
 3 P - Une petite surface peut encore être mise en valeur.  
 4 P - De grandes étendues de terres en jachère peuvent être mises en valeur.  
 5 P - D'immenses étendues de terres peuvent être mises en valeur.
- 4.3.1 1 P - Inexistant.  
 2 P - Existe mais ne pose pas de problèmes.  
 3 P - Existe et constitue un problème.  
 4 P - Existe et constitue l'un des problèmes dominants dans la région.  
 5 P - Est le plus grave problème de la région.
- 4.3.2 1 P - Moins de 2 mois.  
 2 P - De 2 à moins de 4 mois.  
 3 P - De 4 à moins de 6 mois.  
 4 P - De 6 à moins de 8 mois.  
 5 P - De 8 à moins de 10 mois.
- 4.3.3 Ne pas remplir.
- 4.4 Indiquer les activités dominantes.  
 1 P - Une très forte proportion de la production est commercialisée.  
 2 P - La production de cultures de base suffit à la consommation locale; la plupart des productions sont commercialisées.  
 3 P - La production destinée à la consommation locale et la production commercialisée sont équivalentes.  
 4 P - La production suffit à la consommation locale; la commercialisation n'est pas très importante.  
 5 P - En règle générale, la production est commercialisée et la production destinée à la consommation locale ne suffit même pas le plus souvent à satisfaire la demande locale.
- 4.6 1 P - Aucune augmentation attendue.  
 2 P - Faible augmentation destinée à la consommation locale.  
 3 P - Faible augmentation destinée à la commercialisation.  
 4 P - Augmentation importante et commercialisation d'une partie de la production.  
 5 P - Augmentation importante uniquement pour la commercialisation.
- 4.8 1 P - Moins d'une heure.  
 2 P - Une à 2 heures.  
 3 P - 2 heures à une demi-journée (6 heures).  
 4 P - Une demi-journée à une journée.  
 5 P - Plus d'une journée.
- 4.9 Vérifier si les municipalités ont mis au point des plans pour les activités des secteurs mentionnés pour les deux prochaines années.
- 4.10 1 P - Ne souhaite pas participer.  
 2 P - Participera si du matériel est fourni.



**3 P - Participera si la main-d'oeuvre est rémunérée en espèces.**

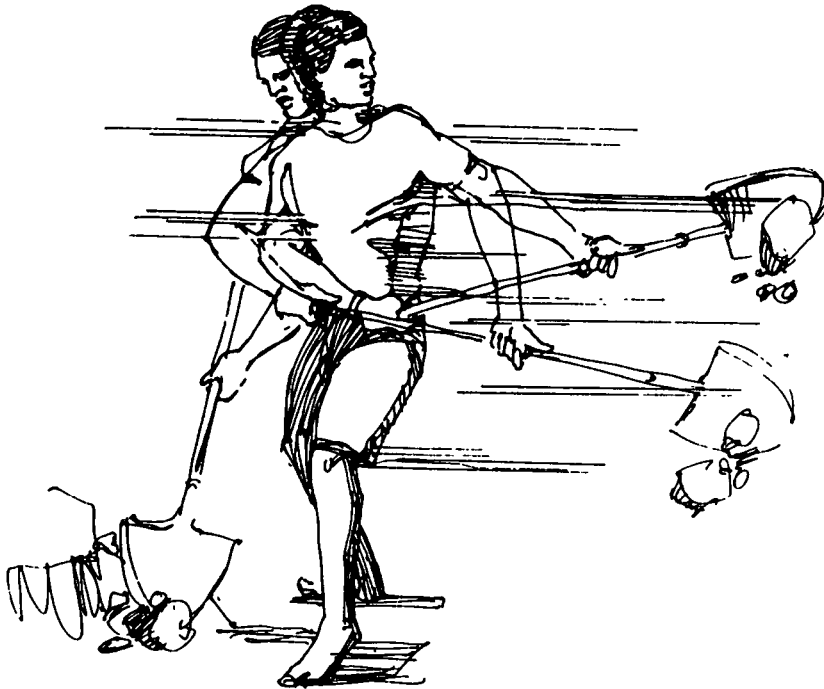
**4 P - Même chose, mais rémunération sous forme de nourriture.**

**5 P - Participation gratuite.**

**5.1 Indiquer et marquer l'emplacement des gués, leur largeur entre deux rives (mètres) et indiquer la profondeur de la rivière: peu profonde, profondeur moyenne ou très profonde (en mètres si possible). Il n'est pas nécessaire d'indiquer les petits cours d'eau.**

**5.2 Comprend les ponts existants: type (en bois, en pierres, en béton), largeur et longueur (mètres), profondeur de l'eau et état du pont (bon, mauvais ou effondré).**

**DONNEES SUR LA  
PRODUCTIVITE ET  
EFFET DES PARAMETRES**



La présente annexe montre l'effet des paramètres généraux et des paramètres spécifiques sur le rendement résultant de différentes combinaisons des facteurs dans la réalisation de diverses tâches et activités du processus de construction. Les observations relevées dans plusieurs pays sont résumées dans une série de tableaux.

Toutes les données présentées dans les tableaux et graphiques de la présente annexe proviennent d'observations effectuées pendant la réalisation de travaux de génie civil. Les différences sensibles apparaissant entre les modes d'organisation, les types de main-d'oeuvre, les systèmes de rémunération et l'environnement des chantiers expliquent les fortes variations du rendement. Il a donc fallu réunir de multiples observations sur les travaux en cours. C'est ainsi que les résultats obtenus pour le transport pas brouettes proviennent d'observations portant sur environ 2.000 hommes-jours. Les méthodes de collecte des données peuvent être classées de la façon suivante:

- \* *Données générales* - De très nombreuses observations ont été effectuées sur différents chantiers. Lorsque de nouvelles méthodes ont été introduites, les relevés se sont prolongés suffisamment longtemps pour que l'on parvienne à un taux stable de rendement.
- \* *Exemple* - Seules quelques observations ont été recueillies, parfois pendant deux ou trois jours seulement et habituellement sur un seul chantier.

**SOURCES DES DONNEES**

a. *Travaux en cours* - Les relevés portent sur une méthode qui était déjà utilisée normalement sur le chantier étudié.

b. *Démonstration* - Les relevés portent sur une méthode récemment adoptée sur le chantier. Les travaux productifs ont été effectués suivant cette méthode, mais la productivité est appelée à augmenter avec l'expérience.

c. *Expérimentation* - Les relevés portent sur une méthode expérimentale qui n'a pas servi à réaliser de travaux productifs.

*Données sur  
les tâches*

La productivité d'une activité peut varier considérablement. Pour obtenir des données sur une activité à partir des données sur les tâches, il faut partir d'hypothèses. Dans le cas des tâches d'excavation et de chargement, par exemple, il est indispensable de connaître le type de sol et la hauteur de chargement, ou de se fonder sur des hypothèses. Les estimations relatives à une tâche comportant plusieurs activités (comme excavation, chargement, transport, déchargement et épandage) ne sont donc précises que pour un ensemble de conditions données. C'est pourquoi chaque figure ou tableau reproduisant les données sur une tâche dans la présente annexe donne la liste des conditions qui étaient par hypothèse réunies pour l'établissement des figures. Les figures et tableaux doivent être utilisés compte tenu de ces hypothèses.

*Données relatives  
à un pays*

Les normes de productivité reproduites sous forme de graphiques dans la présente annexe sont souvent complétées par des observations distinctes provenant de pays où des projets sont en cours de réalisation par des méthodes manuelles. La totalité des projets ne faisant que commencer, la productivité devrait s'améliorer. Les données concernant le Kenya, en particulier, portent sur la deuxième et troisième années d'exécution d'un projet pour lequel la gestion est de qualité acceptable ou bonne et la plupart des travaux sont rémunérés à la tâche; la productivité peut s'améliorer. Les données relatives au Honduras portent sur la deuxième année de réalisation d'un projet dont tous les travaux sont rémunérés à la journée; la productivité ne s'améliorera probablement pas si l'on n'institue pas de primes. Les données recueillies au Lesotho portent sur la première année de réalisation d'un projet; la productivité pourra s'améliorer sensiblement.

CONDITIONS NORMALES

A moins d'indications contraires, toutes les données sur la productivité présentées dans la présente annexe correspondent aux conditions normales dont la liste figure ci-après.

*Paramètres de gestion  
et de primes*

Les conditions normales sont celles qui se présentent dans trois cas:

- \* Pays utilisant traditionnellement les méthodes de construction manuelles ("pays traditionnel"), où la gestion des chantiers est acceptable et les primes faibles (travail rémunéré à la journée).
- \* Pays qui adopte progressivement les méthodes manuelles ("pays non traditionnel") au cours de la troisième année de réalisation d'un nouveau programme, où la gestion du chantier est moyenne et les primes sont moyennes (par exemple, travail rémunéré à la tâche).

- \* Pays n'utilisant pas traditionnellement les méthodes manuelles, parvenu à la cinquième année de réalisation d'un nouveau programme où la gestion des chantiers est acceptable et les primes sont faibles (travail rémunéré à la journée).

**DENSITE DU SOL.** Chaque fois qu'il faut convertir un poids en volume, la densité du sol sur place est toujours de 1,76 tonne par mètre cube.

**DISTANCE DE TRANSPORT.** Distance équivalente = distance horizontale + 10 x élévation verticale. (Note: ce rapport ne s'applique qu'au transport par des moyens manuels ou à l'aide d'animaux.) Lorsque les pistes de transport diffèrent à l'aller et au retour, la distance équivalente est mesurée lors du transport de la charge.

**MAJORATION POUR EQUILIBRAGE DE L'EQUIPE.** Une majoration de 10 % est appliquée à la somme des coefficients techniques de l'activité lors de l'établissement des données sur une tâche.

**DUREE DU TRAVAIL.** La norme est de huit heures par jour de temps disponible (TD).

**CLIMAT.** La température de l'air varie par hypothèse de 15°C à 38°C pendant les heures de travail. Les précipitations sont supposées être nulles pendant les heures de travail et il est supposé que l'humidité relative ne réduit pas la productivité.

**ENVIRONNEMENT DU CHANTIER.** L'altitude est supposée être inférieure à 2.000 mètres au-dessus du niveau de la mer. La configuration du terrain, le type de travaux effectués et la circulation locale n'ont, par hypothèse, pas d'effet défavorable sur la productivité.

**ENVIRONNEMENT HUMAIN.** Les normes de santé et de nutrition correspondent à la condition physique d'un ouvrier indien ou indonésien moyen. Dans des conditions normales, il est supposé aussi que les ouvriers ont au moins deux ans d'expérience dans l'utilisation des outils, même si ce n'est pas nécessairement pour des travaux de construction, et que les coutumes locales n'ont pas pour effet de réduire la productivité.

De nombreux paramètres caractérisant un chantier particulier peuvent s'écarter des conditions normales. Les ajustements pouvant être effectués en fonction des caractéristiques de chaque chantier sont indiqués ci-après pour chaque paramètre.

La productivité des travaux de terrassement relevée en Inde et en Indonésie peut atteindre quatre fois la norme lorsque la gestion est bonne et que les primes sont élevées (travail à la pièce), et que la journée de travail est plus longue (habituellement neuf heures). Inversement, au Tchad, pays qui ne recourt pas traditionnellement aux méthodes manuelles, les productivités observées pendant les premiers mois de réalisation d'un projet, pour lequel les primes étaient faibles (travail rémunéré à la journée), la gestion moyenne et la journée de travail de sept heures, ont

*Autres paramètres normaux*

**AJUSTEMENTS  
AUX NORMES  
DE PRODUCTIVITE**

*Paramètres de gestion  
et de primes*

atteint le tiers de la norme. Le tableau 7-7 indique les coefficients de correction appropriés.

#### *Autres paramètres normaux*

**MAJORATION POUR EQUILIBRAGE DE L'EQUIPE.** Les 10 % déjà inclus dans les données sur la productivité d'une tâche doivent être considérés comme un minimum. Toute augmentation attribuable à l'insuffisance de la gestion est comprise dans le coefficient de gestion. Lorsque les équipes sont peu nombreuses (six ouvriers ou moins) ou que des tâches complexes font appel à trois groupes ou plus d'ouvriers, la majoration doit être de 20 à 30 %.

**CLIMAT.** L'effet de la température de l'air est plus ou moins sensible suivant l'habitude qu'ont les ouvriers de travailler dans ces conditions, mais les données sur la productivité doivent être ajustées lorsque pendant plus de 25 % des heures de travail la température à l'ombre est supérieure à 38°C ou inférieure à 15°C (10°C dans les régions habituellement froides). L'effet des précipitations peut être pris en compte dans le coefficient de perte de temps étudié dans le chapitre 7.

**ENVIRONNEMENT DU CHANTIER.** Pour tenir compte des effets de l'altitude, multiplier la norme de productivité par 1,00 jusqu'à 2.000 mètres au-dessus du niveau de la mer et par 0,65 à 3.500 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Il faut toutefois souligner que ce multiplicateur ne s'applique qu'à la productivité des ouvriers non acclimatés. Par ailleurs, d'autres effets de l'altitude, en particulier les températures moins élevées, peuvent favoriser une augmentation de la productivité.

**ENVIRONNEMENT HUMAIN.** La productivité des ouvriers non habitués aux travaux de construction correspondra probablement à la moitié de la norme la première année.

#### AVERTISSEMENTS

Veiller à ce que toutes les tâches subsidiaires aient été prises en compte pour calculer les données sur la productivité d'une opération complète, et notamment:

#### *Données sur les tâches*

- \* Nivellement et finition des terrassements (qui peuvent ajouter de 20 à 30 % aux ressources nécessaires à la construction de canaux et de digues).
- \* Compactage et arrosage.
- \* Elimination et remise en place de la terre végétale.
- \* Défrichage et nettoyage (en particulier dans les travaux routiers).
- \* Main-d'oeuvre auxiliaire, comme les porteurs d'eau et les contrôleurs de la circulation.
- \* Réparation des campements après la pluie, une tempête, un incendie.

Tenir compte, en outre, de l'effet des paramètres généraux suivants:

- \* Gestion, primes et durée du programme.
- \* Longueur de la journée de travail.
- \* Climat (température, pluies et vent).

- \* Environnement du chantier (terrain, altitude, type de travail et interférence de la circulation).
- \* Santé et nutrition, coutumes locales et connaissances traditionnelles.

Envisager aussi l'effet de ces facteurs de planification:

- \* Disponibilité en eau potable et régularité de l'approvisionnement.
- \* Longueur du trajet domicile-travail des ouvriers.
- \* Conditions de vie des ouvriers (en particulier pendant les pluies ou les tempêtes).
- \* Disponibilité de nourriture pour les ouvriers (y compris les repas pris sur le chantier).
- \* Effet des jours de paye sur le rendement.
- \* Effet de la pluie, de la neige ou du vent sur les conditions de travail (les gîtes de matériaux peuvent par exemple être inondés et les pistes glissantes).

Enfin, ne pas oublier que les tâches doivent toujours être fixées à un niveau supérieur à celui de la productivité moyenne prévue.

Lorsque l'on utilise les données relatives à une activité pour obtenir les données sur une tâche, il y a lieu de tenir compte des effets qu'entraîne le recours à une main-d'œuvre en grande partie familiale, en particulier pour l'équilibrage des équipes. Il en faut pas oublier non plus que dans les normes de productivité, les deux tiers d'une journée de huit heures sont par hypothèse effectivement travaillés; pour des périodes plus courtes (chargement ou déchargement d'un camion), la productivité peut atteindre de 1,5 à 3 fois la norme. Mais il faut savoir que si la productivité du travail peut varier entre 0,25 et 4 fois la norme, la productivité des camions, des tracteurs, des rouleaux et du matériel en général ne s'écartera probablement pas de 0,5 à 2 fois la norme. Il faut aussi bien tenir compte des activités subsidiaires. Il peut s'agir de l'épandage ou du nivellement, que l'on peut inclure dans la tâche ou considérer comme une tâche séparée. Enfin, il faut tenir compte des effets ci-après du contrôle de la qualité:

- \* Arasage et nivellement, qui peuvent accroître sensiblement les ressources nécessaires au creusement d'un canal.
- \* Remplissage et nivellement, ce qui peut entraîner un nouveau déplacement du sol non mis à niveau.
- \* Profilage, qui peut compliquer les travaux routiers.
- \* Travaux mal terminés, qui doivent souvent être refaits; cette opération peut faire diminuer de moitié la productivité des terrassements.

Dans l'activité d'excavation, la dureté du sol influe beaucoup sur la productivité. De même, l'état de la piste de transport détermine la productivité de l'activité de transport. Ces paramètres et d'autres (comme la gestion, les primes et les méthodes de rémunération) sont affectés d'un numéro de code dans les tableaux et figures de la présente annexe. On trouvera dans les tableaux F-1 et F-2 et la figure F-1 les définitions des paramètres d'excavation et de transport.

*Données sur une activité*

**CODES DES PARAMETRES**

DONNEES DE  
PRODUCTIVITE  
OBSERVEES

Les tableaux F-3 à F-11 et les figures F-2 à F-7 indiquent les productivités observées pour toutes les activités de terrassement et pour plusieurs tâches comportant deux ou trois activités.

SYNTHESE DES  
DONNEES SUR LES  
TACHES ET DES  
DONNEES SUR  
LES OPERATIONS

Etant donné la productivité de diverses activités, on peut calculer la productivité en faisant la synthèse des données sur les tâches et les opérations que comportent ces activités. Les tableaux F-12 à F-14 en donnent l'illustration pour des tâches d'une complexité variable réalisées à l'aide de combinaisons différentes de main-d'oeuvre et de matériel.

SYNTHESE DES  
DONNEES SUR  
LES TACHES

On trouvera dans les tableaux F-15 à F-17 et les figures F-8 à F-12 la synthèse des données pour divers travaux de terrassements et tâches les plus courantes des travaux routiers. Pour les tâches les plus complexes en particulier, il y aura lieu de prendre en compte toutes les variables avant d'utiliser ces données.

Tableau F-1. Paramètres d'excavation et valeurs

A. Sols consistants

Code	Description	Essai de reconnaissance sur place	Résistance à l'écrasement <sup>a</sup> air libre (kN/m <sup>2</sup> )	Indice de liquidité <sup>b</sup>
2	Tendre	Modelé facilement avec les doigts	25 à 50	0,7 à 1,4
3	Ferme	Modelé par pression avec les doigts	50 à 100	0,2 à 0,7
4	Dur	Ne peut être modelé avec les doigts	100 à 200	-0,1 à 0,2
5	Très dur	Friable ou très résistant - pic utile pour excavation à la main	200 à 400	-0,3 à 0,1
6	Compact	Difficile à creuser à la main, même avec pic	plus de 400	moins de -0,3

B. Sols non consistants

Code	Description	Essais de reconnaissance sur place	Densité relative
2	Très meuble	Peut être creusé facilement à la bêche	Moins de 0,2
3	Meuble	Peut être creusé à la bêche	0,2 à 0,4
4	Compact	Nécessite un pic ou autre outil tranchant	0,4 à 0,6
5	Dense	Barre utile pour creuser à la main	0,6 à 0,8
6	Très dense	Difficile à creuser à la main même avec une barre	Plus de 0,8
7	Roche tendre	Barre et pic nécessaires	

- a. La résistance à l'écrasement est celle qui correspond au meilleur coefficient, qui doit être utilisé chaque fois que possible.
- b. Indice de liquidité = (Teneur naturelle en eau - plasticité limite) + (liquidité limite - plasticité limite).

Source: Banque Mondiale.

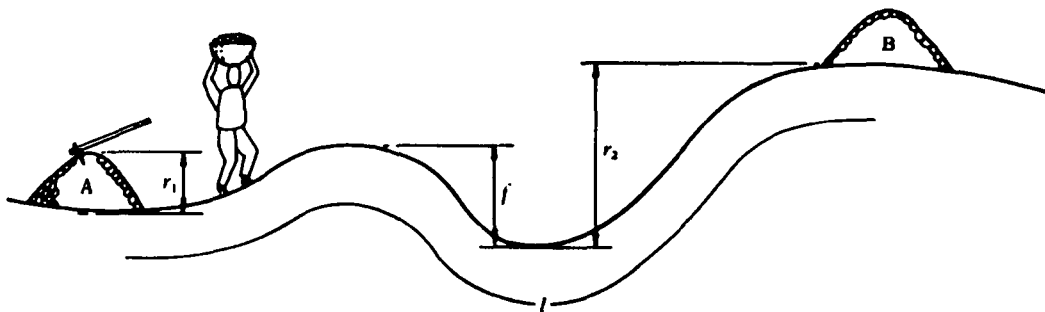
**Tableau F-2. Données sur la productivité du transport à la main ou à l'aide d'un véhicule**

Code	Description de la piste	Type de surface	Facilité de transport par charrette ou brouette sans pneus	Facilité de transport par véhicule ou brouette avec pneus	Vitesse moyenne de transport par camion (km/h) <sup>a</sup>	Valeur type du coefficient de résistance au roulement <sup>b</sup>
1	Très mauvaise	Terre, boue, non entretenue, sable ou graviers	Pratiquement impossible	Très difficile	Moins de 10	0,15 à 0,4
2	Mauvaise	Terre, mal entretenue (limon argileux sec)	Très difficile	Assez difficile	10-20	0,1
3	Moyenne	Piste ou chemin en terre normal sur chantier	Assez difficile	Peu difficile	20-30	0,07
4	Bonne	Terre dure et régulièrement compactée, bien entretenue	Pas difficile	Pas difficile	30-40	0,05
5	Excellente	Béton, asphalte, graviers, piste pour brouette bien entretenue	Aucune difficulté	Aucune difficulté	Plus de 40	0,03

- a. Les vitesses de transport par véhicule ne sont pas nécessairement celles du véhicule de transport lui-même, mais celles que peut atteindre un camion chargé, bien conduit et bien entretenu (de 5 tonnes, par exemple) dans les conditions de circulation que présente la piste.
- b. Coefficient de résistance au roulement ( $C_r$ ) = force nécessaire au déplacement du véhicule + poids brut du véhicule. Ces valeurs ne sont données qu'à titre indicatif - le paramètre dépend de la vitesse que peut atteindre le véhicule.

Source: Banque Mondiale.

**Figure F-1. Définition des paramètres de transport**



**Note:** Longueur de transport ( $l$ ) = longueur de la piste de transport en mètres, mesurée le long de la surface de la piste, pour un trajet avec chargement. Si la distance de transport est inférieure à deux mètres, il ne s'agit pas de transport mais d'une opération faisant partie de l'activité la précédant ou la suivant.

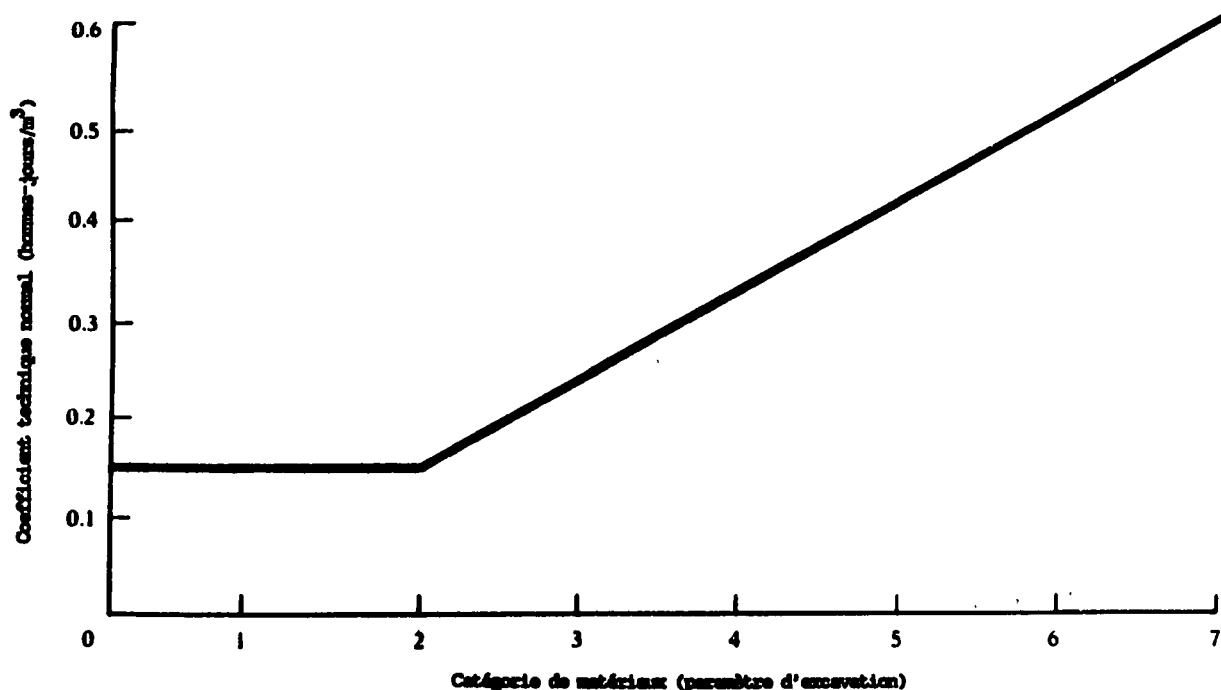
Élévation ( $r_1 + r_2$ ) = somme de la hauteur des montées le long de la piste utilisée pour le trajet avec chargement, mesurée verticalement en mètres.

Descente ( $f$ ) = somme des hauteurs des descentes le long de la piste utilisée pour le trajet avec chargement, mesurée verticalement en mètres.

Source: Banque Mondiale.



Figure F-2. Effet des catégories de matériaux sur la productivité de l'excavation à la main



Source: Banque Mondiale.

Tableau F-3. Productivité de l'excavation à la main

Paramètre d'excavation	Type de matériaux	Coefficient technique normal (hommes-jours/m <sup>3</sup> )					
		Excavation uniquement	Excavation-chargement pour diverses hauteurs de chargement (m)				
			0	0,5	1,0	1,5	2,0
2	Sol tendre/très meuble	0,15	0,15	0,18	0,22	0,27	0,33
3	Sol ferme/meuble	0,24	0,24	0,27	0,31	0,36	0,42
4	Sol dur/compact	0,33	a	a	a	a	a
5	Sol très dur/très dense	0,42	a	a	a	a	a
6	Sol dur/très dense	0,51	a	a	a	a	a
7	Roche tendre	0,60	a	a	a	a	a

**Note:** Conditions normales appliquées. Les données concernent l'excavation à la main ou l'excavation et le chargement à la main en un seul mouvement. Il est supposé que le terrassier ameublira le sol ou brisera les roches tendres sur place à l'aide d'outils manuels et ne les déplacera pas sur une distance de plus de un mètre. Les données se rapportent aussi au chargement s'il est effectué en même temps que l'excavation.

a. Normalement, il n'est pas possible de creuser et charger en un seul mouvement les sols de type 4 et au-dessus.

Source: Banque Mondiale.

**Tableau F-4. Productivité du chargement et du déchargement à la main**

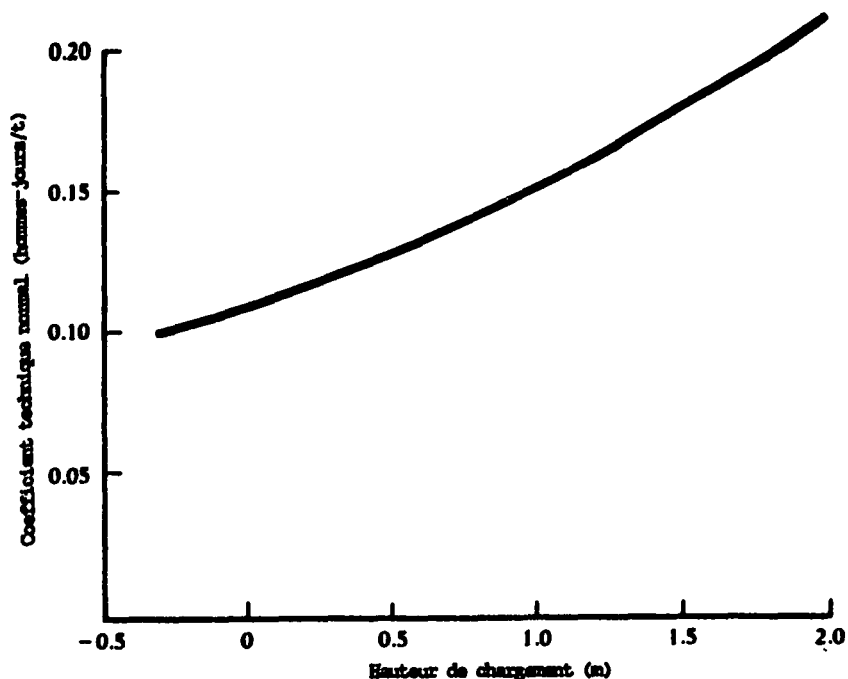
Hauteur de chargement <sup>a</sup> (m)	Coefficient technique normal	
	Soils de remblai (hommes-jours/m <sup>3</sup> )	Autres matériaux (hommes-jours/t)
-0,3 <sup>b</sup>	0,17	0,10
0	0,19	0,11
0,5	0,22	0,13
1,0	0,26	0,15
1,5	0,31	0,18
2,0	0,37	0,21

*Note:* Conditions normales appliquées. Les données se rapportent au chargement et au déchargement à la main. Il est supposé que le terrassier chargera la terre ameublie, les roches ou autres matériaux non agglomérés et les déchargera à la main ou à l'aide d'outils (*pas*, par exemple, des paniers ou des brouettes). Lorsque le chargement est effectué dans le même mouvement que l'excavation, il faut utiliser les données du tableau F-3.

- La hauteur de chargement s'entend de la distance verticale de déplacement des matériaux pendant le chargement.
- Le coefficient technique de hauteur de chargement de -0,3 s'applique à toutes les hauteurs de chargement négatives et au déchargement.

Source: Banque Mondiale.

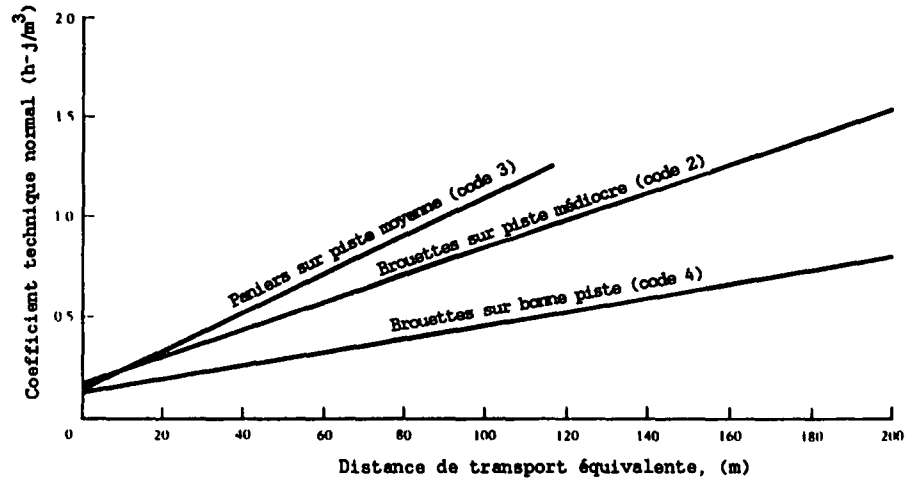
**Figure F-3. Effet de la hauteur de chargement sur la productivité du chargement et du déchargement manuels des pierres et d'autres matériaux meubles**



*Note:* Voir définitions au tableau F-4.

Source: Banque Mondiale.

Figure F-4. Effet de la distance de transport et de l'état de la piste sur la productivité du transport et du déchargement à la main



Note: Voir notes du tableau F-5.  
Source: Banque Mondiale.

Tableau F-5. Productivité du transport et du déchargement à la main

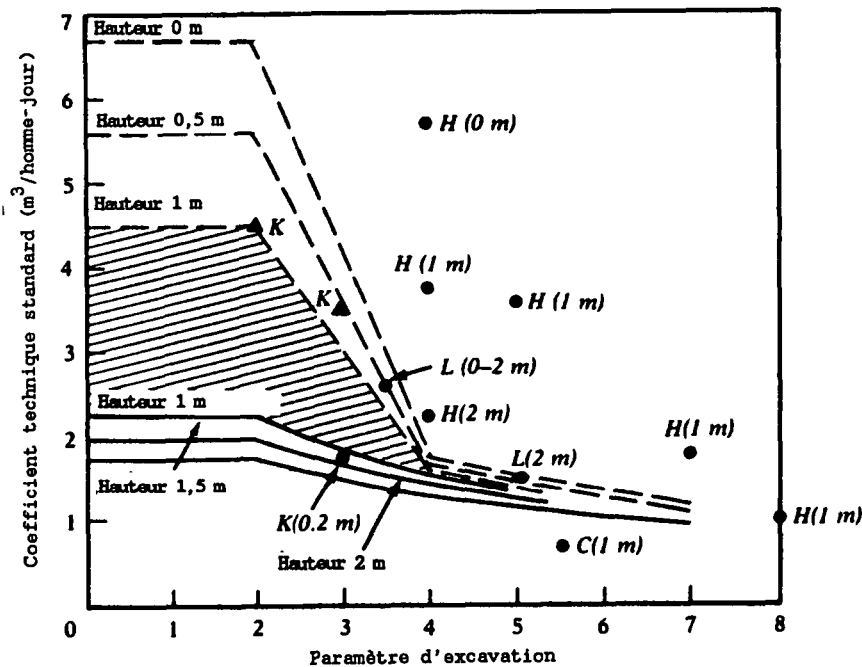
Distance de transport équivalente, H <sup>a</sup> :	Coefficient technique normal (hommes-jours/m <sup>3</sup> )		
	Transport par panier sur la tête piste moyenne Code 3	Transport par brouette	
		Bonne piste Code 4	Mauvaise piste Code 2
5 m	0,18	0,14	0,25
10 m	0,23	0,16	0,28
20 m	0,33	0,19	0,35
40 m	0,52	0,26	0,48
60 m	0,71	0,33	0,61
80 m	0,90	0,39	0,75
100 m	1,10	0,46	0,88
120 m		0,53	1,01
140 m		0,60	1,15
160 m		0,67	1,28
180 m		0,73	1,41
200 m		0,80	1,55
Éléments du travail:			
Charge (kg)	25	70	40
Vitesse en charge (m/min.)	50	50	50
Vitesse à vide (m/min.)	40	40	40
Temps de chargement (min.)	0,1	0,2	0,2
Temps de déchargement (min.)	0,04	0,3	0,3
Temps de repos nécessaire (min.)	0,5	1,1	1,1
Durée du cycle (min.)	0,64 + 0,045H	1,6 + 0,045H	1,6 + 0,05H
Coefficient technique (h-j/m <sup>3</sup> )	0,136 + 0,0096H	0,122 + 0,0034H	0,213 + 0,0067H

Notes: Conditions normales appliquées. Les données se rapportent au chargement ou au déchargement de paniers portés sur la tête (ou système semblable) ou de brouettes de type occidental. Il est supposé que le terrassier prendra son chargement, le transportera, le déchargera (en le faisant basculer) et reviendra à vide. Les données concernant les paniers valent aussi pour les plateaux, les palanches et autres moyens de transport semblables. Les brouettes de type occidental sont munies d'une seule roue placée à l'avant de la caisse, avec pneumatique et coussinet anti-friction.

a. Distance de transport équivalente = Distance de transport + 10 x élévation (voir aussi figure F-1).

Source: Banque Mondiale.

Figure F-5. Effet de la hauteur de chargement sur la productivité de l'excavation et du chargement à la main



Légende: - - - Excavation et chargement en un seul mouvement, sol meuble ou ferme.

— Excavation et chargement séparés dans des sols résistants ou durs.

▨ Dans cette zone, la productivité dépend de la possibilité d'accomplir les deux activités en un seul mouvement.

K = Données relevées au Kenya

H = Données relevées au Honduras

L = Données relevées au Lesotho

T = Données relevées au Tchad

*Note:* Les chiffres indiqués entre parenthèses sont les hauteurs de chargement. Les données ayant servi à établir ce graphique sont tirées des tableaux F-3 et F-4. Les points indiquent des données observées pendant des tâches d'excavation et de chargement; les triangles indiquent des données observées pendant une activité d'excavation et chargement (jet de pelle 0-5 m).

Les données relatives à l'excavation et au chargement peuvent être utilisées pour les tâches d'excavation et de chargement à la pelle jusqu'à une distance de 5 mètres. Une hauteur de chargement de 1 mètre peut être considérée comme équivalant à un jet de pelle de 5 mètres.

Les conditions normales sont appliquées. Voir dans le tableau F-1 la définition des paramètres d'excavation.

Source: Banque Mondiale.

Tableau F-6. Données sur la productivité du chargement, du transport et du déchargement à l'aide d'animaux, selon le mode de transport

Pays	Paniers			Charrettes					Décapoues			
	Ans Inde	Ans Inde	Chameau Inde	Mule Inde	Mule Inde	Chameau Inde	2 boeufs <sup>a</sup> Indonésie	Buffle Inde	Buffle Philippines	Buffle Philippines	2 boeufs <sup>a</sup> Indonésie	
Nature des données	Ex. en cours	Ex. en cours	Ex. en cours	Ex. en cours	Ex. en cours	Ex. en cours	Ex. expérimental	Ex. en cours	Ex. démonstratif	Ex. démonstratif	Ex. expérimental	
Distance (m)	240	160-260	360	108	580	235-320	100	580	100	65	65	
Élévation (m)	6,6	5	3-5-5	2	3	2,5	plat	3	plat	plat	plat	
Gestion	3	4	4	3	4	5	.	4	.	.	.	
Méthode de rémunération	3	3	3	1	3	3	1	3	3	3	1	
Charge (kg)	100-200		450	600	700	1.200	1.400	800	540	100	100	
Vitesse chargée (m/min.)					63	59	39	35	49		60	
Durée du cycle (4) (min.)					31	16	14	47	11	3,5	3,3	
Coefficient tech. (heure équipe/m <sup>3</sup> ) <sup>b</sup>	3,9	3,5	1,1	0,6	0,9	0,5	0,7	1,3	0,7	1,3	1,0	
Journée de trav. (heure)	7,7	7	7,8	7,3	8 <sup>c</sup>	9,9	7 <sup>c</sup>	8 <sup>c</sup>	7 <sup>c</sup>	7 <sup>c</sup>	7 <sup>c</sup>	
Coefficient tech. (équipe-jour/m <sup>3</sup> ) <sup>b</sup>	0,51	0,50	0,14	0,08	0,12	0,05	0,1	0,16	0,1	0,19	0,14	

Notes: Les conditions normales ne s'appliquent pas.

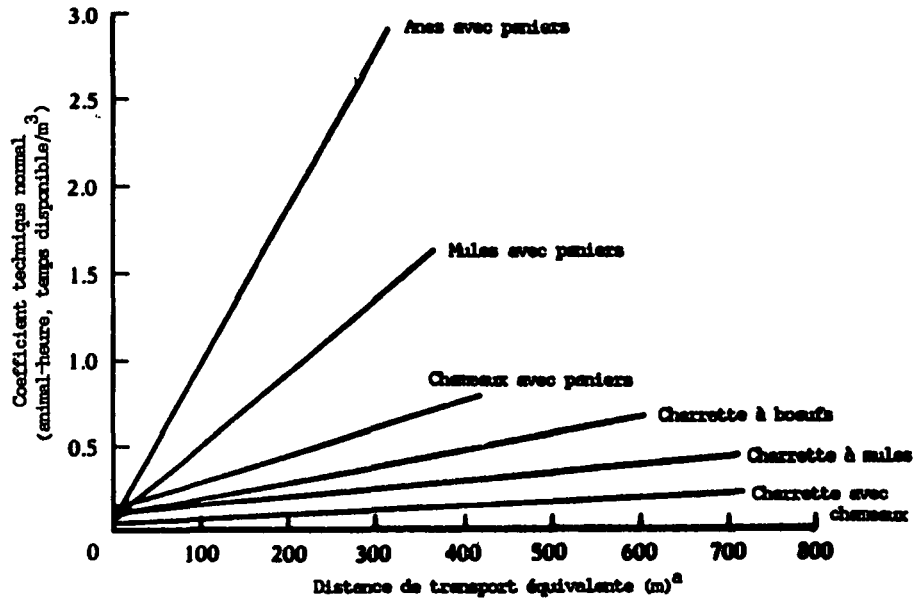
- \* Le paramètre de gestion varie (3 = moyen/4 = bon/5 = excellent)
- \* La méthode de rémunération varie (1= à la journée/3 = à la pièce)
- \* La journée de travail varie.
- \* La densité du sol sur place n'a pas été relevée.

Les données se rapportent au chargement, au transport et au déchargement. Il est supposé que l'ouvrier charge l'animal (qui attend), que l'animal transporte la charge (accompagné habituellement par l'ouvrier), que l'ouvrier décharge l'animal ou que le chargement se déverse, et que le retour s'effectue à vide. L'équipe se compose d'animaux (avec ou sans charrettes) et de main-d'oeuvre. L'état de la piste est par hypothèse moyen (code 3).

- a. Un boeuf entraîné pourrait probablement être utilisé dans ce cas.
- b. Les chiffres de la durée du cycle et des ressources comprennent le temps d'attente pendant le chargement et le déchargement par la main-d'oeuvre. L'équipe comprend la main-d'oeuvre.
- c. Estimations.

Source: Banque Mondiale.

Figure F-6. Effet de la distance de transport sur la productivité du transport et du déchargement à l'aide d'animaux



*Note:* Les conditions normales ne s'appliquent pas: (1) par hypothèse, 90 % du temps est passé en travail effectif; (2) les méthodes de gestion et de rémunération sont généralement celles du tableau F-6. Les données proviennent d'un nombre relativement restreint d'observations, étalées dans certains cas sur moins d'un jour. L'état de la piste est par hypothèse moyen (code 3).

a. Distance de transport équivalente = distance de transport + 10 x élévation (voir aussi la figure F-1).

Source: Banque Mondiale.

Tableau F-7. Données sur la productivité de l'épandage manuel

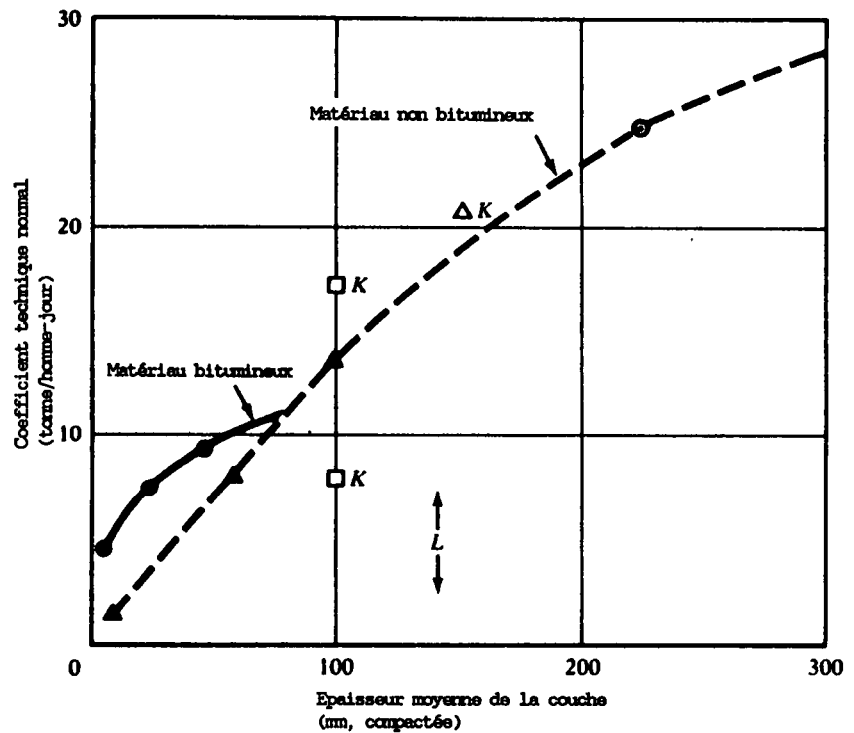
Type de matériaux	Mode de transport	Épaisseur de la couche compactée ou rythme d'épandage	Coefficient technique normal (homme-jour/unité)
Sol de remblai	Panier sur la tête	150-300 mm <sup>a</sup>	0,08
Sol de remblai	Brouette ou animaux	150-300 mm <sup>a</sup>	0,09
Sol de remblai	Charrette avec animaux, remorque ou camion	150-300 mm <sup>a</sup>	0,12
Graviers pour couche de base	Camion	100 mm	0,07
Roches concassées pour sous-couche, etc., de base	Camion	100 mm	0,07
Latérite, murums, etc., pour macadam à l'eau	Camion	60 mm	0,13
Macadam bitumineux	Brouettes	8 mm	0,73
		20-25 mm	0,14
		40-80 mm	0,09
Rechargement béton asphaltique	Camion	40-50 mm	0,11
Enduit au mortier d'asphalte	Manuel	1,5 mm	0,33
		4 mm	0,24
Gravillons pour surface	Plateau sur la tête	20 kg/m <sup>2</sup>	0,11
Asphalte	Manuel	0,3-0,6 l/m <sup>3</sup>	0,003
Eau	Manuel	Non disponible	0,0005

*Notes:* Les conditions normales s'appliquent. Les données se rapportent à l'épandage manuel. Il est supposé que le terrassier répartira le matériau non aggloméré déposé en une couche uniforme. S'il s'agit de terre, il brisera les grosses mottes et éliminera la matière organique. Ne comprend pas le transport des matériaux depuis la réserve ou d'un autre endroit.

a. Épaisseur des remblais non tassés 200-400 mm.

Source: Banque Mondiale.

Figure F-7. Effet de l'épaisseur de la couche sur la productivité de l'épandage manuel



Légende: Terrassements en Inde (densité sur place, 1,8 t/m<sup>3</sup> par hypothèse)

Couches de base et sous-couches en Inde

Revêtement bitumineux en Inde

Terrassements au Kenya

Couche de base en murum au Kenya

Couche de base en graviers au Lesotho (approximatif)

*Note:* Les conditions normales s'appliquent. Voir dans le tableau F-7 la description de l'activité et des travaux. Les chiffres sont ceux des données générales en Inde; les chiffres du Lesotho et du Kenya proviennent de données relevées sur des chantiers en cours.

Source: Banque Mondiale.

Tableau F-8. Données sur la productivité du compactage par des moyens mécaniques

Type de compacteur	Production moyenne de l'installation						Catégorie et état des sols où peut être utilisé le compacteur
	Largeur compactée (m)	Vitesse du rouleau (m/min.)	Nombre de passages nécess.	Surface compactée par heure <sup>a</sup> (m <sup>2</sup> )	Profondeur de la couche compactée (mm)	Volume de sol compacté par heure (m <sup>3</sup> )	
Cylindre lisse, 2,8 t	1,30	50	8	488	130	63	Convient à la plupart des sols avec degré d'humidité des Iles britanniques
Cylindre lisse, 8 t	1,78	50	4	1 320	150	198	Convient à tous les sols, sauf argile limoneuse et sable à granulométrie régulière
A grille, 13,5 t, avec tracteur à chenille 60 kw	1,60	125	7	1 715	200	343	Convient à tous les sols pour divers degrés d'humidité par ajustement du ballast
A grille, 13,5 t, avec tracteur à pneus 112 kw	1,60	250	8	3 000	200	600	Voir observations ci-dessus à cette réserve près que cette combinaison ne convient pas pour du sable à granulométrie régulière ou des sols très humides
Rouleau à pneus, 12 t	2,08	50	4	1 560	130	203	Convient à la plupart des sols avec degré d'humidité typique des Iles britanniques et particulièrement aux sols consistants humides
Rouleau à pneus, 46 t	2,36	50	3	2 360	250	590	Convient à la plupart des sols pour divers degrés d'humidité par ajustement du ballast et de la pression des pneus
Rouleau vibrant, 200 kg poussé manuellement	0,61	10	8	46	80	3,7	Convient sur sols granuleux uniquement
Rouleau vibrant double 1.000 kg	0,81	20	4	243	150	36	Convient sur sols granuleux uniquement
Rouleau vibrant double 1,7 t	0,84	15	4	189	110	21	Convient sur sols granuleux uniquement
Rouleau vibrant tracté 3,8 t	1,83	40	6	730	250	180	Convient à tous les sols sauf sable à granulométrie uniforme
Rouleau vibrant autottracté 7,7 t	1,83	80	6	1 460	150	220	Convient à tous les sols sauf sable à granulométrie uniforme
Rouleau vibrant, 12 t	2,08	40	3	1 660	300	498	Convient à tous les sols
Plaque vibrante, 200 kg	0,38	10	3	76	150	11,4	Convient aux sols granuleux uniquement
Plaque vibrante, 600 kg	0,61	15	4	137	200	27	Convient à la plupart des sols
Plaque vibrante, 2,0 t	0,86	10	2	258	300	77	Convient à la plupart des sols sauf argile lourde
Dame à moteur, 100 kg	Surf. 0,05 m <sup>2</sup>	60 coups/min.	6 coups	30	150	4,5	Convient à réfection de tranchées et compactage de petites surfaces, tous sols
Grenouille, 610 kg	Surf. 0,43 m <sup>2</sup>	50 coups/min.	12 coups	108	300	32	Convient réfection tranchées larges, tous sols
Grue à chute libre, 600 kg	Surf. 0,083 m <sup>2</sup>	25 coups/min.	2 coups	70	600	42	Convient réfection tranchées dans la plupart des sols et pour divers degrés d'humidité
Compacteur vibrant, 55 kg	0,28	5	3	28	100	2,8	Convient réfection tranchées et compactage petites surfaces, tous sols
Compacteur vibrant, 100 kg	0,40	8	3	64	200	13	Convient réfection tranchées larges et compactage petites surfaces, tous sols

Notes: Les conditions normales ne s'appliquent pas: les coefficients de rendement sont calculés à l'heure à partir des éléments des travaux des



colonnes 2-6, et multipliés par 2,13, facteur obtenu comme ci-après pour tenir compte des conditions de travail de la main-d'oeuvre analogues aux "conditions normales":

- \* Par 0,67 pour une heure de travail de 40 min.
- \* Par 0,60, efficacité du conducteur d'engin, tenant compte de l'absence de primes, etc.
- \* Par 0,67 pour tenir compte des chevauchements pendant le passage des rouleaux.
- \* Par 8 heures de travail par jour.

Les données se rapportent au compactage par des moyens mécaniques.

- a. Lorsque le matériel de compactage est souvent utilisé pour d'autres activités, les productivités indiquées peuvent diminuer.

Source: Banque Mondiale.

Tableau F-9. Données sur la productivité du compactage par des moyens manuels et à l'aide d'animaux

Matériel	Nature des données	Gestion	Poids rouleau (kg)	Largeur rouleau (mm)	Vitesse (m/min.)	Coefficient de rendement pour un passage
Rouleau à pieds mouton tiré par buffles <sup>a</sup>	Exemple expérimental	Bonne (code 4)	500	870	36,5	9.000 m <sup>2</sup> /équipe-jour
Rouleau cylindre lisse <sup>a</sup>	Exemple expérimental	Bonne (code 4)	500	870	43,2	10.000 m <sup>2</sup> /équipe-jour
Buffles seuls <sup>a</sup>	Exemple en cours	Moyenne (code 3)				25-140 m <sup>2</sup> /équipe-jour
Terrassier avec dame à bras	Exemple en cours	Moyenne (code 3)				150 m <sup>2</sup> /homme-jour

Notes: Les conditions normales ne s'appliquent pas:

- \* La gestion varie.
- \* Il est supposé que les animaux travaillent 7 heures par jour, dont 4,5 de travail effectif.
- a. L'équipe est composée de deux buffles et du conducteur + rouleau (le cas échéant), bien que des volumes de production semblables puissent probablement être atteints avec un seul buffle.

Source: Banque Mondiale.

Tableau F-10. Données sur la productivité de la fabrication d'agrégats à la main

Volume de production	Coefficient de réduction <sup>a</sup>	Coefficient technique normal (homme-j/tonne)
Agrégats de 50 mm	4	12
Graviers de 10 mm	10	30

Notes: Les conditions normales s'appliquent. Les données se rapportent à la production d'agrégats par des moyens manuels. Il est supposé que les terrassiers broient les pierres à la main à l'aide de masses, mais ne les extraient pas et ne les transportent pas.

- a. Coefficient de réduction = dimension moyenne des matériaux avant broyage + Dimension moyenne des matériaux après broyage. Le mot "dimension" s'entend dans ce contexte de la dimension linéaire moyenne de chaque morceau de matériau.

Source: Banque Mondiale.

**Tableau F-11. Données sur la productivité de la pose de la couche de base et des matériaux de la couche de roulement par des moyens manuels**

Description de la tâche	Rendement	
	m <sup>2</sup>	tonnes
<b>Tâche: Pose et compactage d'un hârisson de 150 mm</b> (épaisseur réelle: 120-150 mm)	9-14 homme-jour	3 homme-jour
<b>Activités:</b> Transport de la pierre depuis le tas situé au bord de la route, par moyens manuels	110-230 terrassier-jour	34-55 terrassier-jour
Pose d'une couche de pierres à la main Pose du hârisson à la main Compactage du hârisson avec rouleau 10 t à cylindre d'acier	460-500 rouleau-jour	110-140 rouleau-jour
<b>Tâche: Pose et compactage d'une couche d'égalisation de 60 mm</b>	24 homme-jour	4 homme-jour
<b>Activités:</b> Ependage du matériau à la main Compactage à sec avec rouleau 10 t à cylindre d'acier Réchauffement de l'asphalte au bord de la route Chargement, transport et épendage de l'asphalte à la louche Chargement, transport et épendage des gravillons par brouettes et pelles Compactage humide avec rouleau 10 t à cylindre d'acier	810 rouleau-jour	92 rouleau-jour
<b>Tâche: Mélange, pose et compactage d'une couche de surface</b> d'enrobés de 200 mm	8-15 homme-jour	0,3-0,6 homme-jour
<b>Activités:</b> Préparation de la surface à la main Réchauffement de l'asphalte au bord de la route Chargement, transport et épendage de l'asphalte à la louche Chargement, transport et épendage des gravillons à la pelle Mélange des enrobés dans une auge au bord de la route	850-1.200 homme-jour	30-60 homme-jour
Chargement, transport et déchargement des enrobés par brouettes Ependage au râteau Compactage avec rouleau 10 t à cylindre d'acier	30-60 homme-jour	0,3-0,4 homme-jour
<b>Tâche: Mélange, pose et compactage d'une couche de sable de 4 mm</b>	1.800 rouleau-jour	15 rouleau-jour
<b>Activités:</b> Préparation de la surface à la main Pose de l'enduit d'accrochage à la louche Réchauffement de l'asphalte au bord de la route Chargement, transport et épendage de l'asphalte à la louche Chargement, transport et déchargement du sable à la pelle Mélange des enrobés dans une auge au bord de la route		
Chargement, transport et déchargement des enrobés par brouettes Ependage au râteau Compactage avec rouleau 10 t à cylindre d'acier		

**Notes: Les conditions normales ne s'appliquent pas:**

\* Rémunération à la tâche (code 2).

\* Gestion moyenne (code 3).

Source: Banque Mondiale.

Tableau F-12. Synthèse des données sur la productivité d'une tâche:  
Exemple de terrassement à l'aide de brouettes

Hypothèses	
Tâche: Excavation et chargement dans des brouettes en un seul mouvement; transport, déchargement et épandage des matériaux par la main-d'oeuvre	
Type de sol	Ferme, consistant (code 3)
Distance de transport	50 m
Élévation	2 m
Etat de la piste	bon (code 4)
Hauteur de chargement à la brouette	0,6 m
Gestion <sup>a</sup>	moyenne (code 3)
Méthode de rémunération <sup>a</sup>	à la journée
Majoration pour équilibrage de l'équipe <sup>a</sup>	10 %
Journée de travail <sup>b</sup>	7 heures
Calculs	
Phase 1. Somme des coefficients techniques des activités:	
Distance de transport équivalente (50 + 10 x 2)	70 m
Ressources pour excavation/chargement (sol ferme, 0,6 m) <sup>c</sup>	0,28 homme-jour/m <sup>3</sup>
Ressources pour transport (brouette, 70 m, bonne piste) <sup>d</sup>	0,36 homme-jour/m <sup>3</sup>
Ressources pour épandage (transport par brouette) <sup>e</sup>	0,09 homme-jour/m <sup>3</sup>
Somme des ressources	0,73 homme-jour/m <sup>3</sup>
Phase 2. Conversion en coefficient de rendement de la tâche:	
Ressources pour la tâche, compte tenu équilibrage de l'équipe et pour une journée de travail de 7 heures (0,73 x 1,1 x 8/7)	0,92 homme-jour/m <sup>3</sup>
Coefficient de rendement de la tâche (1/0,92)	1,09 m <sup>3</sup> /homme-jour

- a. Les conditions normales s'appliquent.
- b. Les conditions normales ne s'appliquent pas.
- c. Voir tableau F-3.
- d. Voir tableau F-5.
- e. Voir tableau F-7.

Source: Banque Mondiale.

Tableau F-13. Synthèse des données sur la productivité d'une tâche:  
Exemple du transport des graviers par tracteur et remorque

Hypothèses		
Tâche: Chargement du gravier à la main dans une remorque basculante hydraulique, transport par tracteur, déchargement par déversement et épandage à la main en couches de 100 mm d'épaisseur		
Distance de transport		3 km (plat)
Hauteur de chargement de la remorque		1,2 m
Charge utile de la remorque		4 t
Vitesse du tracteur (moyenne chargée et à vide)		15 km/h
Temps total pour atteler et dételier + temps de manoeuvre par cycle		12 min.
Nombre de remorques par tracteur		2
Gestion <sup>a</sup>		bonne (code 4)
Méthode de rémunération <sup>a</sup>		à la tâche
Journée de travail		8 heures
Efficacité du conducteur (moyennement qualifié)		0,9
Calculs	Formule	Valeur
Phase 1. Calcul de la durée du cycle du tracteur:		
Temps de transport	$(2 \times 3 \times 60)/15$	24 min.
Durée du cycle de base	$24 + 12$	36 min.
Durée du cycle selon qualification du conducteur	$36/0,9$	40 min.
Phase 2. Calcul du rendement du tracteur:		
Durée effective de la journée de travail compte tenu de la bonne qualité de la gestion et de la rémunération à la tâche <sup>b</sup>		
	6,5	
Nombre de cycles du tracteur par jour	$(6,5 \times 60)/40$	9,75 ou environ 9 voyages par jour
Productivité (tracteur + 2 remorques)	$9 \times 4$	36 tonnes par jour
Phase 3. Calcul des besoins de main-d'oeuvre:		
Facteur d'ajustement pour tenir compte de la productivité du travail dans de bonnes conditions de gestion et de la rémunération à la tâche <sup>a</sup>		
	1,5	
Ressources nécessaires pour le chargement (1,2 m) coefficient normal <sup>c</sup>		
		0,16 homme-j/tonne
coefficient ajusté	$0,16/1,5$	0,11 homme-j/tonne
Nombre de terrassiers pour chargement	$36 \times 0,11$	3,96 soit 4
Ressources pour épandage: coefficient normal <sup>d</sup>		
		0,07 homme-j/tonne
coefficient ajusté	$0,7/1,5$	0,05 homme-j/tonne
Nombre d'ouvriers pour épandage	$36 \times 0,05$	1,8 soit 2
Nombre total d'ouvriers par tracteur	$4 + 2$	6 ouvriers

- Les conditions normales ne s'appliquent pas.
- Coefficients d'ajustement pour tenir compte de la gestion, de la rémunération et d'autres paramètres généraux. Ils doivent être évalués par le conducteur de travaux selon son expérience (quelques directives sont cependant données dans le présent ouvrage). Les coefficients ne sont pas nécessairement les mêmes pour la main-d'oeuvre et le matériel.
- Voir tableau F-4.
- Voir tableau F-7.

Source: Banque Mondiale.

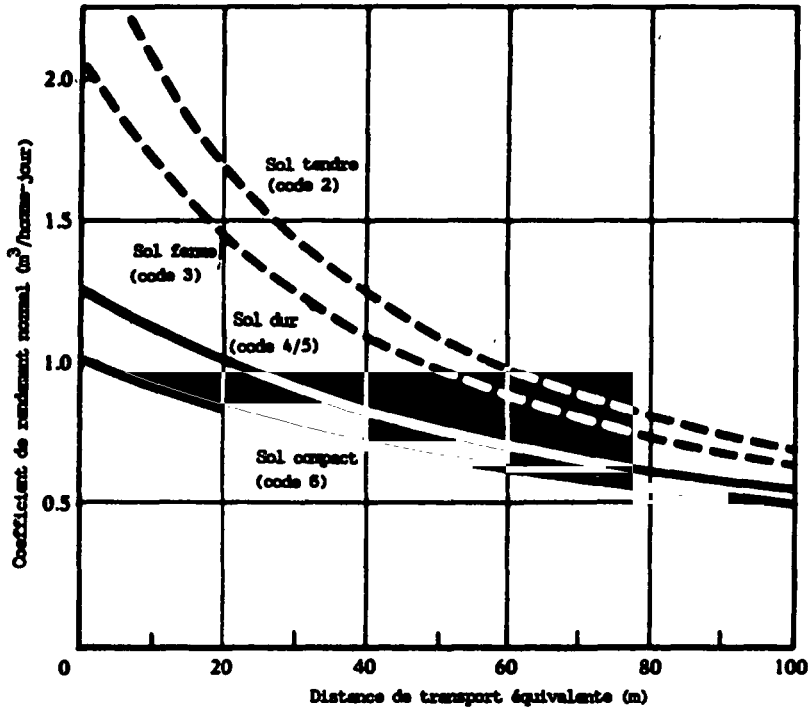
**Tableau F-14. Synthèse des données sur la productivité:  
Exemple de creusement d'un canal**

Tâche	Paramètre important	Quantité	Production prévue par (homme-j.)	Effectif nécessaire (homme-j.)
Défrichage	Débroussaillage léger	30.000 m <sup>2</sup>	150 m <sup>2</sup>	200
Enlèvement terre végétale	Sol ferme, transport sur 10 m, 100 mm épais	15.000 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	1.000
<b>Terrassements</b>				
Excavation, chargement, transport, décharg. et épandage déblais	Sol ferme, transport sur 10 m, élévation 1 m	3.000 m <sup>3</sup>	1,65 m <sup>3</sup>	1.820
Excavation, chargement, transport, décharg. et épandage matériaux	Sol dur, transport sur 120 m, élévation 1 m	1.000 m <sup>3</sup>	0,75 m <sup>3</sup>	1.330
Excavation, chargement, transport et déchargt. déblais	Sol non aggloméré (sable) transport sur 30 m, élévation 0,5 m	1.000 m <sup>3</sup>	1,5 m <sup>3</sup>	670
Nouveau déblai remblai (25%)		750 m <sup>3</sup>	2,5 m <sup>3</sup>	300
Arasage et finissage	Sol ferme	14.000 m <sup>3</sup>	20 m <sup>3</sup>	700
Remise en place terre végétale (charg. transp. décharg. et épandage)	Sol meuble sur 10 m	1.500 m <sup>3</sup>	2,0 m <sup>3</sup>	750
<b>Total partiel</b>				<b>6.770</b>
Compactage et arrosage (+ rouleau + tracteur/ 2 citernes par unité)				340
Majoration de 2 % pour travaux divers				140
<b>Effectif total (homme-jour/km)</b>				<b>7.250</b>

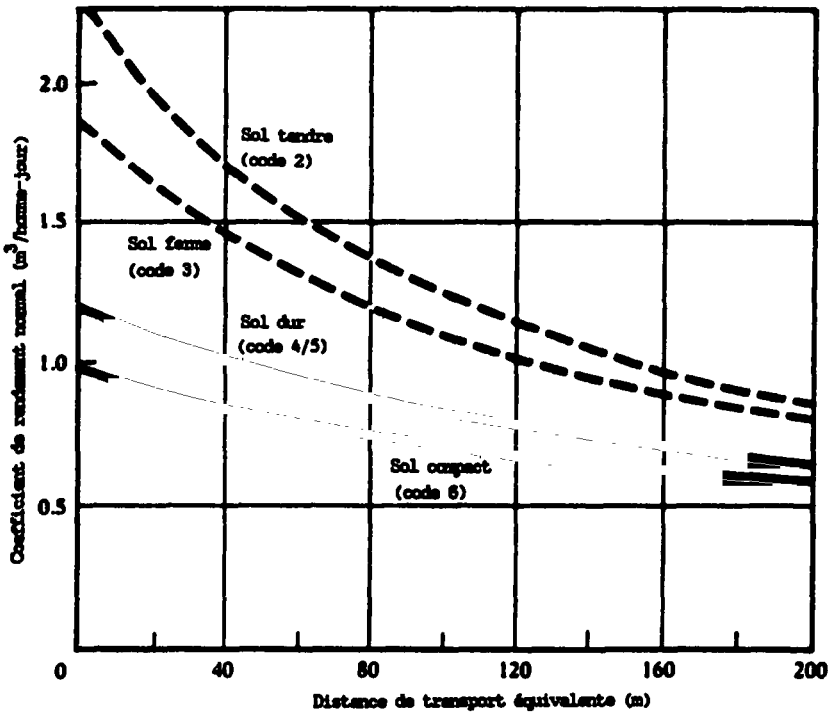
**Note:** L'opération comporte le creusement de 1 kilomètre de canal et la construction de la plate-forme.  
**Source:** Banque Mondiale.

Figure F-8. Effet des conditions du sol sur la productivité de l'excavation, du chargement, du transport, du déchargement et de l'épandage, selon le mode de transport manuel

A. Transport par paniers sur la tête, piste moyenne (code 3)



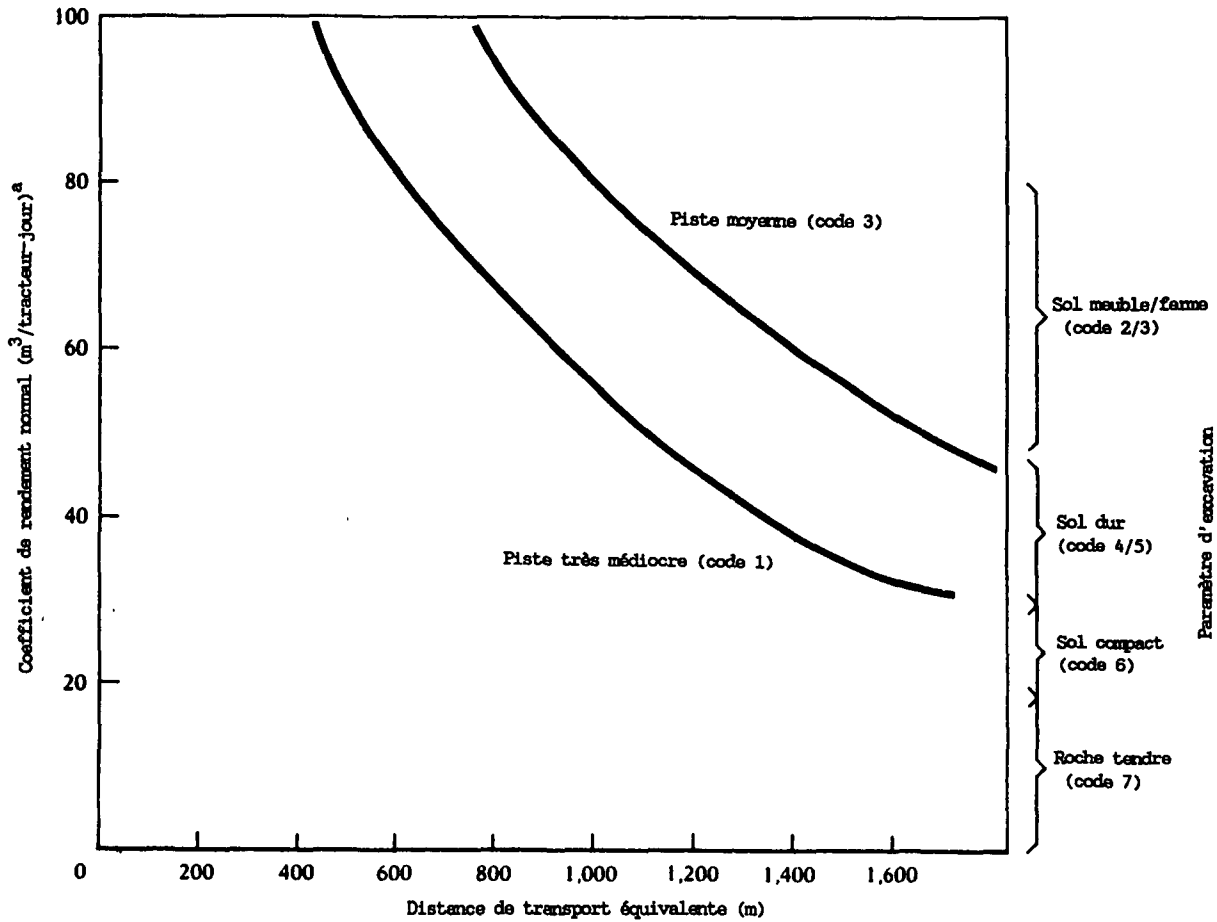
B. Brouettes sur bonne piste (code 4)



Légende: — — — Excavation et chargement en un seul mouvement, sols meubles à fermes.  
 - - - - - Excavation et chargement séparés, sols durs à compacts.

Source: Banque Mondiale.

Figure F-9. Effet de la piste de transport sur la productivité de l'excavation, du chargement, du transport, du déchargement et de l'épandage à la main, avec transport par tracteur et remorque basculante



Note: Voir les notes du tableau F-15.

- a. En pratique, le rendement est limité par le nombre d'ouvriers qui peuvent travailler efficacement sur un chantier. Pour des tracteurs de plus de 35 CV et des remorques de plus de 3 tonnes, multiplier le coefficient de rendement par: charge utile de la remorque (m³ sur place) divisé par 1,7.

Source: Banque Mondiale.

**Tableau F-15. Données sur la productivité des tâches d'excavation, chargement, transport, déchargement et épandage, transport par tracteur et remorque basculante**

**A. Nombre de remorques nécessaire par tracteur (remorques basculantes)**

Rendement d'un tracteur (m <sup>3</sup> /jour)	Sol meuble/ferme Code 2/3	Sol dur Code 4	Sol compact Code 6	Roche tendre Code 7
0-20	2	2	2	2
20-30	2	3	3	3
30-40	3	3	3	4
40-50	3	4	4	4
50-60	3	4	Imposs.	Imposs.
60-90	4	Imposs.	Imposs.	Imposs.

**B. Effectif nécessaire à un tracteur avec remorques basculantes (nombre d'ouvriers)**

Rendement tracteur (m <sup>3</sup> /jour)	Sol meuble Code 2		Sol ferme Code 3		Sol dur Code 4		Sol compact Code 6		Roche tendre Code 7	
	Total	Compos. équipe <sup>a</sup>	Total	Compos. équipe <sup>a</sup>	Total	Compos. équipe <sup>a</sup>	Total	Compos. équipe <sup>a</sup>	Total	Compos. équipe <sup>a</sup>
15	10	3-5-2	11	4-5-2	14	7-5-2	16	9-5-2	17	10-5-2
20	14	4-7-3	15	5-7-3	19	9-7-3	21	11-7-3	23	13-7-3
30	19	5-10-4	22	8-10-4	28	14-10-4	31	17-10-4	34	26-10-4
40	26	7-13-6	30	11-13-6	38	19-13-6	42	23-13-6	45	26-13-6
50	33	9-17-7	37	13-17-7	47	23-12-2	52	28-17-7	57	33-17-7
60	38	10-20-8	44	16-20-8	56	28-20-8	Imposs.		Imposs.	
70	45	12-23-10	51	18-23-10	Imposs.		Imposs.		Imposs.	
80	52	14-27-11	59	21-27-11	Imposs.		Imposs.		Imposs.	
90	58	16-30-12	66	24-30-12	Imposs.		Imposs.		Imposs.	

**Notes:** Méthode de travail: Des terrassiers (10 au maximum par remorque) creusent le sol et une équipe séparée d'ouvriers le charge (10 aussi au maximum par remorque) dans chaque remorque. Un tracteur transporte deux, trois ou quatre remorques, l'une étant transportée pendant que les autres sont chargées. Une équipe réduite répartit les matériaux une fois qu'ils sont déversés par la remorque basculante hydraulique. Les données présentées se rapportent à un tracteur complété par des remorques et des terrassiers dont le nombre est calculé suivant les conditions rencontrées.

Nature des données: générales et obtenues par synthèse.

Les conditions normales s'appliquent.

Les ressources en main-d'oeuvre sont établies d'après les chiffres des tableaux F-3, F-4 et F-7, dans les conditions suivantes:

- \* L'excavation et le chargement sont effectués séparément
- \* Hauteur de chargement 1,4 m
- \* Pas de transport entre le lieu d'excavation et la remorque (celle-ci est chargée directement)

Elements du travail du tracteur avec remorque:

- \* Puissance du tracteur 35 CV
- \* Dimension de la remorque 3 tonnes
- \* Charge utile de la remorque 1,7 m<sup>3</sup> (équivalent sol sur place à 1,76 t/m<sup>3</sup>)
- \* Vitesse de transport, moyenne chargée et à vide:
  - \* piste très mauvaise (code 1) 6 km/h (100 m/min.)
  - \* piste moyenne (code 3) 10 km/h (167 m/min.)
- \* Temps pour dételer/atteler 0,4 min. (dans remblais et déblais dégagés)
- \* Temps de déversement 0,8 min. (si les manoeuvres sont faciles)



## Suite des notes du tableau F-15:

- \* Efficacité du conducteur 0,8
- \* Journée de travail 8 heures, dont 5,5 de travail effectif du tracteur

Distance de transport équivalente depuis les gîtes de matériaux latéraux: pour une élévation de 0-3 mètres: longueur + 10 x élévation; pour une élévation de 3 + m: longueur + 30 x élévation.

Lorsque les remorques ne basculent pas, il est souhaitable de les dételer pour les décharger. Dans ce cas, (i) compter une remorque en plus dans la partie A (ii) doubler le nombre de terrassiers chargés de l'épandage indiqué dans la partie B afin de tenir compte du déchargement.

Si l'épandage des matériaux n'est pas nécessaire, on peut supprimer les terrassiers chargés de l'épandage dans la partie B.

Dans des zones de remblai et déblai peu spacieuses, le temps d'attelage et de déversement doit être accru de même que la durée du cycle.

Dans le cas de tracteurs et remorques plus importants, multiplier les coefficients de production par: charge utile de la remorque (m<sup>3</sup> sur place): 1,7. Le nombre de remorques et d'ouvriers par tracteur, exprimé par la production journalière, ne varie pas avec la dimension du tracteur et de la remorque.

a. La composition des équipes indique le nombre d'ouvriers chargés de l'excavation, du chargement et de l'épandage.

Source: Banque Mondiale.

Tableau F-16. Effectifs nécessaires aux tâches d'excavation, chargement, transport, déchargement et épandage, avec transport par camion à plate-forme (nombre d'ouvriers par camion)

Temps de transport (min.) <sup>a</sup>	Sol meuble Code 2		Sol ferme Code 3		Sol dur Code 4		Sol compact Code 6	
	Total	Compos. équipe <sup>b</sup>	Total	Compos. équipe <sup>b</sup>	Total	Compos. équipe <sup>b</sup>	Total	Compos. équipe <sup>b</sup>
5	22	8-8-2-4	25	8-8-5-4	28	8-8-8-4	33	8-8-13-4
10	21	8-8-1-4	24	8-8-4-4	26	8-8-6-4	31	8-8-11-4
15	19	8-8-0-3	22	8-8-3-3	24	8-8-5-3	28	8-8-9-3
30	19	8-8-0-3	19	8-8-0-3	21	8-8-2-3	25	8-8-6-3
45	18	8-8-0-2	18	8-8-0-2	18	8-8-0-2	21	8-8-3-2
60	18	8-8-0-2	18	8-8-0-2	18	8-8-0-2	20	8-8-2-2
120	17	8-8-0-1	17	8-8-0-1	17	8-8-0-1	17	8-8-0-1

Notes: Méthode de travail: L'équipe de base comptant seize ouvriers est divisée en deux groupes de huit:

- \* *terrassiers chargeant et déchargeant* qui accompagnent le camion entre le chargement et le déchargement, puis le déchargent.
- \* *terrassiers excavant et chargeant* qui aident au chargement puis continuent l'excavation lorsque le camion est parti.

En outre, deux groupes de composition variable selon la distance de transport et le type de sol:

- \* *terrassiers excavant* uniquement (dans les sols meubles, ils ne sont pas toujours nécessaires).
- \* *ouvriers épandeurs* qui restent au point de déchargement pour répartir les matériaux.

*Suite des notes du tableau F-16:*

Nature des données: générales et obtenues par synthèse.

Les conditions normales s'appliquent, mais voir aussi les notes ci-après.

Les effectifs sont calculés d'après les données des tableaux F-3, F-4 et F-7, dans les hypothèses suivantes:

- \* l'excavation et le chargement sont effectués séparément
- \* la hauteur de chargement est de 1,6 mètre
- \* pas de transport de matériaux entre le point d'excavation et la remorque (la remorque est chargée directement)
- \* la zone d'excavation est organisée de façon que le travail soit efficace (il doit y avoir deux ou trois zones si l'on compte plus de dix terrassiers effectuant des excavations)
- \* le coefficient technique de déchargement est le tiers de celui qu'indique le tableau F-4 - ce facteur est calculé à partir de données observées: pour de courtes périodes (période de repos pendant le transport par camion)

**Éléments de travail et hypothèses concernant le camion:**

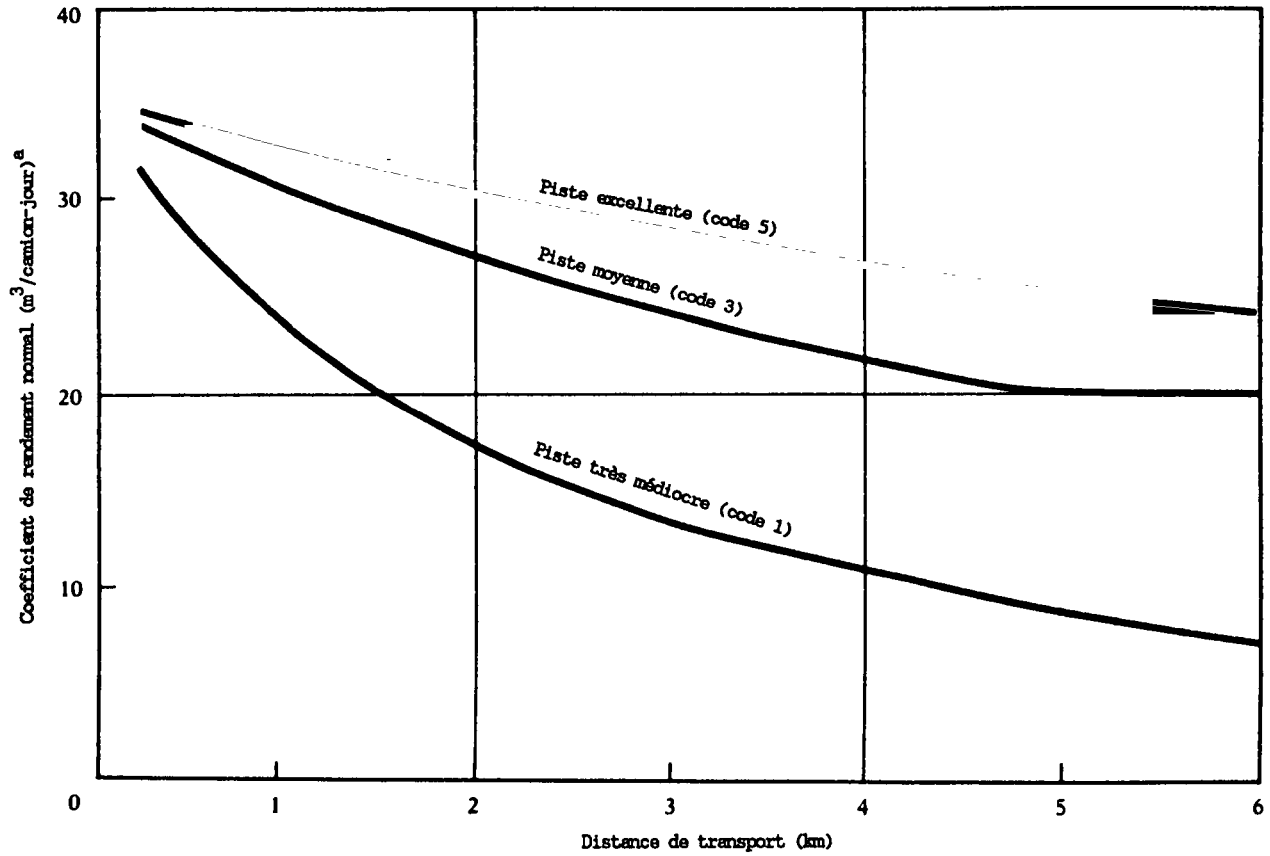
- \* capacité du camion 5 tonnes
- \* charge utile 2,8 m<sup>3</sup> équivalent sur place à 1,76 t/m<sup>3</sup>)
- \* vitesse de transport, moyenne en charge et à vide:
  - \* piste très mauvaise (code 1) 7,5 km/h (terrain plat)
  - \* piste moyenne (code 3) 25 km/h (terrain plat)
  - \* piste excellente (code 5) 45 km/h (terrain plat)
- \* temps de chargement et déchargement dépend de la main-d'oeuvre
- \* efficacité du conducteur 0,8  
(appliquée à la vitesse de transport pour tenir compte des obstacles, retards de manoeuvre, etc.)
- \* journée de travail 8 heures
- \* temps de repos le chauffeur se repose pendant les périodes de chargement et déchargement.

Pour les gros camions, multiplier le rendement des camions et le nombre d'ouvriers dans les quatre groupes par: charge utile du camion (sur place, en m<sup>3</sup>): 2,8.

- a. Aller et retour, sans le temps de chargement et de déchargement.
- b. La composition de l'équipe indique le nombre de terrassiers nécessaires pour le chargement et le déchargement, l'excavation et le chargement, les terrassiers supplémentaires pour l'excavation et l'épandage.

Source: Banque Mondiale.

Figure F-10. Effet de la piste sur la productivité de l'excavation, du chargement, du transport, du déchargement et de l'épandage, avec transport par camion à plate-forme

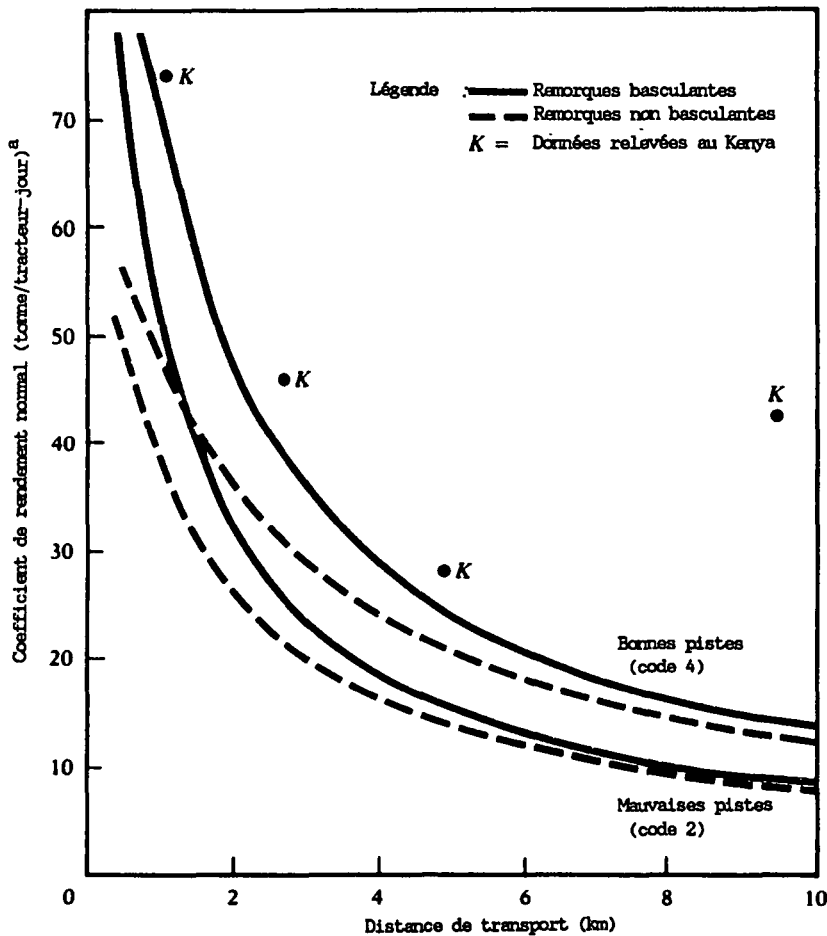


Note: Voir notes du tableau F-16.

- a. Pour des camions de plus de 5 tonnes, multiplier le coefficient de rendement du camion par: charge utile du camion (m<sup>3</sup> sur place): 2,8.

Source: Banque Mondiale.

Figure F-11. Effet de la piste sur la productivité du chargement, du transport, du déchargement et de l'épandage des matériaux de la couche de base, avec transport par tracteur et remorque



Note: Voir les notes du tableau F-17. Les données relevées sur des projets en cours au Kenya se rapportent au transport sur une bonne piste (code 4), dans des conditions de gestion moyennes (code 3), les activités étant effectuées par des terrassiers rémunérés à la journée, à l'aide de remorques basculantes de 5 tonnes; la densité des matériaux est par hypothèse de 1,8 tonne/m<sup>3</sup>.

- a. Pour des tracteurs de plus de 35 CV et des remorques de plus de 5 tonnes, multiplier le coefficient de rendement par: charge utile de la remorque: 5.

Source: Banque Mondiale.

**Tableau F-17. Effectifs nécessaires au chargement, au transport, au déchargement et à l'épandage des matériaux de la couche de base, avec transport par tracteur et remorque (nombre d'ouvriers par tracteur)**

Production du tracteur (tonnes/jour)	Chargement	Déchargement <sup>a</sup>	Epandage
10	2	1	1
20	4	2	2
30	5	3	2
40	7	4	3
50	9	5	4
60	10	6	4
70 <sup>b</sup>	12 <sup>b</sup>	7	5

**Notes:** Méthode de travail: Il est supposé que les matériaux routiers (roches, agrégats de pierres) ont déjà été extraits de la carrière et mis en tas. Une équipe de terrassiers charge les matériaux de la carrière dans les remorques. Le tracteur travaille avec deux remorques, l'une étant chargée tandis que l'autre est transportée et déchargée. Le déchargement s'effectue soit par déversement de la remorque, soit à la main (voir données). De toute façon, une équipe est présente lorsque le déchargement se termine afin de niveler les matériaux. Les données présentées se rapportent à la production d'une unité composée d'un tracteur et de deux remorques, le nombre de terrassiers étant calculé compte tenu des conditions rencontrées.

Nature des données: générales et obtenues par synthèse.

Les conditions normales s'appliquent.

Les effectifs sont fondés sur les données des tableaux F-4 et F-7, dans les hypothèses suivantes:

- \* les matériaux sont déjà mis en tas dans la carrière.
- \* la hauteur de chargement est de 1,4 mètre.
- \* les matériaux ne sont pas transportés entre la pile et la remorque (celle-ci est chargée directement).

Eléments de travail du tracteur avec remorque:

- \* dimension du tracteur 36 CV
- \* dimension de la remorque 5 tonnes
- \* type de remorque basculante ou non (voir données)
- \* charge utile de la remorque 5 tonnes est l'équivalent d'environ 2,8 m<sup>3</sup> (pour une densité du sol sur place de 1,8t/m<sup>3</sup>)
- \* vitesse de transport, moyenne en charge et à vide:
- \* piste mauvaise (code 2) 7,5 km/h
- \* bonne piste (code 4) 12,5 km/h
- \* temps pour dételer et atteler 5 min.
- \* temps de déchargement, y compris temps de manoeuvre
- \* remorque basculante 5 min.
- \* remorque non basculante 15 min.
- \* efficacité du conducteur qualification moyenne et pas de prime 0,8
- \* journée de travail 8 heures
- \* durée du travail effectif du tracteur 5,5 heures

Il est supposé que le terrain est plat.

Pour des tracteurs et remorques de dimensions différentes, multiplier les coefficients de rendement par: charge utile de la remorque divisé par 5.

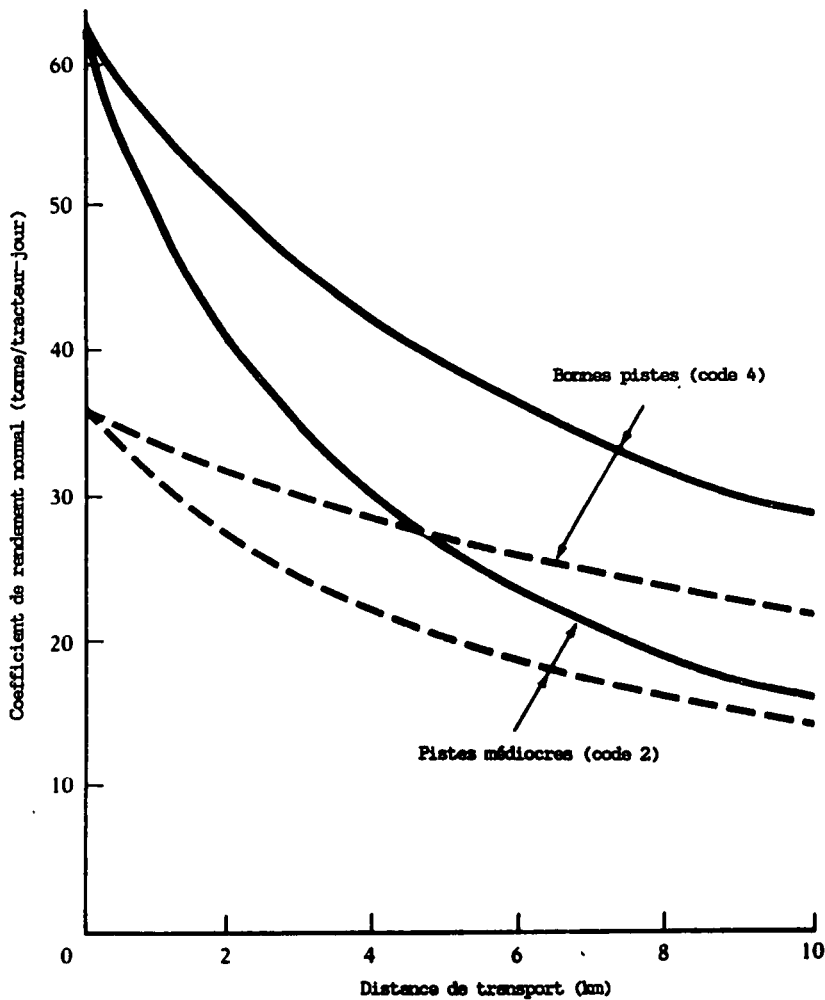
suite des notes du tableau F-17:

Les effectifs par tracteur, selon le rendement quotidien du tracteur, ne varient pas selon la dimension du tracteur.

- Le déchargement doit être effectué par des terrassiers uniquement si la remorque n'est pas basculante.
- Si le nombre de terrassiers est sensiblement supérieur à 10, une troisième remorque est nécessaire.

Source: Banque Mondiale.

Figure F-12. Effet de la piste de transport sur la productivité du chargement, du transport, du déchargement et de l'épandage des matériaux de la couche de base, avec transport par camion à plate-forme



Légende: — Equipé de 16 chargeurs (dont 8 déchargent aussi)  
 - - Equipé de 8 chargeurs (tous déchargent)

Notes: Composition de l'équipe pour un camion:

- \* Chargement/déchargement: 8
- \* Chargeurs supplémentaires: 0-8
- \* Epandeurs: 1 pour 14 tonnes par jour pour des couches de 100 mm;  
1 pour 8 tonnes par jour pour des couches de 60 mm.

*Suite des notes de la figure F-12:*

**Méthode de travail:** Les matériaux sont déjà extraits, empilés et prêts à être chargés par:

- \* Une équipe de 8 ouvriers pour chargement/déchargement, accompagnant le camion
- \* Une équipe de 8 ouvriers supplémentaires, qui chargent et attendent dans la carrière (ces ouvriers ne sont pas compris dans la ligne en tirets)
- \* Une équipe distincte effectue l'épandage.

**Nature des données:** générales et obtenues par synthèse.

Les conditions normales s'appliquent.

Les ressources en main-d'oeuvre sont calculées à partir des données des tableaux F-4 et F-7, dans les hypothèses suivantes:

- \* Les matériaux sont déjà empilés dans la carrière
- \* La hauteur de chargement est de 1,6 mètre
- \* Les matériaux ne sont pas transportés, ils sont chargés directement dans le camion
- \* Le coefficient technique du déchargement est par hypothèse le tiers du coefficient normal (tableau F-4). Ce chiffre repose sur des relevés effectués pendant des opérations de déchargement pour de courtes périodes (repos pris pendant le transport par camion).

**Éléments et hypothèses de travail du camion:**

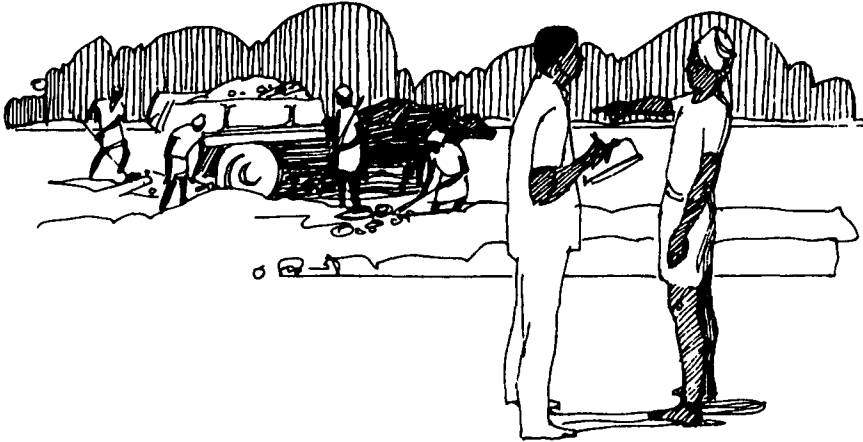
- \* Capacité et charge utile du camion: 5 tonnes
- \* Vitesse de transport, moyenne en charge et à vide: 15 km/heure sur une piste médiocre (code 2); 35 km/heure sur une bonne piste (code 4)
- \* Temps de chargement/déchargement: selon la main-d'oeuvre
- \* Efficacité du conducteur: facteur de 0,8 appliqué aux vitesses de transport pour tenir compte des obstacles, des temps de manoeuvre, etc.
- \* Durée de la journée de travail: 8 heures
- \* Temps de repos: le chauffeur prend tout son temps de repos pendant les périodes de chargement/déchargement du camion.

Pour des camions plus puissants, multiplier le rendement des camions et le nombre d'ouvriers par: charge utile du camion: 5.

Source: Banque Mondiale.

## ANNEXE G

### METHODE DE CALCUL DES COÛTS



On expliquera dans la présente annexe la façon d'évaluer le coût des travaux qui seront entrepris par des méthodes manuelles et la façon d'utiliser des techniques particulières aux méthodes manuelles et qui permettent de réduire les coûts au minimum. L'exemple pris est celui du Lesotho qui illustre les principales étapes du calcul des coûts. La méthode, proposée dans la présente annexe pour enregistrer les coûts projetés, est compatible avec celle qui est présentée dans l'annexe I pour enregistrer les dépenses réelles, afin que l'on puisse comparer facilement les prévisions et les coûts.

Il est souvent très commode d'établir le budget et les prévisions de coûts à partir des coûts unitaires et des tarifs unitaires. *Le tarif unitaire d'une tâche* est le coût d'exécution de la tâche par unité de production (par exemple 7,20 dollars le mètre cube ou 3,50 dollars la tonne). *Le coût unitaire d'une ressource* est le coût de la ressource par unité de temps (par exemple 9 dollars par camion-heure ou 3 dollars par homme-jour) ou, s'agissant des matériaux de construction, le coût de la ressource par unité de ressource (par exemple 10 dollars la tonne ou 3,40 dollars le mètre cube).

A titre d'exemple, si l'on connaît les coefficients techniques et les coûts de la main-d'oeuvre et des camions, on peut calculer le tarif unitaire des tâches suivantes: chargement de roches à la main, transport par camion sur 10 kilomètres et déchargement à la main:

*Coefficients techniques:*  
Camion

0,20 heure/tonne

### TARIFS UNITAIRES ET COÛTS UNITAIRES



Main-d'oeuvre	0,50 homme-jour/tonne
<i>Coûts unitaires:</i>	
Camion	5,00 dollars/heure
Main-d'oeuvre	3,00 dollars/homme-jour
<i>Tarifs unitaires:</i>	
Imputable au camion	1,00 dollar/tonne
Imputable à la main d'oeuvre	1,50 dollars/tonne
	<hr/>
Total	2,50 dollars/tonne

Cet exemple présente le calcul du tarif unitaire sous sa forme la plus simple. On étudiera ci-après les facteurs qui introduisent une plus grande complexité et doivent être pris en compte lorsque l'on calcule les coefficients techniques et les coûts unitaires à partir desquels on obtient le tarif.

## COÛTS DIRECTS ET FRAIS GÉNÉRAUX

Dans l'exemple donné ci-dessus, le tarif unitaire est le coût sur le chantier de la main-d'oeuvre et du matériel utilisés pour l'exécution de cette tâche. C'est ce que l'on appelle le *coût direct*. Mais le coût de la main-d'oeuvre et du matériel utilisés dans l'exécution de ce projet n'est pas simplement le taux de salaire de la main-d'oeuvre et le tarif de location du matériel. Il faut aussi payer l'encadrement, le logement, les comptables, les métreurs, les cadres de l'administration centrale qui vérifient les feuilles de paye, les employés des magasins qui distribuent les outils et les pièces de rechange, etc. Tous ces coûts sont appelés *frais généraux*.

Il n'est pas toujours possible de distinguer clairement les frais directs des frais généraux. Certains services de travaux publics par exemple considèrent comme des frais généraux le coût de transport de la main-d'oeuvre jusqu'au chantier; d'autres l'assimilent à un coût direct. Dans le présent ouvrage, les catégories utilisées sont les coûts directs, les coûts indirects et les frais généraux (voir annexes B et I); par conséquent, le coût du transport de la main-d'oeuvre jusqu'au chantier est considéré ici comme un coût indirect.

L'absence d'uniformité des définitions et des pratiques entre les divers services de comptabilité et de travaux publics ne devrait pas poser de problème, à condition que chaque poste soit défini de façon explicite. On trouvera un exemple de définitions explicites dans le tableau B-2 où sont définis les coûts directs, les coûts indirects et les frais généraux tels qu'ils sont considérés dans le présent ouvrage.

Le coût de sept catégories de ressources doit être calculé et enregistré séparément:

- \* Main-d'oeuvre occasionnelle
- \* Animaux
- \* Main-d'oeuvre qualifiée
- \* Outils et matériel simple
- \* Biens d'équipement
- \* Matériaux de construction
- \* Terrains (emprises)

L'utilisation de chacune de ces ressources est assortie de coûts indirects et de frais généraux qui leur sont propres et doivent, chaque fois que possible, être enregistrés séparément. Toutefois, il n'est pas toujours possible de répartir les frais généraux entre la main-d'oeuvre et le matériel.

Tous les services de travaux publics, que les travaux soient exécutés en régie ou à l'entreprise, doivent utiliser le cadre ci-dessus pour calculer les coûts de leurs travaux, mais s'ils collaborent avec d'autres services, ils pourront devoir le modifier. Par exemple, un service exécutant des travaux en régie doit présenter des bordereaux de prix au ministère des finances et, normalement, les principes comptables de ce ministère ne font pas de distinction entre frais généraux et coûts directs, mais entre dépenses d'équipement et dépenses de fonctionnement. On peut aussi prendre l'exemple d'un service de travaux publics qui doit soumettre une offre reposant sur un devis quantitatif contenant les frais préliminaires et les coûts unitaires d'ouvrages. Les frais généraux de l'entreprise ne sont pas tous compris dans les frais préliminaires et les autres doivent être répartis entre les coûts unitaires. La façon de procéder influe sur la trésorerie de l'entreprise. Mais, qu'il s'agisse d'un service ou d'une entreprise, les coûts doivent être enregistrés en fonction de catégories clairement définies, qui permettront aux responsables du contrôle des travaux de distinguer entre coûts directs, coûts indirects et frais généraux.

Pour calculer le coût d'un projet, il faut commencer par évaluer le volume des travaux à effectuer. Si l'on connaît les productivités attendues ou que l'on dispose d'hypothèses, on peut évaluer les ressources nécessaires. Une fois ce chiffre obtenu, on a le choix entre deux méthodes.

D'après la première méthode, les besoins en ressources peuvent être multipliés par divers coefficients ou rapports. Si l'on sait par exemple que le coût normal des outils et du petit matériel est de 10 % du coût de la main-d'oeuvre, ce pourcentage sera utilisé pour calculer le coût des outils et du petit matériel. Cette méthode offre l'avantage de permettre une estimation rapide des coûts, mais elle ne peut être utilisée que si d'autres projets ont été réalisés et leur coût calculé afin que l'on puisse obtenir ces coefficients ou rapports. Il faut aussi que dans tous les projets les coefficients soient les mêmes. Cette méthode pourrait entraîner d'importantes inexactitudes si, par exemple, le coefficient des frais généraux provenant de projets où la main-d'oeuvre est logée sur le chantier est appliqué à un autre projet où la main-d'oeuvre retourne dans les villages. Cette méthode multiplicative doit donc être utilisée avec précaution pour obtenir des estimations préliminaires.

D'après la seconde méthode, on détermine séparément le coût des ressources de base nécessaires et on l'ajoute au coût direct des travaux. Par exemple, après avoir calculé le nombre de terrassiers, on en déduit le nombre d'outils dont on additionne les coûts, puis on calcule le nombre de cadres nécessaires et l'on additionne les coûts, etc. Cette méthode additive est plus exacte que la méthode multiplicative et aboutit à des résultats qui tiennent compte de l'environnement exact dans lequel se déroule chaque projet. Elle peut être utilisée chaque fois que des demandes de crédit sont présentées au ministère des finances ou à d'autres

## ESTIMATION DES COUTS DU PROJET

organismes gouvernementaux, et elle est recommandée en cas d'appels d'offres. On trouvera ci-après un exemple illustrant la façon dont la méthode additive a été utilisée pour l'établissement d'un budget au Lesotho.

*Utilisation de  
la méthode additive  
au Lesotho*

Le projet dont les coûts doivent être calculés comporte la construction d'une route d'accès gravillonnée de 35 kilomètres de long, carrossable par tous temps, reliant une région agricole à la route principale et desservant plusieurs gros villages. Le réseau existant était principalement composé de pistes et de chemins de terre, outre sept kilomètres de route gravillonnée en très mauvais état. La construction de deux franchissements de rivière larges et peu élevés était aussi nécessaire. La région est très peuplée et aucune difficulté de recrutement de la main-d'oeuvre n'a été envisagée. Le terrain était onduleux et la couche de base était généralement en bon état, malgré quelques tronçons pierreux et, en certains endroits, la route était menacée par des ravines d'érosion. Le projet a été programmé pour commencer en 1978.

**PHASE 1. MESURE DU VOLUME DES TRAVAUX.** Une campagne de reconnaissance de deux jours a été effectuée et un inventaire établi. Cet inventaire a permis l'établissement d'un devis quantitatif. Comme il était prévu de reprendre le tracé des pistes et chemins, on a évalué le volume des terrassements en mesurant les profils en travers à l'aide d'un ruban et en calculant le volume des fouilles nécessaires pour parvenir au nouveau profil en travers. Les quantités de ponceaux ont été évaluées à l'oeil nu. (Si le projet avait exigé des caractéristiques techniques plus complexes, par exemple, une route primaire asphaltée, un levé complet aurait été nécessaire pour calculer le volume des terrassements et le volume des écoulements dans les ponceaux.)

On trouvera dans le tableau G-1 la présentation d'un devis quantitatif approximatif. Pour faciliter la planification, il a été jugé commode de répartir les travaux en plusieurs tronçons de 3 à 6 kilomètres de long et de préparer ensuite un devis pour chacun d'eux.

Tableau G-1. Présentation d'un devis quantitatif approximatif

Poste	Quantité	Unité
Creusement des fossés en sol meuble	24.350	m <sup>3</sup>
Creusement des fossés en terrain rocheux	3.710	m <sup>3</sup>
Fouille, chargement, transport, déchargement, épandage et compactage du gravier, distance 0-2 km	17.100	m <sup>3</sup>

Source: Banque Mondiale.

**PHASE 2. CALCUL DES PRODUCTIVITES.** Les descriptions des postes du devis quantitatif étaient les mêmes au Lesotho que celles qui ont été utilisées pour enregistrer la production du projet en cours de construction à l'époque. On a donc pu utiliser directement les chiffres de productivité existants. Si ce projet avait été le premier à être réalisé par ces méthodes, il aurait fallu partir d'hypothèses et calculer par synthèse les taux de productivité (voir annexe F).

**PHASE 3. CALCUL DES COÛTS UNITAIRES.** L'étape suivante a consisté à calculer les coûts directs et les coûts indirects des ressources utilisées. Les animaux n'ont pas été utilisés dans l'opération réalisée au Lesotho et les effectifs de main-d'oeuvre qualifiée étaient si réduits que ces coûts ont été inclus avec ceux de la main-d'oeuvre non qualifiée. Les terrains ont été fournis à titre gratuit pour le projet. Les coûts unitaires ont donc été calculés pour trois postes seulement - main-d'oeuvre, biens d'équipement et matériaux. Les coûts des outils et du petit matériel dépendaient du nombre de terrassiers nécessaires. Ils ont été calculés à une phase ultérieure du processus.

*Le calcul des coûts unitaires de main-d'oeuvre* était le premier à devoir être effectué. Le taux de salaire journalier de la main-d'oeuvre au moment de l'évaluation était de 1,92 dollar par jour. (Dans cet exemple, tous les prix sont les prix en dollars en vigueur en 1978.) Pour calculer les coûts directs de main-d'oeuvre, on a aussi tenu compte des charges suivantes:

- \* Paiement d'heures supplémentaires
- \* Congés payés
- \* Chefs d'équipe non productifs
- \* Rémunération de travaux à la pièce

Dans le projet réalisé au Lesotho, la main-d'oeuvre n'a pas fait d'heures supplémentaires, aucun travail n'a été rémunéré à la pièce et aucun chef d'équipe n'a été improductif. Il a donc fallu tenir compte uniquement des cinq jours de congés payés par an, pour une période de travaux de 245 jours, qui a ainsi été ramenée à 240 jours dans l'année. Le coût unitaire de la main-d'oeuvre est donc le suivant:

$$1,92 \times \frac{245}{240} = 1,99 \text{ dollar par jour}$$

Il n'a pas été tenu compte des jours perdus en raison de la pluie, les terrassiers n'étant pas payés en cas d'impossibilité de travailler. Le principal facteur ayant influé sur les coûts unitaires de main-d'oeuvre au cours de la période à l'étude a été la hausse attendue du salaire minimum légal. Il a été impossible d'obtenir les chiffres exacts auprès d'un service gouvernemental quel qu'il soit, c'est pourquoi une hausse de 25 % a été retenue comme hypothèse. Le coût unitaire réel a donc été fixé à 2,49 dollars par jour lors des estimations. En fait, le salaire minimum légal a été relevé de 50 % au milieu de l'exécution du projet.

*Le calcul des coûts unitaires de biens d'équipement* n'a présenté aucun problème au Lesotho, ce matériel ayant été loué à des entreprises privées ou au parc de véhicules et matériel du gouvernement. Les tarifs de location de ces services ont été pris comme coûts unitaires des biens d'équipement qui ont été majorés de 25 % pour tenir compte d'une hausse possible des tarifs. En fait, pendant l'exécution du projet, certains tarifs fixés par le service du parc de matériel et véhicules du gouvernement ont été relevés de 20 % environ.

Il se peut très bien que pour la réalisation d'autres projets, le matériel ne puisse être loué. Si la méthode de calcul des coûts du matériel donne des résultats inexacts, elle risque d'introduire des distorsions dans le coût

apparent des différentes méthodes de construction et de contraindre le conducteur de travaux à prendre des décisions inappropriées. Il importe donc que le coût de tous les biens d'équipement soit calculé au tarif exact. On trouvera à la fin de la présente annexe une méthode permettant d'y parvenir.

*Le calcul des coûts unitaires des matériaux de construction* repose sur une distinction entre les matériaux qui doivent être achetés et ceux qui sont disponibles sur le chantier. Dans le cas du Lesotho, les tuyaux de béton, le ciment et les fers d'armature ont été achetés, tandis que le sable, les agrégats, le gravier et les pierres pour la maçonnerie ont été trouvés sur le chantier ou à proximité.

Dans le cas des matériaux achetés, il a fallu tenir compte non seulement des coûts des matériaux achetés aux fournisseurs ou à des organismes gouvernementaux, mais aussi des coûts de manutention et de transport jusqu'au chantier. On a jugé préférable de laisser au fournisseur de tuyaux le soin de les livrer jusqu'au chantier par ses propres moyens. Si ces tuyaux avaient été achetés à un service gouvernemental et transportés dans des véhicules loués, les coûts unitaires auraient été supérieurs. Il a toutefois été meilleur marché d'acheter le ciment aux services gouvernementaux et de louer des camions pour le transporter, les quantités nécessaires étant trop faibles pour que les fabricants de ciment prennent le transport en charge.

Les matériaux existant sur le chantier ou à proximité ont pu être extraits sans charge au Lesotho, et les seuls coûts à prendre en compte ont été ceux de la main-d'oeuvre utilisée pour les extraire et ceux des moyens de transport qui ont été employés pour les transporter jusqu'au point où ils étaient nécessaires.

Il a été plus facile de calculer le prix des matériaux achetés du fait que les fournisseurs ont passé des contrats à prix fixe avec le gouvernement. Il a fallu pour ces postes prévoir une provision pour hausse des prix au cas où des matériaux seraient achetés après expiration du contrat.

**PHASE 4. CALCUL DES TARIFS UNITAIRES.** A partir des productivités et des coûts obtenus à l'issue de la phase 2 et de la phase 3 respectivement, il a été possible de calculer les tarifs unitaires. On a utilisé comme exemple les travaux de terrassement décrits dans le tableau G-1.

Les chiffres de productivité provenant de travaux réalisés antérieurement au Lesotho sont les suivants:

Excavation et chargement des graviers à la main	1,8 m <sup>3</sup> /homme-jour
Transport des graviers sur moins de 2 km	45 m <sup>3</sup> /wagon-jour
Epandage et arrosage des graviers à la main	5 m <sup>3</sup> /homme-jour
Compactage des graviers par rouleau	90 m <sup>3</sup> /rouleau-jour

L'eau a été amenée jusqu'au chantier dans une citerne remorquée par le véhicule du chef de chantier. Le coût de ce véhicule a été imputé aux frais généraux de l'encadrement. Les tarifs de location de la citerne

étaient si faibles (45 dollars par mois soit 0,04 dollar par mètre cube de graviers) que l'on n'en a pas tenu compte dans le calcul du tarif.

Les productivités ont ensuite été converties en coefficients techniques:

Excavation et chargement des graviers à la main	0,56 homme-jour/m <sup>3</sup>
Transport des graviers sur moins de 2 km	0,022 wagon-jour/m <sup>3</sup>
Epandage et arrosage des graviers à la main	0,2 homme-jour/m <sup>3</sup>
Compactage des graviers par rouleau	0,011 rouleau-jour/m <sup>3</sup>

Ces coefficients ont ensuite été majorés de 10 % pour tenir compte de l'équilibrage de l'équipe. On a ainsi pu constater qu'il fallait compter pour l'excavation, le chargement, le transport, le déchargement, l'épandage et le compactage de chaque mètre cube de graviers, 0,78 homme-jours, 0,024 wagon-jours et 0,012 rouleau-jours.

Ces coefficients techniques ont ensuite été multipliés par les coûts unitaires calculés dans la phase 3. Ainsi:

Homme-jours 0,78 x 2,49 =	1,94 dollar
Wagon-jours 0,024 x 9 x 10,80 =	2,33 dollars
Rouleau-jours 0,012 x 8 x 3,04 =	0,29 dollar
Total	4,56 dollars

Le tarif unitaire de l'ensemble de la tâche pour une distance de transport de moins de 2 kilomètres a donc été de 4,56 dollars par mètre cube.

On peut voir ci-dessus que le coût horaire d'un wagon basculant, soit 10,80 dollars, a été multiplié par neuf heures pour obtenir le prix d'un wagon basculant par jour. Ces neuf heures représentent une charge minimum. En réalité, les travaux effectués à l'aide des wagons basculants sont souvent terminés en six ou sept heures, mais la charge minimum étant de neuf heures, les wagons ont pu être utilisés pour transporter de la main-d'oeuvre et des matériaux pendant le reste de la journée. Ces coûts se sont donc trouvés "dissimulés" dans le coût des graviers.

De même, le coût horaire du rouleau a été multiplié par huit heures, les services du parc de matériel du gouvernement ayant perçu un tarif pour huit heures par jour lorsque le matériel est disponible sur les chantiers quel qu'en soit l'emploi. Les rouleaux ayant parfois été utilisés pendant plus de huit heures par jour, une partie du compactage a été "gratuite".

Le tarif de gravillonnage obtenu n'est pas le coût exact réel de l'opération. Le conducteur de travaux aurait pu déduire le coût de transport dissimulé dans le tarif et tenir compte de l'utilisation "gratuite" du rouleau. Cette opération aurait pris beaucoup de temps et n'aurait pas servi à grand-chose. L'important était de veiller à ce que *tous* les coûts soient inclus dans le budget. Dans le cas contraire, on aurait constaté un déficit embarrassant à la fin du projet.

**PHASE 5. CALCUL DES BESOINS EN RESSOURCES.** Les besoins en ressources ont été calculés en complétant le devis quantitatif indiqué dans le tableau G-2. Dans chaque cas, la quantité a été multipliée par le tarif

unitaire afin d'obtenir les ressources nécessaires. Les ressources nécessaires à chaque poste ont ensuite été additionnées pour obtenir les besoins en ressources du projet. Si l'on divise le devis quantitatif par tronçons de route, on peut aussi obtenir les besoins en ressources pour chaque tronçon.

Tableau G-2. Présentation du devis quantitatif élargi pour calculer les besoins en ressources

Poste	Quantité	Unité	Tarif unitaire				Besoins en ressources					
			H-j/ m <sup>3</sup>	Wagon- jour/ m <sup>3</sup>	Rouleau- jour/ m <sup>3</sup>	Matér.	Coût (\$)	H-j	Wagon- jours	Rouleau jours	Mat.	Coût (\$)
Creusement fossés sol meuble	24.350	m <sup>3</sup>	0,4				0,97	9.740				23.619
Creusement fossés sol rocheux Excav., chargem., transp., décharg. épannage et compec. graviers, dist. 0-2 km	3.710	m <sup>3</sup>	1,0				2,49	3.710				9.238
Maçonnerie ciment	17.100	m <sup>3</sup>	0,78	0,024	0,012		4,56	13.338	410	205		77.976
	82	m <sup>3</sup>	2,9	0,05		0,1 sac de ciment	12,36	238	5		9 sacs de ciment	1.014

Source: Banque Mondiale

**PHASE 6. AJUSTEMENT DES BESOINS EN RESSOURCES.** Dans la phase 5, on a calculé par exemple que les besoins en ressources sont de 54.873 hommes-jours, 372 rouleaux-jours, 876 wagons-jours, etc. Ces chiffres bruts doivent maintenant être ajustés et adaptés aux réalités du service ou de l'entreprise exécutant les travaux.

Premièrement, il a fallu déterminer les effectifs de main-d'oeuvre. Il a été décidé que le projet serait réalisé en un an, ce qui correspond au Lesotho à une saison de travaux de 240 jours. Si l'on répartit ces besoins en ressources entre ce nombre de jours, on obtient un effectif de 229. D'après le précédent projet, on savait que le taux de présence est d'environ 82 % des effectifs théoriques; les effectifs théoriques nécessaires étaient donc de 279, arrondi à 280. Il a donc fallu prévoir l'encadrement d'un effectif théorique de 280 ouvriers et acheter les outils et le petit matériel pour autant de personnes. Lorsque l'on tient compte de l'absentéisme pour un effectif de cette importance, les coûts n'augmentent pas, les ouvriers étant payés uniquement les jours où ils travaillent.

Une fois connus les effectifs, il a fallu déterminer les besoins en biens d'équipement. En répartissant les besoins en ressources entre 240 jours, on a obtenu 3,65 wagons basculants et 1,55 rouleau. Ces ressources ne pouvant manifestement pas être fractionnées, il a été décidé d'utiliser 4 wagons basculants pendant les huit premiers mois du projet pendant lesquels les activités de transport des matériaux étaient les plus importantes, puis de n'utiliser ensuite que 3 wagons.

Dans le cas des rouleaux, les projets précédents ont montré que les rouleaux sont très peu disponibles car ils tombent souvent en panne. Il a été décidé de commencer la réalisation du projet en louant trois rouleaux

de façon qu'un d'entre eux au moins soit disponible au moment des plus importantes activités de compactage. En réalité, les trois rouleaux sont tombés en panne en même temps pendant une période de deux semaines et il a fallu louer un autre rouleau. Les coûts des rouleaux ont donc dépassé les montants inscrits au budget. Dans le projet analysé, les ressources ont en général été disponibles sans difficulté, mais si une ressource donnée était insuffisante, on devait classer les activités à entreprendre par ordre de priorité. C'est ce qu'indique le tableau G-3.

Tableau G-3. Classification des tâches réalisées au moyen de ressources insuffisantes, en fonction du rapport de coût unitaire: Exemple des tracteurs

Tâche	Coût unitaire total <sup>a</sup>		Rapport de coût unitaire (A/B)	Nombre de jours de ressources en tracteurs (Méthode A) (Temps dispon.)	
	Méthode A (Ressources insuffisantes)	Méthode B (Deuxième solution)		Indiv. <sup>b</sup>	Cum. <sup>c</sup>
Besoins minimaux en tracteurs pour diverses tâches administratives	-	-	-	100	100
Transport de l'eau	0,5	2,5	0,2	150	250
Transport des graviers	1,0	2,0	0,5	300	550
Défrichage	10,0	15,0	0,7	50	600
Transport des pierres	2,4	3,0	0,8	550	1.150
Nivellement	0,8	0,9	0,9	100	1.250

- Le total des coûts unitaires et le nombre de jours de ressources seront tirés d'un tableau des coûts et ressources, semblable à celui de l'exemple donné plus haut. Les unités seront les mêmes que dans ce tableau.
- Indiv.: valeur séparée de la tâche inscrite sur cette ligne.
- Cum.: valeur cumulative, c'est-à-dire somme des valeurs séparées jusqu'à la ligne concernée.

Source: Banque Mondiale.

Le tableau G-3 se rapporte à un projet dont plusieurs activités étaient effectuées à l'aide d'un tracteur; il indique que le besoin total en ressources atteignait 1.250 tracteurs-jours. Les activités ont été classées en fonction de leur rapport de coût unitaire avec la solution venant immédiatement après. On peut voir que pour le transport de l'eau, le rapport de coût unitaire est de 0,2, c'est-à-dire que le tracteur a permis d'exécuter cette activité pour un coût de 0,2 fois celui de la ressource meilleur marché venant immédiatement après.

Si l'on n'avait disposé que de 700 tracteurs-jours, l'ordre de priorité des activités devant être exécutées à l'aide du tracteur aurait été le suivant:

- \* Transport de l'eau
- \* Transport des graviers
- \* Défrichage
- \* Transport d'une partie des pierres



**PHASE 7. CALCUL DES COÛTS GLOBAUX.** A la suite de la phase 6, on sait que le projet sera réalisé en un an et qu'il exigera des effectifs de 280 ouvriers, trois ou quatre wagons basculants et trois rouleaux. On connaît aussi les coûts directs.

Les coûts de l'ensemble des ressources nécessaires à ces travaux ont donc été calculés pour les postes suivants:

- \* Outils et petit matériel
- \* Encadrement
- \* Campement
- \* Entretien de la route après achèvement
- \* Divers

On a calculé les besoins en outils pour 280 terrassiers et une provision a été prévue pour les pièces détachées et le remplacement des outils. Dans ce cas, des outils usagés mais encore en bon état ont été repris d'un précédent projet. Ils ont été déduits des besoins en outils et petit matériel et les coûts du projet ont été ajustés en conséquence.

Une fois connue l'importance des effectifs, on a pu calculer le nombre de chefs de chantier et de cadres nécessaires. Les autres postes pris en considération dans les rubriques concernant l'encadrement ont été les suivants:

- \* Transport des cadres
- \* Employés de bureau des chantiers
- \* Coût de transport des salaires jusqu'au chantier
- \* Chauffeurs
- \* Instrument d'arpentage
- \* Impression des formulaires, registres, etc.
- \* Communications radio

Le coût de ces postes a été inclus dans le coût total. Au Lesotho, les coûts salariaux de certains cadres et une partie de leurs frais de transport ont été réglés par le gouvernement lors du vote du budget de fonctionnement du service réalisant les travaux. Ils n'ont donc pas été inscrits dans les coûts du projet.

La main-d'oeuvre et les cadres ont dû être logés dans des campements pour l'exécution de leurs tâches. Les postes pris en compte sont les suivants:

- \* Logement des cadres et chefs de chantier
- \* Logement de la main-d'oeuvre (si besoin est)
- \* Magasins
- \* Locaux de bureaux
- \* Mobilier et matériel de bureau
- \* Entretien des campements, main-d'oeuvre et matériaux
- \* Alimentation en eau et sanitaires des campements
- \* Déplacement et reconstruction du campement

Le coût de ces postes a été ajouté à celui du projet, à l'exception du coût de certains bâtiments utilisables provenant d'un précédent projet.

Il s'écoule un délai pendant lequel les routes sont achevées et ouvertes à la circulation avant que l'autorité responsable des routes ne prenne en charge la responsabilité de l'entretien. Pendant ce délai, l'autorité responsable des travaux doit assumer l'entretien, et ce coût a été ajouté à celui du projet.

Le coût d'autres postes a aussi été ajouté à celui du projet. Dans le cas du projet réalisé au Lesotho, il a fallu inclure les indemnités pour perte des récoltes sur pied et pour décès ou incapacité des ouvriers.

Les coûts de tous ces postes, additionnés à ceux qui ont été précédemment calculés, permettent d'obtenir le coût total du budget du projet. Ces coûts ont été présentés dans des tableaux comportant diverses rubriques afin que le budget soit soumis au gouvernement, comme l'indique le tableau G-4.

Le projet a été mené à bien sans dépassement du budget. Les coûts de la main-d'oeuvre et de la location des véhicules de l'encadrement ont augmenté. Les coûts de compactage ont aussi été relevés parce qu'il a fallu louer un plus grand nombre de rouleaux. Les augmentations des coûts de main-d'oeuvre ont été supérieures à celles qui étaient prévues au budget, mais dans le cas des véhicules elles ont été inférieures. Toutefois, le coût de la main-d'oeuvre n'a pas dépassé le budget, la productivité de la main-d'oeuvre s'étant suffisamment accrue pour compenser l'augmentation des coûts de main-d'oeuvre.

*Coûts réels comparés  
à ceux du budget*

Tableau G-4. Résumé du budget: Exemple de la route Masite-Nek à Ha Makintane

Poste	Coût (\$EU)	Total partiel (\$EU)	% du total
Main-d'oeuvre	195.785	195.785	48
Matériel		130.371	32
Transport, général	104.429		
Compactage	11.390		
Communications	14.552		
Outils		15.644	4
Biens d'équipement	14.863		
Produits consommables	378		
Entretien	403		
Matériaux de construction		40.086	10
Conduites	20.339		
Armatures	2.803		
Ciment	16.944		
Campement		16.967	4
Dépenses d'équipement	13.288		
Dépenses de fonctionnement	3.679		
Entretien routier	9.422	9.422	2
Total	408.275	408.275	100

Source: Banque Mondiale.

L'exemple qui vient d'être donné n'est que l'un de ceux qui permettent d'illustrer l'utilisation de la méthode additive pour l'établissement d'un budget. Cette méthode a été adaptée aux besoins particuliers de la localité

*Conclusion*

où elle a été utilisée et pour tenir compte des différentes méthodes de calcul des coûts des organismes de location de matériel et de véhicules, des réglementations de la main-d'oeuvre, etc. Pour appliquer cette méthode à un autre pays, il faudrait tenir compte aussi de la situation locale. Néanmoins, cette méthode de base de calcul des quantités, de la productivité et des coûts unitaires, des tarifs unitaires, des besoins en ressources et des coûts globaux, peut être utilisée n'importe où.

#### NOTE SUR LE CALCUL DES COÛTS DU MATÉRIEL

Le coût réel d'utilisation du matériel ne peut être connu avec certitude tant que le matériel n'est pas parvenu au terme de sa durée de vie utile ou tant qu'il n'est pas vendu. Les coûts de possession du matériel sont habituellement calculés sous forme d'un taux horaire appelé tarif de location, qui, multiplié par le nombre prévu d'heures de vie utile de la machine, englobe les coûts d'investissement et d'entretien. L'administration centrale fait en général payer au chantier ce tarif de location en fonction du temps pendant lequel la machine est disponible pour effectuer des travaux. Ce tarif se compose des quatre charges ci-après, dont chacune est calculée sur la base du temps disponible (TD). En outre, certains coûts, indiqués ci-après, sont imputés directement au chantier.

- \* *Charge pour amortissement*, y compris les intérêts. Ce coût est calculé par application d'un facteur de récupération du capital (FRC) au coût rendu initial (y compris les droits d'importation). Cette charge doit être révisée chaque année en fonction de l'augmentation du coût rendu initial avec l'inflation.
- \* *Charge pour assurance*, y compris toute taxe routière annuelle, les droits de permis, etc.
- \* *Charge pour entretien*: elle correspond au coût des installations d'entretien et de réparation en dehors du chantier, notamment les ateliers, le matériel et les produits consommables, les pièces détachées, les intérêts sur les stocks de pièces détachées, les salaires des mécaniciens, et tous les autres frais généraux directement liés au fonctionnement des ateliers. La charge pour entretien peut être calculée de deux façons: à l'aide d'un coefficient de réparation, qui donne un coût horaire fixe quelle que soit la durée de vie du matériel, ou à l'aide d'un fonds de dotation pour entretien, qui donne un coût d'entretien fixe pendant toute la durée de vie du matériel. La première méthode est recommandée et on en trouvera l'illustration dans le tableau G-5.
- \* *Charge pour pneus*: elle tient compte du coût horaire dû à l'usure. Selon le service, ce coût est inclus ou non dans le tarif de location. S'il ne l'est pas, il faut en tenir compte dans les coûts de fonctionnement.

Outre le coût de location perçu par l'administration centrale, d'autres frais sont propres au chantier, notamment:

- \* *Les carburants et lubrifiants* sont payables sur la base des prix sur le chantier (c'est-à-dire y compris les coûts de transport jusqu'au chantier).
- \* *Le coût des pneus et pièces détachées* pour le chantier couvre le coût de tous les pneus et pièces détachées qui n'est pas compris dans le tarif de location.

- \* *Les frais des garages extérieurs* sont payés par le chantier pour les réparations imprévues.

On trouvera dans le tableau G-6 ci-après, une formule courante de calcul du coût direct des biens d'équipement. Il faut rappeler que ces coûts ne comprennent pas les salaires des chauffeurs et des conducteurs d'engins. La définition de ces coûts diffère selon les autorités. Au Lesotho, par exemple, le tarif de location d'un camion à un organisme privé s'entend tout compris, c'est-à-dire y compris les conducteurs et le carburant, tandis que le tarif de location des niveleuses perçu par le gouvernement ne comprend pas le coût des conducteurs, qu'il faut donc ajouter, ni celui des carburants, qui est facturé au prix coûtant. *Les prix indiqués dans le tableau G-6 sont ceux qui étaient en vigueur en Inde en 1976 et ne sont donnés qu'à titre indicatif.*

Tableau G-5. Exemple de calcul du coût direct d'un tracteur de 50 CV

<b>Hypothèses</b>	
Coût initial, rendu dépôt central (C)	\$ 7.900
Durée de vie économique prévue (L)	10.000 heures
Valeur vénale prévue (S)	\$ 500
Temps disponible prévu par an (A)	1.250 heures (TD)
Taux d'intérêt, exprimé en décimales (i)	0,12/an
Assurances, taxes, en % de la valeur courante	5% par an
Coefficient de réparation (R)	0,10
Nombre de pneus, avant/arrière	2/2
Coût des pneus, avant/arrière	\$ 40/150
Durée de vie des pneus (avant et arrière)	1.600 heures (TD)
Consommation de carburant	4 l/heure
Coût du carburant	\$ 0,156/l
Consommation de lubrifiant	0,1 l/heure
Coût du lubrifiant	\$ 0,89/l
<b>Calculs</b>	
a. Coût total des pneus ( $T = 2 \times (40 + 150)$ )	\$ 380
Tarif des pneus ( $380/1600$ )	\$ 0,24/heure (TD)
b. Coût amortissable ( $D = C - S - T$ )	\$ 7.020
Durée de fonctionnement ( $N = L/A$ )	8 ans
Facteur de récupération du capital ( $FRC = i(1+i)^N / [(1+i)^N - 1]$ )	0,201
Charge pour amortissement [ $(FRC \times D)/A$ ]	\$ 1,18/heure (TD)
c. Facteur de multiplication pour trouver la valeur moyenne de la machine au cours de sa durée de vie ( $N = 8 \text{ ans}$ ) <sup>a</sup>	0,57
Assurances, taxes ( $0,05 \times 0,57 \times C/A$ )	\$ 0,18/heure (TD)
d. Charge pour entretien ( $R \times D/1000$ ) <sup>ab</sup>	\$ 0,70/heure (TD)
e. Tarif de location [somme de (a), (b), (c) et (d)]	\$ 2,30/heure (TD)
f. Coût du carburant ( $4,0 \times 0,156$ )	\$ 0,62/heure (TD)
g. Coût du lubrifiant ( $0,1 \times 0,80$ )	\$ 0,08/heure (TD)
h. Frais pour le chantier [somme de (f) et (g)]	\$ 0,70/heure (TD)
i. Coût direct = Tarif direct + frais du chantier [somme de (e) et (h)] <sup>c</sup>	\$ 3,00/heure (TD)

Note: TD indique le temps disponible

- D'après l'étude de la Banque Mondiale sur le remplacement du capital par la main-d'oeuvre dans les travaux de génie civil; Mémoire technique N° 10.
- Si la machine est utilisée pendant le nombre d'heures prévues durant sa vie utile (10.000), le coût total d'entretien perçu atteindra 7.000 dollars, soit 100 % du coût amortissable.
- En prévision, les salaires du conducteur et de son assistant doivent être ajoutés au coût direct (se reporter à main-d'oeuvre qualifiée.)

Tableau G-6. Présentation normalisée du calcul des tarifs du matériel

Ressource	Description	Coût initial FOB <sup>a</sup> (milliers \$) (1)	Coût de transport maritime <sup>b</sup> (milliers \$) (2)	Droit <sup>c</sup> (milliers \$) (3)	Coût livré (milliers \$) (4) = (1)+(2) + (3)	Nombre de pneus (5)
Décapeuse, automotrice	621B, benne 11 m <sup>3</sup>	128	19,0	12,8	160	4
Décapeuse, automotrice	631C, benne 16 m <sup>3</sup>	182	27,3	18,2	228	4
Décapeuse, automotrice	641B, benne 21 m <sup>3</sup>	241	36,2	24,1	301	4
Décapeuse, remorquée	435F, benne 11 m <sup>3</sup>	41,5	5,0	4,2	50,7	4
Bulldozer	D5, 105 cv	53	4,8	5,3	63	—
Bulldozer	D6C, 140 cv	66	5,9	6,6	79	—
Bulldozer	D7E, 180 cv	88	8,0	8,8	105	—
Bulldozer	D8H, 270 cv	126	11,3	12,6	150	—
Bulldozer	D9G, 385 cv	184	16,6	18,4	219	—
Niveleuse	12G	60,2	8,7	6,0	74,9	6
Palleteuse-chargeuse	931, 62 cv, 0,8 m <sup>3</sup>	24,0	3,6	2,4	30	—
Palleteuse-chargeuse	941, 80 cv, 1,1 m <sup>3</sup>	34,5	3,8	3,5	42	—
Palleteuse-chargeuse	955L, 130 cv, 1,5 m <sup>3</sup>	51,0	5,6	5,1	62	—
Chargeuse à pneus	910, 65 cv, 1 m <sup>3</sup>	30,9	3,1	3,0	37,0	4
Chargeuse à pneus	950, 130 cv, 2,5 m <sup>3</sup>	55,6	6,7	5,6	67,9	4
Chargeuse à pneus	988, 325 cv, 5 m <sup>3</sup>	129,6	15,6	13,0	158,1	4
Camion à plate-forme	7-8 t, 6 m <sup>3</sup>	10,7	—	1,3	12,0	—
Camion basculant	7-8 t, 6 m <sup>3</sup>	15,1	—	1,9	17,0	—
Camion, déversant arrière	7-8 t, 6 m <sup>3</sup>	12,8	0,5	1,3	14,6	—
	769B, 35 t, 17 m <sup>3</sup>	138,9	18,0	13,9	170,8	—
Tracteur agricole	35 cv	4,8	0,5	0,5	5,8	2/2
Tracteur agricole	50 cv	6,6	0,7	0,7	7,9	2/2
Remorque basculante	3 t, 1 m <sup>3</sup>	1,6	0,2	0,2	1,9	4
Remorque basculante	5 t, 3,5 m <sup>3</sup>	1,8	0,2	0,2	2,1	4
Brouette					0,04	1
Rouleau, autopropulsé	Cylindre acier, 8-10 t	17,5	1,7	1,8	21,0	—
Rouleau, autopropulsé	Pneus de camion 815, 20 t	73,5	7,3	7,4	88,2	—
Broyeur mobile, concasseur	6-8 t/heure				10	—
Installation de broyage	50-60 t/heure				90	—
Explosifs (par kg)		—	—	—	—	—
Distributeur de bitume			5,0	0,5	5,5	—
Compresseur	80 cv, 8 m <sup>3</sup> /heure					
Marteau pneumatique						

**Note:** le nombre d'heures s'entend dans tous les cas du temps disponible (TD). Les dollars sont des dollars E.U. dans tous les cas.

- a. Coût initial: toujours franco à bord ports Etats-Unis, aux prix de janvier 1976 (Source: Caterpillar Co.) sauf: (a) la chargeuse à pneus 910, le rouleau 815, prix FOB Royaume-Uni de juin 1976 pour £1 = \$1,75; (b) le camion à plate-forme de 6m<sup>3</sup>, le camion basculant de 6m<sup>3</sup>, le rouleau de 8-10 tonnes et le distributeur de bitume, prix indien 1976 pour \$1 = Rs8,9; (c) le camion basculant de 6m<sup>3</sup>, prix Etats-Unis, source inconnue; (d) les tracteurs et remorques, prix FOB Royaume-Uni, début 1976 pour £1 = \$2,0; (e) la brouette, prix livré en Inde, 1976 pour \$1 = Rs8,9; (f) le broyeur mobile, le concasseur, les explosifs, prix estimatifs;

Tableau G-6. (suite)

Coût de 1 pneu <sup>d</sup> (milliers \$) (6)	Coût total pneus (milliers \$) (7) = (5)x(6)	Durée vie <sup>e</sup> des pneus (milliers h.) (8)	Valeur de liquidation <sup>f</sup> (milliers \$) (9)	Coût amortissable (milliers \$) (10) = (4)-(7)-(9)	Durée vie économique (milliers h.) (11)	Disponibilité <sup>g</sup> (milliers h/an) (12)
2.75	11	2	0	149	10	1.0
4.00	16	2	0	212	10	1.0
5.75	23	2	0	278	10	1.0
1.58	6.3	3	0	44.4	10	1.25
—	—	—	0	63	10	1.25
—	—	—	0	79	10	1.25
—	—	—	0	105	10	1.25
—	—	—	0	150	10	1.25
—	—	—	0	219	10	1.25
0.27	1.6	3	0	73.3	10	1.0
—	—	—	0	30	10	1.0
—	—	—	0	42	10	1.0
—	—	—	0	62	10	1.0
0.5	2.0	1.3	0	35.0	10	1.0
0.79	3.2	1.3	0	64.7	10	1.0
1.98	7.9	1.3	0	150.2	10	1.0
	0.8	1.6	0	11.2	10	1.0
	0.8	1.6	0	16.2	10	1.0
	0.8	1.6	0	13.8	10	1.0
	2.3	1.6	0	168.5	10	1.0
0.04/0.15	0.4	1.6	0	5.4	10	1.25
0.04/0.15	0.4	1.6	0	7.5	10	1.25
0.06	0.2	1.6	0	1.7	10	1.25
0.06	0.2	1.6	0	1.9	10	1.25
0.01	0.01	1.25	0	0.03	5	1.25
—	—	—	0	21.0	25	1.25
—	—	—	0	88.2	10	1.25
—	—	—	0	10	10	1.25
—	—	—	0	90	10	1.25
—	—	—	0	—	—	—
—	—	—	0	5.5	10	1.0

- b. Coût de transport maritime: (a) coût effectif (Source: Banque Mondiale) des décapeuses, bulldozers, niveleuses et pelleteuses-chargeuses et des chargeuses 950 et 988, ainsi que des camions 769B et camions basculants de 6m<sup>3</sup>. (b) autres biens importés, 10 % du coût initial; (c) si le coût de transport n'est pas indiqué, le matériel est de fabrication locale.
- c. Droits: douane ou accise (ou les deux) par hypothèse de 10 % du coût initial (FOB) selon le cas.
- d. Coût des pneus: (a) prix Etats-Unis (début 1976) pour les décapeuses, niveleuses, chargeuses 950 et 988, camions 769B et camions basculants de 6 m<sup>3</sup>; (b) prix Royaume-Uni pour les chargeuses 910, tracteurs et remorques; (c) pour les camions à plate-forme et les

Tableau G-6. (suite)

Ressource	Description	Durée de fonctionnem. (an)	Coeff. r <sub>éc.</sub> capital <sup>h</sup>	Multipl. <sup>j</sup>	Coeff. réparat. <sup>k</sup>	Consomm. carbur. <sup>k</sup> (l/h)	Consomp. huile <sup>l</sup> (l/h)
		(11) (12)					
Décapeuse, automotrice	621B, benne 11 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.10	43.2	0.6
Décapeuse, automotrice	631C, benne 16 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.10	52.2	1.2
Décapeuse, automotrice	641B, benne 21 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.10	71.9	1.6
Décapeuse, remorquée	435F, benne 11 m <sup>3</sup>	8	0.201	0.57	0.05	—	—
Bulldozer	D5, 105 cv	8	0.201	0.57	0.12	13.2	0.3
Bulldozer	D6C, 140 cv	8	0.201	0.57	0.12	17.8	0.4
Bulldozer	D7F, 180 cv	8	0.201	0.57	0.12	28.4	0.5
Bulldozer	D8H, 270 cv	8	0.201	0.57	0.12	34.4	0.6
Bulldozer	D9G, 385 cv	8	0.201	0.57	0.12	56.8	0.7
Niveleuse	12G	10	0.177	0.57	0.10	18.2	0.3
Pelleteuse-chargeuse	931, 62 cv, 0,8 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.12	9.1	0.3
Pelleteuse-chargeuse	941, 80 cv, 1,1 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.12	12.9	0.4
Pelleteuse-chargeuse	955L, 130 cv, 1,5 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.12	21.6	0.4
Chargeuse à pneus	910, 65 cv, 1 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.10	9.1	0.3
Chargeuse à pneus	950, 130 cv, 2,5 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.10	17.4	0.4
Chargeuse à pneus	988, 325 cv, 5 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.10	41.6	0.9
Camion à plate-forme	7-8 t, 6 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.10	8.0	0.2
Camion basculant	7-8 t, 6 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.10	8.0	0.2
Camion, déversement arrière	7-8 t, 6 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.10	8.0	0.2
	769B, 35 t, 17 m <sup>3</sup>	10	0.177	0.57	0.10	31.8	0.8
Tracteur agricole	35 cv	8	0.201	0.57	0.10	2.8	0.1
Tracteur agricole	50 cv	8	0.201	0.57	0.10	4.0	0.1
Remorque basculante	3 t, 1 m <sup>3</sup>	8	0.201	0.57	0.05	—	—
Remorque basculante	5 t, 3,5 m <sup>3</sup>	8	0.201	0.57	0.05	—	—
Brouette		4	0.327	—	0.10	—	—
Rouleau, autopropulsé	Cylindre acier, 8-10 t	20	0.133	0.57	0.10	6.8	0.1
Rouleau, autopropulsé	Pieds de mouton 815, 20 t	8	0.201	0.57	0.10	27.0	0.5
Broyeur mobile, concasseur	6-8 t/heure	8	0.201	0.57	0.10	—	—
Installation de broyage	30-60 t/heure	8	0.201	0.57	0.10	—	—
Explosifs (par kg)		—	—	—	—	—	—
Distributeur de bitume		10	0.177	0.57	0.10	—	—
Compresseur	80 cv, 8 m <sup>3</sup> /heure						
Marteau pneumatique							

camions basculants, mêmes pneus que pour le camion basculant de 6m<sup>3</sup> (Prix \$ E-U).

- e. Vie des pneus: estimée d'après le catalogue de Caterpillar, pour des conditions moyennes d'utilisation.
- f. Valeur liquidative: nulle par hypothèse, le calcul étant effectué à partir de la durée de vie économique totale.
- g. Disponibilité: saison annuelle de travaux (jours) x durée nominale de la journée (heures) x coefficient de perte de temps (t); Dans ce cas: 192 jours x 8 heures (TD)/jour x t, où t = 0,8 pour les bulldozers, les décapeuses remorquées et les rouleaux, les tracteurs, remorques et broyeurs, et 0,65 pour les autres matériels.

Tableau G-6. (suite)

Charge d'amortissem. (\$/h) (19) = $\frac{(14) \times (10)}{(12)}$	Taxes/ assur. <sup>m</sup> (\$/h) (20)	Charge d'entretien (\$/h) (21) = $\frac{(16) \times (10)}{1000}$	Tarif de pneus (\$/h) (22) = $\frac{(7)}{(8)}$	Tarif de location (\$/h) (23) = (19)+(20) +(21)+(22)	Tarif du carburant <sup>m</sup> (\$/h) (24) = (f)x(17)	Tarif de l'huile <sup>n</sup> (\$/h) (25) = (o)x(18)	Coût direct ou tarif horaire (\$/h) (26) = (23)+(24) +(25)
26.4	4.6	14.9	5.5	51.4	6.7	0.4	58.6
37.5	6.5	21.2	8.0	73.2	8.1	0.9	82.2
49.2	8.6	27.8	11.5	97.1	11.2	1.3	109.6
7.2	1.2	2.2	2.1	12.7	—	—	12.7
10.1	1.4	7.6	—	19.1	2.6	0.2	21.9
12.7	1.8	9.5	—	24.0	2.9	0.3	27.2
16.9	2.4	12.6	—	31.9	4.4	0.4	36.7
24.1	3.4	18.0	—	45.5	5.4	0.5	51.4
35.2	5.0	26.2	—	66.4	8.9	0.6	75.8
13.0	2.1	7.3	0.5	23.0	2.8	0.2	26.0
5.3	0.8	3.6	—	9.8	1.4	0.2	11.4
7.4	1.2	5.0	—	13.7	2.0	0.3	16.0
11.0	1.8	7.4	—	20.2	3.4	0.3	23.9
6.2	1.1	3.5	1.5	12.3	1.4	0.2	14.0
11.4	1.9	6.5	2.4	22.3	2.7	0.3	25.3
26.6	4.5	15.0	6.1	52.2	6.5	0.7	59.4
2.0	0.3	1.1	0.5	3.9	1.3	0.1	5.3
2.9	0.5	1.6	0.5	5.5	1.3	0.1	6.9
2.4	0.4	1.4	0.5	4.7	1.3	0.1	6.1
29.8	4.9	16.9	1.4	53.0	5.0	0.6	58.6
0.9	0.2	0.5	0.2	1.8	0.4	0.1	2.3
1.2	0.2	0.8	0.2	2.4	0.6	0.1	3.1
0.3	0.1	0.1	0.2	0.6	—	—	0.5
0.3	0.1	0.1	0.2	0.6	—	—	0.6
0.008	0	0.003	0.008	0.02	—	—	0.02
2.2	0.5	2.1	—	4.8	1.1	0.1	5.9
14.2	2.5	8.8	—	25.5	4.2	0.4	30.1
1.6	0.3	1.0	—	2.9	0.7	—	3.6
14.5	2.6	9.0	—	26.0	5.5	—	31.5
—	—	—	—	—	—	—	3.0/kg
1.0	0.2	0.6	—	1.7	—	—	—
							5.0
							0.2

- h. Coefficient de récupération du capital:  $i(1+i)^N / [(1+i)^N - 1]$ , où  $i$  = taux d'intérêt exprimé par une fraction. Dans ce cas,  $i = 0,12$ , soit 12 % l'an.
- i. Multiplicateur: il indique la valeur moyenne de la machine au cours de sa durée de vie; on en trouvera la description dans le mémorandum technique de la Banque Mondiale N° 10. Il varie avec  $N$ .
- j. Coefficient de réparation: estimé afin d'indiquer le total du coût d'entretien au cours de la durée de vie de la machine comme correspondant à 100 % du coût amortissable du matériel lourd. Il est supposé être de 0,10 pour les véhicules à moteur, de 0,05 pour le matériel remorqué, de 0,12 pour les véhicules sur chenilles.



*Suite des notes du tableau G-6:*

- k. Consommation de carburant et d'huile: d'après le catalogue de Caterpillar pour le matériel de ce fabricant, et calculée en fonction du nombre de chevaux pour les autres matériels.
- l. Taxes/assurances: sont calculées par hypothèse en proportion de la valeur moyenne de la machine; dans ce cas, elles sont par hypothèse de 0,05 (soit 5 %). Charge =  $[0,05 \times (15) \times (4)] / (12)$ .
- m. Tarif du carburant (f): supposé être du diesel dans tous les cas, à \$0,156 par litre.
- n. Coût de l'huile (o): par hypothèse de \$0,80 par litre.
- o. Consommation de carburant et d'huile: n'est pas connue, c'est pourquoi le tarif horaire n'a pas été calculé.

Source: Banque Mondiale.

DESCRIPTION  
DES POSTES

On trouvera dans la présente annexe les descriptions des postes et les qualifications que devraient avoir le personnel expatrié et le personnel local nécessaires tout d'abord pour la réalisation du projet pilote puis pour l'utilisation à grande échelle des méthodes manuelles dans les travaux de génie civil. Les postes sont répartis entre ceux de l'assistance technique et ceux du personnel local.

Ingénieur des travaux publics ayant au minimum 5 ans d'expérience dans la construction de routes, les travaux d'irrigation ou des travaux semblables, selon le cas. Il aura de préférence une formation poussée en gestion et aura l'expérience de la gestion et de la supervision de programmes de travaux réalisés par des méthodes manuelles. Il devra avoir des aptitudes pour communiquer et travailler avec de hauts fonctionnaires, puisqu'il devra faire des recommandations, d'après les travaux expérimentaux et les projets de démonstration, sur les possibilités de transformer le projet pilote en un programme à grande échelle. Il aura les tâches suivantes:

- \* Responsabilité globale de la gestion du personnel d'assistance technique participant au projet pilote.
- \* Responsabilité globale de l'analyse des résultats, qu'il s'agisse de la création d'institutions ou des travaux achevés.
- \* Responsabilité globale de la formation du personnel de l'administration centrale comme sur le terrain.
- \* Responsabilité globale d'établissement du programme de travail et des règles de planification et d'exécution d'un programme à grande échelle.

**PERSONNEL  
D'ASSISTANCE  
TECHNIQUE**  
*Chef de l'équipe  
d'assistance technique*

*Ingénieur d'étude  
des travaux*

Ingénieur du génie civil familiarisé avec les principes de mesure des travaux. Il devra comprendre parfaitement les principes du travail manuel et avoir une vaste expérience pratique. Il est indispensable qu'il ait des connaissances en analyse des données, statistiques, formation du personnel et technique de suivi. Il aura les tâches suivantes:

- \* Adjoint au chef de l'équipe d'assistance technique.
- \* Responsabilité principale de toutes les activités de formation du personnel et celles qui y sont liées.
- \* Responsabilité principale de toutes les activités de suivi et d'établissement des rapports.

*Ingénieur chargé  
de la supervision,  
travaux et entretien*

Ingénieur du génie civil ayant l'expérience de la planification et de la supervision de la construction de routes et ouvrages d'irrigation de qualité modeste (selon le cas) et de l'entretien. Il sera spécialisé dans l'établissement du calendrier des travaux et leur suivi, dans la gestion d'opérations réparties entre plusieurs chantiers et des méthodes de formation en cours d'emploi. Il aura les tâches suivantes:

- \* Responsabilité sur le terrain des opérations de construction et d'entretien qui seront confiées à de petites entreprises de travaux publics dans une région donnée.
- \* Responsabilité d'établir une liaison avec l'administration centrale et le chantier pour toutes les questions concernant le financement, la répartition des ressources et l'établissement des rapports.

*Spécialiste en  
administration  
et gestion*

Ingénieur du génie civil ou fonctionnaire supérieur ayant travaillé dans des organismes employant des effectifs nombreux de main-d'oeuvre occasionnelle. Il devra être capable de faire des recommandations claires et précises à l'issue d'entretiens et de consultations avec le personnel travaillant sur le terrain et en fonction de ses observations. Il devra être familiarisé avec les règles de passation des marchés, d'établissement du budget, de financement du gouvernement et avec les liens entre l'administration centrale et les services sur le terrain. Il aura les tâches suivantes:

- \* Responsabilité principale de définition des modifications à apporter au fonctionnement de l'administration lorsqu'il risque d'entraver les opérations réalisées par des méthodes manuelles.
- \* Mise au point de nouveaux systèmes d'archives et modification des formulaires comme les demandes de fournitures, le cas échéant.

*Economiste*

Diplôme d'études supérieures en économie. Expérience des questions d'économie de la main-d'oeuvre, de développement rural et de préparation et évaluation des projets et programmes. Il aura les tâches suivantes:

- \* Responsabilité de l'établissement de règles de sélection des projets.
- \* Suivi et évaluation des coûts et avantages attribuables à la création d'institutions et de ceux des éléments du projet pilote.
- \* Participation à la rédaction du programme de travail et des règles de planification et d'exécution des phases suivantes.

Ingénieur mécanicien ou industriel expérimenté dans la conception et l'évaluation des outils manuels et du petit matériel (comme les brouettes) utilisés en construction. Il aura les tâches suivantes:

- \* Responsabilité de l'évaluation des outils et du petit matériel disponibles dans le pays.
- \* Recommandations en vue d'en améliorer la conception.
- \* Enquête sur les artisans locaux capables de fabriquer des outils améliorés à des coûts raisonnables.
- \* Recommandations en vue des mesures que pourrait adopter le gouvernement pour créer des entreprises locales capables de fabriquer des outils et du petit matériel de bonne qualité.

*Spécialiste des outils*

Diplôme universitaire en médecine ou en santé et nutrition. Expérience de l'évaluation des relations entre l'état de santé et nutrition des ouvriers et leur productivité physique. Expérience de la mise au point et de l'application de mesures concernant la santé et la nutrition. Il aura les tâches suivantes:

- \* Responsabilité des premières enquêtes permettant de déterminer l'ampleur des problèmes de santé et de nutrition et leurs effets sur la productivité dans les régions où est exécuté le projet pilote.
- \* Responsabilité de recommander des mesures efficaces par rapport à leur coût.
- \* Responsabilité de la formation du personnel local qui, sous la supervision périodique du spécialiste en santé et nutrition, appliquera le programme d'intervention.

*Spécialiste en santé et nutrition*

Ingénieur du génie civil ayant l'expérience des problèmes que rencontrent les petites entreprises de travaux publics, dont les dirigeants n'ont pas de formation et qui n'ont pas de liquidités, et travaillent surtout avec de la main-d'oeuvre occasionnelle et un matériel minimum. Il aura les tâches suivantes:

- \* Enquête initiale sur les problèmes, les difficultés, les perspectives des petites entreprises de travaux publics existantes ou qui pourraient être créées dans les régions où est réalisé le projet pilote.
- \* Recommandations relatives à des programmes de formation et d'aide financière pour que les petites entreprises soient plus efficaces et se développent.
- \* Analyse des résultats pour déterminer les progrès accomplis à la fin du projet pilote.

*Spécialiste de la création d'entreprises de travaux publics*

Ingénieur du génie civil. Homologue du chef de l'équipe d'assistance technique. Il aura les tâches suivantes:

- \* Assumera la pleine responsabilité des opérations de l'unité à la fin de la deuxième année d'exécution du projet.
- \* Aura la responsabilité de la préparation finale de la phase élargie des opérations et des négociations avec le gouvernement et les bailleurs de fonds étrangers pour toutes les opérations qui seront réalisées après les trois années du projet pilote.

**PERSONNEL LOCAL**  
*Responsable local*

*Assistant administratif*

Assistant principal du responsable local de l'unité. Homologue du spécialiste en gestion et administration de l'équipe d'assistance technique. Il aura les tâches suivantes:

- \* Responsabilité des demandes de fournitures et des approvisionnements, du paiement des entreprises, de la tenue des registres et de la vérification des rapports effectués sur le terrain.
- \* Responsabilité de la préparation des budgets de fonctionnement se rapportant à la création d'institutions et aux travaux réalisés par l'unité.

*Spécialiste en planification, spécialiste en suivi, économiste*

Ce sont les homologues de l'ingénieur d'étude des travaux ou de l'économiste, selon le cas, de l'équipe d'assistance technique. Ils auront essentiellement des tâches de formation pendant la première année du projet: ils se familiariseront avec les techniques de mesure de la productivité, d'établissement du calendrier des travaux, de l'analyse financière et économique, de la justification des projets et du suivi.

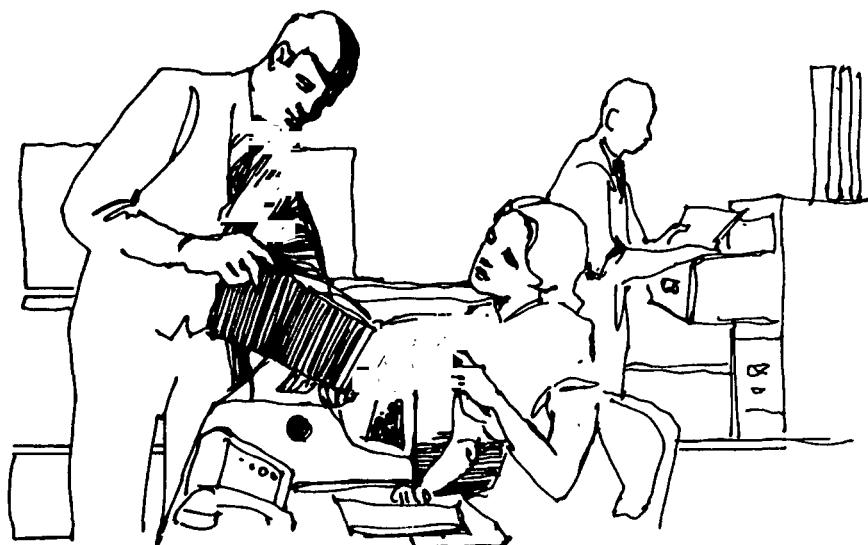
*Ingénieur de supervision, construction et entretien*

Ingénieur du génie civil. Homologue pour le personnel de terrain de l'ingénieur de l'équipe d'assistance technique. Il devra passer les six premiers mois de sa mission sur le terrain à se familiariser avec les méthodes de gestion de la main-d'oeuvre et avec la supervision et la mesure des travaux de construction et d'entretien réalisés par des méthodes manuelles. Il aura les tâches suivantes:

- \* Responsabilité de toutes les opérations sur le terrain dès le début de la troisième année, notamment la formation du personnel affecté aux unités qui seront constituées dans le cadre du programme à grande échelle après achèvement du projet pilote.
- \* Responsabilité d'accroître progressivement le nombre d'entreprises de travaux publics.

## ANNEXE I

### DESCRIPTION D'UN SYSTEME DE SUIVI ET DE NOTIFICATION



On trouvera dans la présente annexe des directives sur la préparation des rapports concernant le volume et le rythme de progression des travaux réalisés par des méthodes manuelles; on a pu constater que ces rapports sont à la fois utiles et faciles à établir. Les formulaires présentés dans les pages suivantes indiquent les informations qui doivent être rassemblées sur chaque chantier puis communiquées à l'administration centrale. Celle-ci fait la synthèse des informations transmises par les différents chantiers puis les communique au ministère des finances et aux autres sources de financement. L'annexe comprend deux parties. La première expose un système minimum de mesure de la production, la seconde reproduit le système de suivi mis au point pour le programme de routes rurales d'accès au Kenya.

Chaque mesure de la productivité doit se rapporter à une seule tâche ou opération.

Les données concernant les rubriques ci-après doivent être notées ou mesurées:

- \* Description de toutes les catégories de ressources utilisées.
- \* Main-d'oeuvre occasionnelle.
- \* Animaux.
- \* Main-d'oeuvre qualifiée (artisans, chauffeurs, mécaniciens).
- \* Outils et petit matériel.
- \* Biens d'équipement.
- \* Matériaux.
- \* Quantité de chaque catégorie de ressources, sauf pour les outils et le petit matériel.

### MESURE DE LA PRODUCTIVITE

#### *Mesure des ressources*

- \* Méthode de rémunération.
- \* Heures normales de travail sur le chantier (donc durée totale).
- \* En cas de rémunération à la tâche, nombre d'heures effectivement passé sur le chantier.
- \* Temps perdu pour chaque ressource ou groupe de ressources, de préférence mesuré, sinon estimé de façon raisonnable.
- \* Temps d'utilisation des biens d'équipement.

Le volume des ressources utilisées se mesure par la durée d'utilisation et peut être exprimé par le temps disponible (TD) ou le temps total. Normalement, dans le système de base de mesure de la productivité, les ressources utilisées sont exprimées comme suit:

Main-d'oeuvre occasionnelle	Hommes-jours (TD)
Animaux	Animaux-jours (TD)
Main-d'oeuvre qualifiée	
Artisans	Hommes-jours (TD)
Chauffeurs	Hommes-jours (TD)
Mécaniciens	Hommes-jours (TD)
Outils et petit matériel	Inconnu
Biens d'équipement	Machines-heures (TD)
Matériaux	Tonnes, litres, etc.

#### *Mesure du rendement*

Les informations ci-après sont nécessaires:

- \* Description complète de la tâche.
- \* Le rendement mesuré obtenu avec l'unité (par exemple, mètres cubes, tonnes) et la base de la mesure (par exemple, sur place, ou matériaux compactés). Il faut éviter chaque fois que possible d'évaluer le rendement.
- \* La mention des ressources ou de l'équipe qui obtiennent ce rendement.
- \* La période pendant laquelle il est obtenu.
- \* Lorsque le travail est rémunéré à la tâche, il faut toujours préciser si le rendement obtenu n'est pas égal à l'objectif fixé pour la tâche.
- \* Lorsque le travail est rémunéré à la pièce, indiquer le tarif payé pour l'activité ou la tâche.

Le rendement se mesure habituellement directement à la fin de la journée, de la semaine ou du mois. En cas d'impossibilité, on peut mesurer la charge des conteneurs (comme le volume des camions citernes à eau). Lorsque la charge varie selon les trajets, on réalisera un échantillonnage des poids ou volumes transportés. Dans ce cas, il faut normalement effectuer une conversion des densités (par exemple, le volume des matériaux non compactés doit être converti en volume sur place, ou les tonnes en mètres cubes).

#### *Enregistrement des paramètres*

Tous les paramètres doivent être notés, mais il importe particulièrement de relever la distance de transport et le paramètre d'excavation pour chaque opération de transport ou d'excavation. En cas de rémunération à la tâche ou à la pièce, les paramètres sont indispensables pour le calcul des rémunérations. On trouvera dans l'annexe F de plus amples informa-

tions sur les paramètres et leurs effets (Données sur la productivité et effets des paramètres). Les chefs d'équipe doivent être capables d'établir des estimations assez précises des paramètres, comme la distance de transport.

Les sources de toutes les données sont normalement les registres tenus sur chaque chantier, mais dans certains cas, ces formulaires normalisés devront être complétés. Par exemple: (a) *le formulaire de feuilles de présence* pourra utilement comporter un espace pour la description et le rendement des tâches, et (b) *le registre du matériel* doit comporter un espace pour décrire les tâches et inscrire le résumé hebdomadaire ou mensuel du temps total d'utilisation, du temps perdu, de la distance parcourue et de la consommation de carburant et d'huile.

Le conducteur de travaux voudra peut-être tenir des registres intermédiaires entre les registres et feuilles de présence contenant des données brutes et les rapports mensuels.

Les figures I-1 à I-5 illustrent le minimum d'informations nécessaires au suivi du projet. Le lecteur observera que ces chiffres sont des résumés des ressources, de la production, de la productivité et des dépenses.

On présentera dans cette partie de l'annexe, les phases de la planification nécessaires à la mise au point d'un programme de construction de routes par des méthodes manuelles, ainsi que des formulaires utiles pour le suivi et la notification des données du projet. Ces formulaires ont été mis au point pour le programme de routes rurales d'accès au Kenya. La comparaison de ces formulaires et de ceux qui sont présentés dans la première partie indique les modifications et les compléments de données qu'entraîne le passage de principes généraux à un programme de construction particulier dont les exigences sont différentes.

La planification du programme repose sur l'évaluation des ressources nécessaires pour terminer chaque kilomètre de route. Complété par des prévisions des effectifs et de la quantité des autres ressources qui seront utilisés, cette évaluation permet de fixer la durée des travaux. Ces données sont inscrites sur un graphique de planification et les chiffres reportés sur le registre journalier. Le tableau I-1 illustre ce système.

Pour définir de façon précise ce que l'on entend par "achèvement", on choisit une activité ou tâche de référence qui se situe en un point précis de la suite des travaux, aussi proche que possible de la fin. Lorsque cette activité est accomplie, la partie correspondante de la route est considérée comme pratiquement achevée. Les objectifs sont exprimés par les dates et le volume des ressources nécessaires pour mener à bien toutes les tâches, y compris l'activité de référence. L'activité de référence choisie pour des travaux routiers est le profilage de la chaussée.

Le contrôle repose sur les registres des chantiers tenus par les chefs de chantier et complétés par les registres administratifs concernant les véhicules de chantier, les frais généraux et les coûts (tenus par des cadres appelés "responsables locaux" ou par les conducteurs de travaux).

*Enregistrement  
des données*

**SYSTEMES DE  
PLANIFICATION,  
D'ENREGISTREMENT  
DES DONNEES ET  
DE NOTIFICATION**

*Description  
générale du  
système*



Figure I-1. Formulaire de récapitulation des ressources

Formulaire 2: RECAPITULATION DES RESSOURCES				REF/2							
Programme		Routes à faible coût		Mois se terminant le		30/6/77					
Projet		District A		Formulaire rempli le		4/7/77					
Formulaire rempli par											
Description des ressources	Nombre (moyenne)		Jour de travail (moyenne) TT	Ressources (hommes, animaux ou machines/j)A						Observations (expliquer les pertes de temps).	
	Prévu	Effectif		Prévues		Effectives		Effectives & prévues			
	TT	AT	TT	AT	TT	AT	TT	AT	AT/TT		
<b>Main d'œuvre occasion</b>											
- hommes	200	240	25	5000	90%	4500	5000	5280		3 jours perdus en raison de la pluie.	
- femmes	100	40		2500		2250	1000	880			
- chef d'équipe	15	14		375		337	350	308			
- TOTAL	315	294		7875		7087	7350	6468	88%		AT 0,91
<b>Main-d'œuvre qualifiée (préciser l'emploi)</b>											
- chauffeur/conduc.	10	8	25	250			200			Quand viendra le mécanicien? 8 camions-jours perdus inutilement	
- mécanicien	1	0		25			0				
- forgeron	1	1	25	25			25				
- menuisier	1	1		25			25				
- maçon	3	2		75			50				
- TOTAL	16	12		400			300				0,75
<b>Cadres (préciser le grade)</b>											
- ingénieur	0	1	25	0			25			Il est maintenant prévu que l'inspecteur remplacera l'ingénieur le mois prochain	
- inspecteur	1	0		25			0				
- superviseur	7	6	25	175			150				
- employés	2	2		50			50				
- TOTAL PERMANENT	10	9		250			225				0,90
- auxiliaire		4									
<b>Animaux (préciser lesquels)</b>											
- aucun											
<b>Biens d'équipement (préciser type et dimension)</b>											
- tracteur, 50 CV	7	6	25	175	75%	131	150	123	82%	0,94	7422 1711 Il faut plus de remorques à plate-forme et de citernes à eau pour accroître la production du tracteur. Pompe de recharge urgente.
- camion, 7 t	1	1		25		19	25	16	64%	0,84	
- rouleau, 8-10 t	1	1		25		19	25	20	80%	1,05	
- remorque, 5 t	10	7		250		187	175	143	82%	0,76	
- cit. eau, 4000 l	2	1		50		37	25	18	72%	0,5	
- pompe	2	1		50	50%	25	25	18		0,75	
<b>Carburant et lubrifiant (préciser le matériel)</b>											
	Consommation mensuelle			Taux de consommation, l/j ou km/l							
	Diésel	Essence	Huile	Diésel / Essence		Huile					
- Tracteurs	2210		62	3,4 km/l		2,0 l/j					
- Camion	562		9	3,1 km/l		1,8 l/j					
- rouleau	840		18	4,2 l/j		0,9 l/j					
- pompe		48	1								
- TOTAL	3612	48	90								
<b>Matériaux (préciser)</b>											
	Quantité distribuée										
- Asphalte	0										
- Ciment	8000 kg										
- Acier	750 kg										
- Bois	1,2 m <sup>3</sup>										

Source: Banque Mondiale.

Figure I-2. Formulaire de récapitulation de la production pour les routes

Formulaire 3: RECAPITULATION DE LA PRODUCTION					REF/3	
Programme	Routes à faible coût				Mois se terminant le	30/6/77
Projet	District A				Formulaire rempli le	4/7/77
Formulaire rempli par						
Opération	Rendement					Paramètres importants
	km		Production petite unité			
	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	Unité	
Défrichage	2,0	2,5	60,000	78,000	m <sup>2</sup>	Broussailles, arbres isolés
Terrassements, y compris arrosage et compactage	1,8	1,6	8.700	7.760	m <sup>2</sup> sur place	Paramètre excav. (3-5) remblais bas 70 %, remblais élevés 30 %, transport eau 2 km
Croisement fossés	2,0	1,4	2.000	1.400	m	
Gravillonnage, excavat., transp., épend., arros., comp.	2,0	1,6	2.400	1.900	m <sup>3</sup> sur place	Paramètre excav. (5) Transport 3 km Transport eau 2 km
Roncesaux, y compris excavation et broyage	2,0	2,0				

Source: Banque Mondiale.

Figure I-3. Formulaire de récapitulation de la production pour des travaux d'irrigation

Formulaire 4: RECAPITULATION DE LA PRODUCTION					REF 4/	
Programme	Irrigation			Mois se terminant le	31/8/66	
Projet	Secteur C			Formulaire rempli le	3/9/66	
Formulaire rempli par				Date du dernier rapport	11/7/66	
Catégorie de travaux	km terminés depuis le dernier rapport		km terminés pendant la saison		km en cours de construction	
	objectif	réalisé	objectif	réalisé		
Canal type A (lit 3 m +)	0,5	0,4	4,0	3,2	1,2	
Canal type B (lit 1-3 m)	2,1	2,4	7,5	9,8	2	
Canal type C (lit 0,1 m)	7,5	9,0	60,0	75,2	4	
Digue type X (0-1 m larg.)	0,6	0	9,6	3,6	2	
Digue type Y (1m larg.)	2,5	1,5	14,4	8,0	6	
Syphons et ponts	-	-	3 no.	2 no.	1 no.	

Source: Banque Mondiale.

Figure I-4. Formulaire de récapitulation de la productivité

Formulaire 5: RECAPITULATION DE LA PRODUCTIVITE											REF 5/	
Projet		Routes à faible coût					Mois se terminant le		30/6/77			
Formulaire rempli par:						Formulaire rempli le		4/7/77				
Tâche	Ressource & méthode	Fact. de production		Production				Productivité <sup>2</sup>		Paramètres importants		
		homme jour	machines heure (TD)	km		petite unité <sup>1</sup>		objectif	réalisé			
				objectif	réalisé	objectif	réalisé	unité	objectif	réalisé		
Défrichage	main-d'oeuvre & tracteur, 50 CV	601	-	2.0	2.5	60 000	78 000	m <sup>2</sup>	100	130	Broussailles arbres isolés	
		-	240						250	325		
Terrasset., déblai remblai (ECTDE)	main-d'oeuvre & brouettes	2804	-	1.5	1.3	6 000	5 060	m <sup>3</sup> sur place	2.0	1.8	Transp. 35 m, élév. 5m, param. excav. (4-5)	
Terrasset., déblai remblai (ECTDE)	main-d'oeuvre & brouettes	1693	-	0.3	0.3	2 700	2 700	m <sup>3</sup> sur place	1.2	1.6	Transp. 150 m, élév. 5m, param. excav. (3)	
Crauset, fossés	main-d'oeuvre pioches et pelles	363	-	2.0	1.4	2 000	1 400	m	5.0	3.9		
Fabric. & transp. graviers (ECTDE)	main-d'oeuvre, pioches & pelles, tracteur 50CV remor. bascul.	1460	-	2.0	1.6	2 400	1 900	m <sup>3</sup> sur place	1.5	1.3	Transp. 3 km, état piste (2-3)	
		-	540						4.0	3.6	param. excav. (5)	
		-	1080						2.0	1.8		
Epend. gravillons	main-d'oeuvre houes	242	-	2.0	1.6	2 400	1 900	m <sup>3</sup> SP	7.5	7.9		
Compact. sol & grav. & transp. eau	Rouleau, 8-10t	-	162	2.0	1.6	11 100	9 660	m <sup>3</sup> SP	70	60	Transp. 2 km état piste (2-3) haut. chargt. 6m	
	Tracteur 50CV	-	140	2.0	1.6	1 110	700	m <sup>3</sup> (1000L)	4.0	5.0		
	Citerne 4000L	-	140									
	Pompe, M-Oeuvre	92	-	2.0	1.6	1 110	700		6	8		
Constr. ponceaux (excav. & broyage de pierres)	M-oeuvre (broy.)	100	-	2	2							
	Maçon, menuisier	23	-									
	Camion 7t	8	-									
		-	76									
Tâches div. (plate-forme de chargt., transp. matériel, etc.)	Main-d'oeuvre	-	-									
	Maçon, menuisier	25	-									
	Camion 7t	15	-									
	Tracteur 50CV	-	112									
	Remorque 5t	-	64									
		-	64									

Notes du formulaire:

1. La petite unité (par exemple terme, m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup>) doit être indiquée dans cette colonne.
2. Productivité = rendement (petite unité) / facteurs de production.  
(homme-jour ou machine-heure, suivant le cas).

Source: Banque Mondiale.

Figure I-5. Formulaire de récapitulation des dépenses

FORMULAIRE 6: RECAPITULATION DES DEPENSES		REF 6/		
Projet		Opération	Mois se terminant le	
Formulaire rempli par			Formulaire rempli le	
	Poste comptable	Dépenses du chantier	Tarif Adm. centr. (1)	Tarif total
	Coût direct de la main-d'œuvre occasionnelle Coût direct des animaux Coût direct de la main-d'œuvre qualifiée <b>TOTAL PARTIEL COUTS DIRECTS DE LA MAIN-D'OEUVRE</b>			
	Coût indirect de la main-d'œuvre occasionnelle -transport -autre Coût indirect des animaux Coût indirect de la main-d'œuvre qualifiée <b>TOTAL PARTIEL COUTS INDIRECTS DE LA MAIN-D'OEUVRE</b> <b>TOTAL PARTIEL COUTS DE MAIN-D'OEUVRE</b>			
	Coût direct des outils et du matériel simple Coût direct des biens d'équipement -tarif de location -coûts du chantier -carburant et lubrifiants <b>TOTAL PARTIEL COUTS DIRECTS DU MATERIEL</b>			
	Coût indirect des outils et du matériel simple Coût indirect des biens d'équipement -transport -autre <b>TOTAL PARTIEL COUTS INDIRECTS DU MATERIEL</b> <b>TOTAL PARTIEL DEPENSES D'EQUIPEMENT</b>			
	Coût direct des matériaux de construction Coût direct des terrains <b>TOTAL PARTIEL COUTS DES MATERIAUX ET TERRAINS</b>			
	Coût indirect des matériaux de construction Coût indirect des terrains <b>TOTAL PARTIEL COUTS INDIRECTS DES MATERIAUX ET TERRAINS</b> <b>TOTAL PARTIEL COUTS DES MATERIAUX ET TERRAINS</b>			
	Coût du personnel du chantier -expatriés -cadres locaux -personnel administratif local -personnel auxiliaire Coût des bureaux du chantier et dépenses générales Coûts de logement du personnel du chantier Coûts de transport du personnel du chantier <b>TOTAL PARTIEL FRAIS GENERAUX DU CHANTIER</b>			
	<b>TOTAL PARTIEL DEPENSES GENERALES ET SOUTIEN REGIONAL</b>			
	<b>TOTAL PARTIEL FRAIS GENERAUX DE L'ADMINISTRATION CENTRALE</b>			
	<b>TOTAL PARTIEL FRAIS GENERAUX</b>			
	<b>TOTAL DES COUTS</b>			

**Notes du formulaire:** Le tarif de l'administration centrale comprend les montants réglés par elle mais incombant au chantier, comme les charges de location de matériel, les traitements des cadres et, éventuellement, les coûts des matériaux.

**Source:** Banque Mondiale.

Les rapports mensuels établis par les chefs de chantier permettent au responsable local de comparer le rendement exprimé en kilomètres de route aux objectifs et aux dates fixés. Les rapports mensuels établis par le responsable local de chaque unité à l'intention du conducteur de travaux permet à celui-ci de suivre l'évolution du rendement, de vérifier les coûts des matériaux utilisés dans la construction des ponceaux et des ouvrages ainsi que les frais généraux.

Les données sont enregistrées séparément pour chaque chantier et, à mesure que chaque route est achevée, le conducteur de travaux établit un résumé du projet. Il en établit un pour la route en terre et un pour le gravillonnage, s'il y a lieu. L'administration centrale utilise les données de ces résumés pour suivre l'évolution du programme et en modifier les données en vue des futurs projets.

Un schéma décrivant le système de planification et de contrôle et la circulation des informations est présenté dans la figure I-6. Les formulaires nécessaires sont présentés dans les figures I-7 à I-28.

Les quantités ne sont pas mesurées avant le début des travaux sur le chantier. Le conducteur de travaux utilise les données empiriques communiquées par l'administration centrale sur le formulaire RAR-1 (voir figure I-7). Il peut ainsi prévoir le nombre d'hommes-jours nécessaires par kilomètre de route en fonction de trois caractéristiques: le terrain, le type de végétation et le type de sol. Les coefficients techniques sont calculés à partir de ces données pour cinq tâches: (a) débroussaillage, (b) excavation (c'est-à-dire terrassements, y compris le transport des matériaux si besoin est), (c) drainage et talutage, (d) profilage transversal et (e) pose des ponceaux.

Lorsque le chef de chantier jalonne les ouvrages, il mesure et calcule le volume des travaux. Ces chiffres sont inscrits sur son formulaire RAR-4 (figure I-13) concernant le programme de travail puis servent à établir les résumés des projets, formulaires RAR-14 et 18 (figures I-24 et I-28), à la fin de l'opération. Les chiffres détaillés sur le rendement et la productivité par mètre carré ou cube ne sont pas utilisés pendant les travaux, mais servent uniquement à l'administration centrale pour planifier les futurs travaux. Par la suite, le responsable local ou un métreur devrait mesurer les quantités avant le début des travaux, à l'aide du formulaire reproduit sur la figure I-8. A partir des normes de productivité des tâches, il calculera l'objectif des ressources pour chaque tâche plutôt que de les évaluer de façon empirique.

Le responsable local transcrit sur le graphique de planification, formulaire RAR-2 (figure I-10), sous forme de courbe en tirets, le nombre prévu d'hommes-jours nécessaires pour terminer chaque kilomètre de route, y compris l'activité de référence. Après avoir établi l'effectif théorique de main-d'oeuvre pour chaque kilomètre, il prévoit le nombre de jours de construction pour chaque kilomètre et le reporte sur le graphique de planification. Il y inscrit également le nombre cumulatif d'hommes-jours et de jours de construction nécessaires pour parvenir à l'achèvement de chaque kilomètre. Il transcrit ensuite les chiffres obtenus sur le formulaire indiquant les objectifs (figure I-14) contenu dans le registre journalier du chef de chantier.

*Prévision des quantités, des rendements, de la productivité et des ressources*

*Formulaire de contrôle de la production*

Tableau I-1. Planification, enregistrement et phases d'enregistrement du système utilisé dans le programme de routes rurales d'accès au Kenya

Solution/ phase n <sup>a</sup>	Action	Par	N° du formulaire utilisé (RAR-N°)	communiqué à	Pour
I/1	Jalonnage du tracé	Respons. loc. et métreur	-	-	-
I/2	Mesure des quantités	Métreurs (ou resp. loc.)	Form. métrés	Lui-même	Devis quantitatif, résumé des quantités
I/3	Préparation devis	Métreur (ou resp. loc.)	-	Resp. loc.	Graph. de planifica.
II/1	Jalonnage du tracé	Resp. loc.	-	-	-
II/2	Estimation ress.	Conduct. trav.	1	Lui-même	Graph. de planifica.
I/4 & II/3	Prép. graph. planif.	Respons. loc.	2	Cond. trav.	Approbation
I/5 & II/4	Fixation objectifs	Respons. loc.	Registre journalier	Chef de ch.	Exécution
II/5	Mesure vol. tâches	Chef chantier	Form. métrés	Lui-même	Program. quotidien
I/6 & II/6	Prép. progr. trav.	Chef chantier	4	Lui-même	Exécution
I/7 & II/7	Exécution travaux	Chef chantier	-	-	-
I/8 & II/8	Enregist. matériaux	Chef chantier	7	Lui-même <sup>b</sup>	Résumé projet
I/9 & II/9	Tenue feuilles prés.	Chef chantier	Feuilles prés.	Lui-même	Paye mensuelle
I/10 & II/10	Enregist. h-j	Chef chantier	5, 17, 8, 9	Lui-même <sup>b</sup>	Rapport mensuel
I/11 & II/11	Rapport mensuel	Respons. loc.	6, 17	Cond. trav.	Suivi
I/12 & II/12	Suivi avancement	Respons. loc.	4	Adm. centr.	Inform. contrôle
I/13 & II/13	Rapport du projet	Respons. loc.	10, 11, 15	Cond. trav.	Inform. coûts planif.
I/14 & II/14	Résultats projets	Admi. centrale	14, 18	-	Coût de planif.

- a. Il existe deux solutions pour la phase de planification: I et II. La première exige de plus nombreuses mesures et analyses; la seconde, actuellement utilisée, demande plus de qualités d'appréciation de la part du conducteur de travaux (voir figure I-16).
- b. Le responsable local utilise les données sur les matériaux et le nombre d'homme-jours pour établir les rapports mensuels.

Source: Banque Mondiale.

Le chef de chantier utilise les chiffres indiquant les objectifs pour préparer son programme de travail quotidien à l'aide du formulaire RAR-4 (figure I-13) et ce la veille au moins des travaux à effectuer. Il enregistre les données quotidiennes d'utilisation des ressources sur les formulaires RAR-5 ou RAR-17 (figures I-15 et I-27). A la fin de chaque mois, le responsable local transcrit les données du formulaire RAR-5 (figure I-15) sur le registre mensuel du chantier, formulaire RAR-6 (figure I-16) après avoir préalablement vérifié que: (a) les chiffres relatifs aux ressources sont conformes à ceux des feuilles de présence et (b) les chiffres de production sont exacts.

D'après les données transcrites sur le formulaire RAR-6 (figure I-16), le responsable local calcule le nombre cumulatif de jours de construction nécessaires pour mener à bien l'activité de référence pour chaque kilomètre du graphique de planification. La comparaison avec les chiffres prévus indique l'avancement des travaux. Le nombre cumulatif de jours de construction utilisés pour parvenir au stade de l'activité de référence est aussi calculé et reporté sur le graphique sous forme d'une ligne continue. Si cette courbe a une pente plus forte que la courbe des prévisions, la productivité est plus faible que prévu, et inversement. Les raisons de la différence de productivité (entre les chiffres prévus et les chiffres effectifs ou entre un kilomètre et le suivant) peuvent être les suivantes:

- (a) les quantités par mètre ont varié (voir formulaire RAR-4, figure I-13),
- (b) les paramètres ont changé, le sol par exemple est devenu plus dur, la végétation plus dense et (c) la qualité de l'encadrement a changé.

Le conducteur de travaux contrôle la cadence de production à partir du rapport mensuel des réalisations, formulaire RAR-10 (figure I-20), fourni par le responsable local. La productivité est contrôlée à mesure de l'achèvement de la route, lorsque les résumés des projets, les formulaires RAR-14 et RAR-18 (figures I-24 et I-28) sont établis.





Figure I-7. Formulaire d'estimation des ressources

ESTIMATION DES RESSOURCES - Par le conducteur de travaux Formulaire RAR-1												
										Unité:		
										Route: Nb		
Station (km)												
Terrain												
Végétation												
Sol												
<b>ACTIVITE</b>	<b>HOME-JOURS</b>											
Débroussaillage, défrichage												
Excavation												
Drains et talus												
Profilage transversal												
Pose des ponceaux												
<b>TOTAL PARTIEL</b>												
Activités de soutien												
<b>TOTAL</b>												
Ouvrages												
<b>TOTAL GENERAL:</b>												
<b>OBSERVATIONS:</b>												

Source: Banque Mondiale.

Figure I-8. Devis quantitatif et estimation des ressources

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATION DES RESSOURCES - Par responsable local											(pas de n° de formulaire)	
											Unité:	
											Projet:	
Chainage	km			km			km			km		
Terrain	Plat à onduleux			Peu onduleux			Plat à peu onduleux					
Végétation	Champs de maïs Broussailles			Broussailles								
Sol	"Red coffee", meuble			"Red coffee", meuble			"Red coffee" petits rochers					
Creusement fossés, talutage	Taux	Quant.	H-jours	Taux	Quant.	H-jours	Taux	Quant.	H-jours	Taux	Quant.	
Débroussaillage	40	4000m <sup>2</sup>	100	40	4400	110						
Elimination arbres, dessouchage	1	50 pcs	50		100pcs	100						
Défrichage	100	7000m <sup>2</sup>	70	100	6000m <sup>2</sup>	60						
Elimination roches	--	--	--	--	--	--						
Excavation remblai	2,5	270m <sup>3</sup>	108	2,5	350m <sup>3</sup>	140						
Creusement fossés, talutage	3	600m <sup>3</sup>	200	3	400m <sup>3</sup>	133						
Profilage transversal			50			50						
Rose ponceaux	0,1	3x24"	30	0,1	2x24"	20						
TOTAL PARTIEL:			608			610						
+ Divers travaux		+15%	92		+15%	92						
Devis total (routes)	700			700								
Galeries												
Ponts												

Notes du formulaire: Le taux est le taux de productivité normal (par homme-jour). Les taux sont communiqués par l'ingénieur.  
Source: Banque Mondiale.

Figure I-9. Entailles

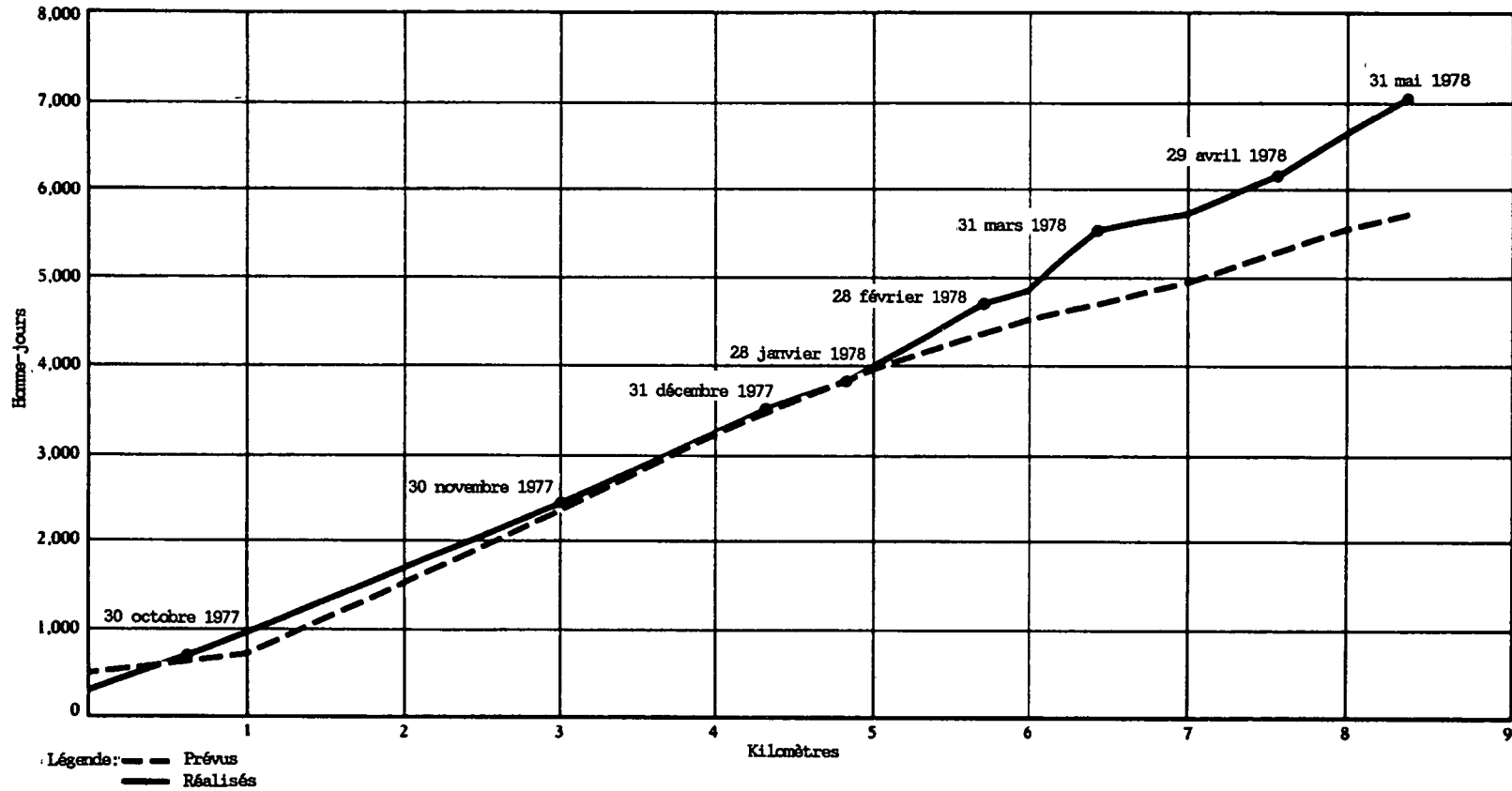
CALCUL DES TERRASSEMENTS (ENTAILLES) - Par chef de chantier ou son remplaçant						(pas de n°)	
				Unité:			
				Projet:			
Du poste:			Au poste:				
Poste	Dessins et métrés	m <sup>3</sup>	Poste	Dessins et métrés	m <sup>3</sup>		
B/F	Surface B/F: -----		B/F	Surface B/F: -----			
L=	A=		L=	A=			
L=	A=		L=	A=			
L=	A=		L=	A=			
			C/F:				

**Notes du formulaire:** La méthode des entailles est utilisée chaque fois que des déblais doivent être effectués. (a) Des entailles sont creusées perpendiculairement à l'axe central jusqu'à la profondeur voulue de la partie à creuser. L'intervalle des entailles dépend de la nature des terrains mais il est normalement de 20 mètres. Lorsque les terrassements sont importants ou que la section transversale de la fouille est modifiée, l'intervalle peut être ramené à 5 mètres. (b) Les métrés des fouilles transversales sont ensuite relevés et la longueur les séparant mesurée. Le volume est calculé sur le formulaire.

Les données sont inscrites sur le devis par l'agent responsable ou dans le programme de travail par le chef de chantier.

Source: Banque Mondiale.

Graphique de planification - Par responsable Local		Formulaire RAR-2	
Date de début du projet:		Unité:	
Date d'achèvement du projet:		Projet:	
		Chef de chantier:	

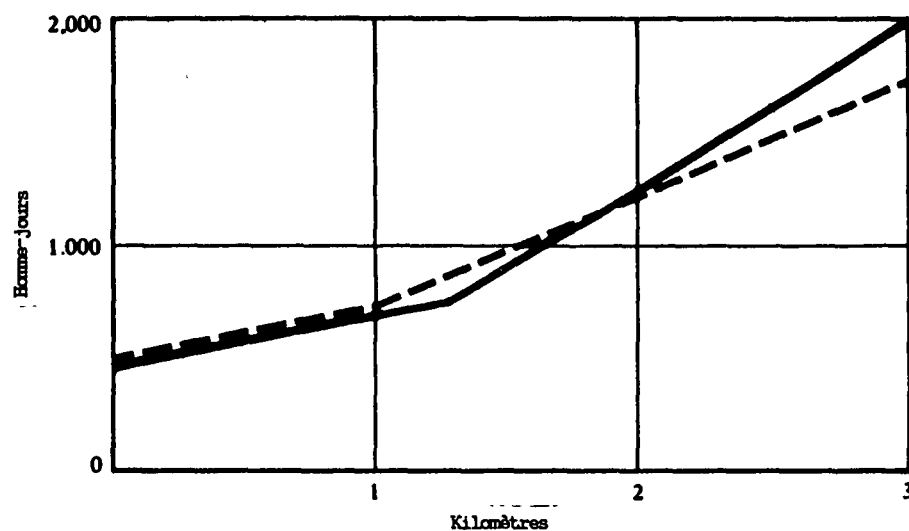


	Prévu		Cumulatif		Prévu		Cumulatif		Prévu		Cumulatif		Prévu		Cumulatif		Prévu		Cumulatif		Prévu		Cumulatif				
	km 0-1	Pr.	Réal.	km 1-2	Pr.	Réal.	km 2-3	Pr.	Réal.	km 3-4	Pr.	Réal.	km 4-5	Pr.	Réal.	km 5-6	Pr.	Réal.	km 6-7	Pr.	Réal.	km 7-8	Pr.	Réal.	km 8-9	Pr.	Réal.
Hommes-jours	675	675	950	855	1.530	1.700	855	2.385	2.429	855	3.220	3.240	720	3.960	4.025	540	4.500	4.875	450	4.950	5.750	585	6.650	5.945	180	5.715	
Effectifs théor.	45	45		45			45			45			45			45			45			45			45		
Jours de constr.	15	15		19	34		19	53	35	19	72		16	88		12	100		10	110		13	123		4	127	169

Source: Banque Mondiale.

Figure I-10. Graphique de planification

Figure I-11. Exemple d'utilisation d'un graphique de planification



Légende: --- Prévu  
 — Effectif

	Prévu		Cumulatif		Prévu		Cumulatif		Prévu		Cumulatif	
	km 0-1	Pr.	Réal.	km 1-2	Pr.	Réal.	km 2-3	Pr.	Réal.	km 0-1	Pr.	Réal.
Hommes-jours	720	720	700	500	1.220	1.250	500	1.720	2.000			
Effectif théorique	40			50			50					
Jours de constr.	18	18	19	10	28	34	10	38	52			

*Note:* Les ressources réellement utilisées pour la réalisation des deux premiers kilomètres ne s'écartent pas sensiblement des prévisions. A partir du kilomètre 2, l'inclinaison plus forte de la courbe du graphique reproduisant les chiffres "réels" indique une productivité plus faible que prévu. Il faut vérifier l'exécution des tâches et les quantités.

En outre, le calendrier prévu n'a pas été respecté. Au kilomètre 3, on constate que les travaux ont pris 14 jours de retard. Il faut envisager des dispositions pour renforcer les effectifs.

Source: Banque Mondiale.



Figure I-13. Formulaire de programme de travail

PROGRAMME DE TRAVAIL (REGISTRE) - Par le chef de chantier							Formulaire RAR-4
Registre N°:				Unité:			
				Projet:			
				Chef de chantier:			
Date de programmation			Date des travaux:		Jour C:		
ACTIVITE	STATION		QUANT	Rythme de la tâche	Taille de l'équipe	Equipo	Tâche* achevée
	Début	Fin					
Débroussaillage							
Élimination arbres, dessouchage							
Défrichage, nettoyage							
Élimination rochers							
Excavation							
Travail sur remblai							
Crausement fossés							
Talutage							
Profilage transversal							
Pose ponceaux							
Drainage							
Transport de l'eau							
Jalonnement							
Travail de campement							
Réparations et remise en forme							
Travaux divers							
Total partiel ROUTES							
OUVRAGES							
TOTAL:							
OBSERVATIONS:							
* Cocher lorsque les travaux ont été inspectés et approuvés							

*Notes du formulaire:* Le programme de travail et les instructions communiquées aux chefs d'équipe sont établis la veille de l'exécution des travaux, après avoir vérifié si les tâches demandées précédemment ont été menées à bien ou si le travail doit être recommencé en certains points.

Si un groupe exécutant une tâche manque de personnel en raison des absences, etc., les terrassiers non employés à la réalisation d'une tâche seront transférés pour remplacer les absents dans une équipe réalisant une tâche.

Jour C: Jour de construction.

Source: Banque Mondiale.

Figure I-14. Formulaire de réalisation des objectifs

OBJECTIFS ET AVANCEMENT DES TRAVAUX - Par le responsable								(pas de n° de formulaire)	
Date de début du projet:						Unité:			
Date d'achèvement du projet:						Projet:			
						Chef de chantier:			
	KM		KM		KM		KM		
	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	
Jour de construction									
Homme-jours									
	KM		KM		KM		KM		
	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	
Jour de construction									
Homme-jours									
	KM		KM		KM		KM		
	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	
Jour de construction									
Homme-jours									
	KM		KM		KM		KM		
	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	Objectif	Réalisé	
Jour de construction									
Homme-jours									
Observations sur les travaux en cours:									

*Notes du formulaire:* Ce formulaire constitue la première page du registre journalier (formulaire I-15) (voir figure I-15). Les objectifs sont repris sur le graphique de planification (formulaire RAR-2) (voir figure I-6). Les objectifs seront présentés pour le plus récent jour de construction durant lequel le contrôle doit être effectué pour chaque kilomètre et pour le nombre maximum d'homme-jours qui doit être utilisé. Après avoir effectué les contrôles sur un kilomètre, on enregistrera le nombre effectif de jours de construction et d'homme-jours.

Source: Banque Mondiale.



Figure I-15. Registre journalier/hebdomadaire

A

REGISTRE JOURNALIER/HEBDOMADAIRE (LIVRE) - Chef de chantier							Formulaire RAR-5			
							Unité:			
							Projet:		N°:	
Semaine N°:	L	M	M	J	V	S				
DATE	8/8	9/8	10/8	11/8	12/8	13/8				
N° jour de constr.	16	17	18	19	20	21	Poste			
ACTIVITE	HOMME-JOURS						Total	Début	Fin	
Déroussaillage	8	8	7	7	8	9	47	2 + 400	3 + 340	
Dessouchage	2	2	2	2	2	2	12	1 + 660	1 + 780	
Nettoyage	10	-	-	-	-	-	10	0 + 700	1 + 700	
Elimin. rochers	-	-	-	-	3	-	3	0 + 700	1 + 500	
Excavation	27	25	27	27	26	30	162	0 + 400	0 + 640	
Remblai	-	-	-	-	-	-	-	0 + 900	0 + 640	
Fossés	6	6	4	4	-	4	24	0 + 120	0 + 840	
Talutage	4	4	4	4	2	4	22	0 + 120	0 + 840	
Profilage transvers.	3	3	4	6	2	2	20	0 + 120	0 + 840	
Pose ponceaux	-	10	10	8	-	-	28	Tuyaux: 3	Anneaux: 4	
Drainage	-	-	-	-	-	-	-	Emplacement: ponceaux		
Transport de l'eau	1	1	1	1	1	1	6	<del> </del>	<del> </del>	
Jalonnement	-	-	1	1	2	-	4	-	-	
Travaux au campement	2	-	-	-	4	4	10	<del> </del>	<del> </del>	
Réparations et remise en forme	-	-	-	-	-	-	-			
Nettoyage bassins	-	-	-	-	6	6	12	0 + 000	0 + 700	
Total partiel ROUTES	63	59	60	60	56	62	360	Emplacement: ouvrages		
COURAGES										
TOTAL:										

Source: Banque Mondiale.



B

HOMME-JOURS

FEUILLE DE PRESENCE SUR LE CHANTIER		L	M	M	J	V	S	D	Total
ROUTE:	Chefs d'équipe	4	4	4	4	4	4	-	24
	Magasinier	1	1	1	1	1	1	-	6
	Gardiens	1	1	1	1	1	1	1	7
	Réparateurs d'outils	-	-	1	1	1	1	-	4
	Total	6	6	7	7	7	7	1	41
	Terrassiers	63	59	60	60	56	62	-	360
OUVRAGES:	Chefs d'équipe								
	Artisans								
	Total								
	Terrassiers	13	12	12	11	13	10	-	71
TOTAL ROUTES ET OUVRAGES		82	77	79	78	76	79	1	472

C

Payés au mois	H-jours
Chef de chantier(1)	6
Maçon (1)	2
Chef chant. stagiaire	6

D

Début profilage jour C:			
			12
Profilage terminé: pour km	1	2	
Le jour C	-	-	
Pour H-jours			

*Notes du formulaire:* La partie A est remplie chaque jour.

La partie B est remplie chaque jour. Le total est calculé chaque jour et comparé à la feuille de présence du même jour (Voir figure I-12).

La partie C est remplie chaque semaine. Elle enregistre le nombre de personnes travaillant sur le chantier mais ne figurant pas sur la feuille de présence.

La partie D est remplie chaque semaine.

Le jour de construction (jour C) désigne le jour de travail; les jours de construction sont comptés sans interruption depuis le premier jour des travaux jusqu'au dernier.

Les opérations d'excavation et de remblai englobent aussi le transport des matériaux en vrac, y compris les matériaux d'emprunt.

Si plusieurs activités comportent des tâches diverses, on enregistre le total des effectifs affectés à chacune d'entre elles et on inscrit dans l'espace laissé en blanc la désignation de celle qui emploie les effectifs les plus nombreux.

Poste = chaînage

Artisan = main-d'oeuvre qualifiée employée à la maçonnerie, au travail du bois, à la forge, etc.

Figure I-17. Formulaire d'inventaire des magasins de chantier

A

MAGASINS DE CHANTIER (REGISTRE D'INVENTAIRE) - Rempli par le magasinier				Formulaire RAR-7	
Livre n°:			Unité:		
Livre n°:			Projet:		
Article:			Code:		
Unité de mesure:			Prix de l'article:		
Date	Quantité			Signature	Reçu/délivré à
	Enreg.	Livré	Solde		
					A reporter page:

B

RESUME DES MATERIAUX CONSOMMES - Rempli par le magasinier					(pas de n° de formulaire)
Article	Code	Quantité	Prix	Coût total	Observations

*Notes du formulaire:* Le solde est ce qui reste réellement dans le magasin du chantier. Les outils fournis et retournés à l'intérieur du chantier ne sont pas enregistrés sur ce formulaire. Les matériaux consommés ne sont pas enregistrés sur le formulaire figurant dans la partie B, qui est la première page du registre d'inventaire du chantier.

Source: Banque Mondiale.

Figure I-18. Formulaire de fabrication des ponceaux

FABRICATION DES PONCEAUX - Rempli par le chef de chantier		Formulaire RAR-8	
Exercice financier:		Unité:	
		Projet:	
		Chef de chantier:	
Observations			
Date			
Nombre de jours travaillés	Anneaux coulés	Ø 90 cm	
		Ø 60 cm	
		Ø 45 cm	
		Ø 30 cm	
	Nbre boîtes	Ballast	
		Sable	
		UFilles	
		Rendus	
	Ciment (sacs)	Livrés	
		Ch. chantier	
		Artisans	
		d'équipe	
Ménages	Manœuvres		
	Ch.		
Mois	Jour		

Notes du formulaire: La colonne des observations est utilisée pour indiquer les accidents, y compris la date, le nom des victimes et une description succincte des faits et des dommages. Les anneaux endommagés ou cassés y seront aussi indiqués ainsi que la date, les dimensions et le nombre d'anneaux endommagés ou cassés.

Source: Banque Mondiale.

Figure I-19. Registre de construction des ouvrages

FICHE DES MATERIAUX UTILISES DANS LES OUVRAGES - Par le cadre responsable des ouvrages							Formulaire RAR-9	
Catégorie et dimensions des ouvrages			N°:		Unité:			
			Chainage:		Projet:			
Matériaux	Dimension	Unité					Total	
Ciment	-	Sacs						
Sable	-							
Agrégat								
Piles		Pièce						
Tablier		Pièce						
Pistes		Pièce						
Bordures		Pièce						
Enchuit protecteur du bois		Litre						
Clous à tête large		Pièce						
Clous		Kilo						
Pierre taillée								
Blocaille								
Gébions		Pièce						
Armeaux des ponceaux		Pièce						
Boulons		Pièce						

RESSOURCES EN MAIN-D'OEUVRE POUR LA CONSTRUCTION DES OUVRAGES - Par le cadre responsable des ouvrages										(dos du formulaire RAR-9)
Mois:					Mois:					
Date	M.O.	Chef éq.	Fundi	Cadre	Date	M.O.	Chef éq.	Fundi	Cadre	Observations

Figure I-20. Réalisations mensuelles et programme annuel

REALISATIONS MENSUELLES ET PROGRAMME ANNUEL (ROUTES EN TERRE) - Par le responsable local										Formulaire RAR-10	
PROGRAMME ANNUEL					Unité:						
...../...../19.... - 30/6/19....					Mois:					Année:	
Route N°	Nom de la route	Longueur km		Construction de la route en terre							
				Mois du début		Nbre km achevés		Mois de la fin			
				Prévu	Effectif	Ce mois	Cette année	Prévu	Effectif		

Observations: (par exemple, modification de la longueur, raison des retards, "report" de l'année passée...)

REALISATIONS MENSUELLES ET PROGRAMME ANNUEL (GRAVILLONNAGE) - Par le responsable local										Formulaire RAR-10	
PROGRAMME ANNUEL					Unité:						
...../...../19.... - 30/6/19....					Mois:					Année:	
Route N°	Nom de la route	Longueur km	Distance moyenne de transport km	Gravillonnage							
				Mois du début		Nbre km achevés		Mois de la fin			
				Prévu	Effectif	Ce mois	Cette année	Prévu	Effectif		

Observations:

Figure I-21. Rapport mensuel de l'unité

RAPPORT MENSUEL DE L'UNITÉ - Par le responsable local					Formulaire RAR-11			
					Unité:			
					Mois:			
MAIN-D'ŒUVRE OCCASIONNELLE					Ce mois	Cet exercice		
Nombre d'ouvriers occasionnels employés (feuilles de présence du chantier)								
Nbre d'autres travailleurs occasionnels (chefs d'équipe, gardiens, magasiniers, employés, etc.)								
Nombre d'homme-jours, total main-d'œuvre occasionnelle								
CADRES			Nbre effectif	Réalisés		FONDS		
				BQ payés	Travail-leurs payés			Fonds versés
Inspecteur/contremaître			1			Pendant cet exercice..... She.		
Chef de chantier			4			Total engagements		
Chauffeur/conducteur d'engins			9			Pendant ce mois..... She.		
Mécanicien			1			Pendant cet exercice..... She.		
Maçon			1			Solde non engagé		
Agent de paye			1			..... She.		
VEHICULES ET INSTALLATIONS					Disponibilité		Utilisation %	
					%		Installations	
					$\frac{J.U^2}{J.U} - \frac{J.N.U.}{J.U} \times 100$		Hrs Func. x 100	
							150	
							Véhicules	
							$\frac{km Func.}{X} \times 100$	
Reg. N°	Type	km/hrs	Carburant (1)	J.N.U. <sup>1</sup>				
	LANDROVER							
	CAMION							
	TRACTEUR							
	TRACTEUR							
	TRACTEUR							
	TRACTEUR							
	TRACTEUR							
	TRACTEUR							
	TRACTEUR							
Moyenne, l'ensemble des véhicules et tracteurs								
Nombre de remorques disponibles ce mois .....								
Nombre total de jours de travail de remorques ce mois .....								
Observations:								

## Notes du formulaire:

1. J.N.U. = Jours non utilisés.
2. J.U. = Nombre de jours d'utilisation ce mois.
3. X = 2.500 km pour la Landrover, X = 2.000 km pour le camion.

Source: Banque Mondiale.



Figure I-22. Frais généraux trimestriels pour les travaux

FRAIS GÉNÉRAUX TRIMESTRIELS - Par le conducteur de travaux POUR LE CONDUCTEUR DE TRAVAIL							Formulaire FAR-12	
							Poste:	
							Trimestre:	
TRAVAIL VEHICULES				Dépenses			Dépenses totales	
Reg. N°	Type	Type		Essence et lub.	Amort.	Service et répar.	Ce trimestre	Cet exercice
<b>Total</b>								
<b>CADRES</b>								
Traitements								
<b>CAMP</b>								
Amortissement								
Entretien et réparations								
<b>Total</b>								
<b>DIVERS</b>								
<b>RESUME</b>								
Véhicules								
Cadres								
Camp								
Divers								
<b>Total</b>								
<b>Total/Unité</b>								
<b>ENTRETIEN</b>								
Longueur de la route en terre entretenue:								
Longueur de la route gravillonnée entretenue:								
Nombre d'ouvriers:								
<b>Total:</b>								
<b>DEPENSES</b>								
Salaires								
Outils								
Essence et lubrifiants								
Service et réparations								
Divers								
<b>Total:</b>								
Observations:								

Source: Banque Mondiale.

(suite à la prochaine page)

Figure I-22. (suite)

LISTE DES CADRES DU BUREAU - Par le conducteur de travaux (varso) RAR-12 DU CONDUCTEUR DE TRAVAIL			
Poste	Nom du titulaire	Désignation	N° personnel
Ingénieur de chantier			
Chef de travaux			
Métreur			
Chef de bureau			
Secrétaire			
Employé			
Magasiner			
Aide magasinier			
Chauffeur			
Mécanicien			
Menuisier			
Maçon			
Messager			
Gardien			

Figure I-23. Frais généraux trimestriels de l'unité

FRAIS GÉNÉRAUX TRIMESTRIELS DE L'UNITÉ - Par le responsable local		Formulaire RAR-13	
		Unité:	
		Projet:	
COUTS DES TRACTEURS ET REMORQUES (Pour le résumé du projet, gravillonnage)			
		Ce trimestre	Les 12 derniers mois
Essence et lubrifiants			
Service et réparations			
Amortissement			
Total Shs:			
Total tracteurs heures			
Coût par heure	(1)		
Gravillonnage	Tracteur/heures à Shs (2) =	(3)	
Autres utilisations	Tracteur/heures à Shs (2) =	(4)	
CALCUL DES FRAIS GÉNÉRAUX DE L'UNITÉ (pour le résumé du projet, travaux)			
Véhicules (Landrover, camions et matériel):		Ce trimestre	Les 12 derniers mois
	Essence et lubrifiants		
	Service et réparations		
	Amortissement		
Tracteurs non utilisés pour le gravillonnage (5)			
Salaires (personnel de l'unité)			
Outils			
Logement: coûts de fonctionnement, baraques, etc.			
Frais généraux du conducteur de travaux (6)			
Total Shs:			
Total hommes-jours de main-d'œuvre occasionnelle			
	Ce trimestre	.....	
	Les 12 derniers mois	...	
Frais généraux moyens de l'unité en Shs par homme-jour de main-d'œuvre occasionnelle			
	Ce trimestre	.....	
	Les 12 derniers mois	.....	(7)
Observations:			

(suite à la prochaine page)

Figure I-23. (suite)

PERSONNEL DE L'UNITE - Par le responsable local (verso du formulaire RAR-13)			
Poste	Nom du titulaire	Désignation	N° personnel
Responsable local			
Superviseur du chantier			
Chauffeur/conducteur d'engins			
Camion			
Landrover			
Tracteur			
Tracteur			
Tracteur			
Tracteur			
Tracteur			
Tracteur			
Mécanicien			
Maçon			
Agent de paye			

*Notes du formulaire:*

1. Coût par heure.
2. Remplir en (1).
3. Voir résumé du projet, gravillonnage (formulaire RAR-18) (figure I-28).
4. Coût horaire du tracteur (autres utilisations).
5. Remplir en (4).
6. Voir précédent rapport (formulaire RAR-12) (figure I-22).

Figure I-24. Résumé du projet, travaux

RESUME DU PROJET (TRAVALK) - Par le conducteur de travaux					Formulaire RAR-14		
					Unité:		
					Projet:		
<b>A.</b>		<b>B. Mesures principales</b>			<b>C. Caractéristiques générales</b>		
Projet commencé le		Longueur			Terrain		
Projet terminé le		Tuyaux de ponceaux, total			Sol		
Jours de construction prévus		Tuyaux de ponceaux par km			Végétation		
Homes-jours prévus		Déblai remblai, total			Piste existante, Carrossable (4x4)		
effectifs		Déblai remblai par km					
effectifs							
<b>D. Répartition des ressources entre les activités</b>							
Activité	Total H-J	H-J par km	Rendement	Prod. <sup>y</sup>	<sup>1</sup>		
Débroussaillage							
Dessouchage							
Nettoyage							
Elimin. roches							
Excavation							
Travaux sur remblai							
Fossés							
Talutage							
Profilage transvers.							
Pose ponceaux							
Drainage divers							
Transport de l'eau							
Jalonnement							
Travail dans le camp							
Réparations et remise en forme							
Divers <sup>2</sup>							
Total partiel ROUTES							
OUVRAGES							
TOTAL							
<b>E. Coûts (Shs)</b>							
ROUTE	Total	Coût/km	<sup>z</sup>				
Ouvriers							
Matériaux							
Frais génér. unité							
Divers <sup>2</sup>							
TOTAL ROUTE							
OUVRAGES							
Ouvriers							
Matériaux							
Frais génér. unité							
Divers							
TOTAL OUVRAGES							
TOTAL							
<b>F. Observations</b>							

*Notes du formulaire:*

1. Ces deux colonnes sont destinées au conducteur de travaux.
  2. Divers, par exemple, indemnisation pour pertes de récoltes.
- Source: Banque Mondiale.

Figure I-25. Formulaire de rapport sur les ouvrages

FORMULAIRE DE RAPPORT SUR LES OUVRAGES - Par le responsable local				Formulaire RAR-15		
Date début:	Achèvement:	Unité:				
Type d'ouvrage: Pont/Ponceau/Galerie		Sur route:	N°			
Dimension (portée, pas de conduites, longueur)		Chaînage:				
<b>RESSOURCES (résumé)</b>		<b>H-Jour</b>	<b>Tarif</b>	<b>Coût</b>	<b>% Coûts</b>	
Matériaux		X	X			
Traitements, main-d'oeuvre						
Traitements, artisans						
Traitements, cadres						
Total		X	X			
<b>Coût/mètre/conduite</b>						
<b>TRAVAUX</b>						
Couche de base/lit						
Culées						
Murs en aile						
Poutres						
Tablier						
Pistes						
Bordures						
<b>MATERIALS</b>	<b>SCHEDULE</b>	<b>Dimensions</b>	<b>Q. utilisée</b>	<b>Prix unitaire</b>	<b>Coût</b>	<b>Observations</b>
Ciment						
Sable						
Agrégat						
Poutres						
Tablier						
Pistes						
Bordures						
Enduit de protection du bois						
Clous à large tête						
Clous						
Pierre taillées						
Armature						
Gabions						
Anneaux de ponceaux						
Blocs de béton						
Barres de renforcement						
Boulons et écrous						

**Notes du formulaire:** Les croquis (en plan et en profil) figurent au verso du formulaire. Artisan = main-d'oeuvre qualifiée, artisans, etc.  
Source: Banque Mondiale.

Figure I-26. Feuille de paye

Paye		Mois/semaine						
Charitier								
Non	Identification (facultatif)	Nb total jours	Nb total pièces	Codit unitaire	Paye brute	Déductions	Paye nette	Paye reçue Signature
Totaux		-		-				-
Calculée par:		Signature:			Vérifié:			
Conducteur de travaux:		Signature:			Signature:			

Source: Banque Mondiale. Source: Gouvernement du Kenya.





Figure I-28. Résumé du projet, gravillonnage

RESUME DU PROJET (GRAVILLONNAGE) - Par le conducteur de travaux				Formulaire RAR-1B	
				Unité:	
				Projet:	N°
Construction route en terre terminée le					
Gravillonnage, début le		Achèvement le			
Jours de travail	Prévus	Effectifs		Par km	
H-jours M.o. occ.	Prévus	Effectifs		Par km	
Tracteur-jours	Prévus	Effectifs		Par km	
Longueur gravillonnée	km	Longueur totale de la route	km	% gravillonnée	%
Distance minimum de transport (D.T.)	km	D.T. max.	km	D.T. moyenne	km
Etat moyen de la piste					
Type de gravier					
Volume total de gravier		m <sup>3</sup> (non compacté)		Catégorie de sol pour excavation	

RESSOURCES	H-jours	H-jours par km	Productivité Non compacté m <sup>3</sup> /H-jour
Préparation de la carrière			
Excavation			
Chargement			
Epannage			
Total partiel main-d'œuvre occasionnelle			
Pers. rémunéré à la journée (chefs d'équipe, magasinier, etc.)			
Total main-d'œuvre occasionnelle			
Chauffeurs			

COUTS				Total Shs	Shs/km	%
Main-d'œuvre						
Main-d'œuvre rémunérée à la journée						
Main-d'œuvre rémunérée au mois						
Total partiel salaires						
Tracteurs et remorques	Tracteur heures à	Shs/heure				
Citerne à eau (amort., essence, lubrifiants, service, réparations)						
Rouleau (amort., essence, lubrifiants, service, réparations)						
Matériaux						
Frais généraux de l'unité	H-jours	x	Shs/jour			
Total						

Source: Banque Mondiale.

## ANNEXE J

### DIAGRAMMES DE PRODUCTION EN BARRES



On trouvera dans la présente annexe deux exemples de l'utilisation des diagrammes de production en barres pour la planification, le contrôle et l'évaluation des travaux de génie civil réalisés par des méthodes manuelles.

Les hypothèses sont les suivantes:

- \* Projet: canal d'irrigation.
- \* Tâche: terrassements dans le secteur 1.
- \* Quantité: 8.000 mètres cubes.
- \* Décisions essentielles prises par le conducteur de travaux avant le début d'établissement des plans.
- \* Travaux devant être réalisés par de la main-d'oeuvre utilisant des outils manuels et des brouettes.
- \* Début des travaux: semaine 4.
- \* Effectifs: 100 terrassiers.
- \* Norme de productivité de la tâche pour les paramètres donnés: 2 mètres cubes par homme-jour.
- \* Semaine de travail: six jours de huit heures (48 heures au total).

Les ressources sont calculées de la façon suivante:

- \* Volume de production: 8.000 m<sup>3</sup>
- \* Productivité: 2 m<sup>3</sup>/homme-jour
- \* Quantité de ressources:  $8.000/2 = 4.000$  homme-jours

### EXEMPLE 1 *Hypothèses*

*Calculs en vue  
de la planification*

La durée prévue de la tâche est calculée comme suit:

- \* Effectifs déployés = 100 terrassiers.
- \* Quantité de ressources nécessaire = 4.000 homme-jours.
- \* Donc, durée prévue =  $4.000/100 = 40$  jours disponibles.

Le conducteur de travaux estime que 80 % seulement des jours de travail sont effectivement ouverts. Par conséquent:

$$\text{Durée prévue (en jours)} = \frac{40}{0,8} = 50 \text{ jrs de travail effectifs}$$

ou encore

$$\text{Durée prévue (en semaine)} = \frac{50}{6} = 8 \frac{1}{3} \text{ semaines}$$

Le plan serait donc établi comme sur la figure J-1. La longueur de la barre du diagramme représente  $8 \frac{1}{3}$  semaines et elle indique les dates prévues d'exécution de la tâche. La barre doit être placée au milieu de la colonne où figure la rubrique, comme il est indiqué.

### *Contrôle de la production*

Pendant le déroulement des travaux, le même diagramme (figure J-1) peut être utilisé pour visualiser l'avancement des travaux et les productivités de la main-d'oeuvre ou des machines dans la réalisation des diverses tâches. Si les ressources et la production indiquées dans le tableau J-1 sont celles qui correspondent aux "terrassements dans le secteur 1", on peut représenter ces informations de la façon ci-après comme le montre la figure J-2:

- \* La longueur de la barre (déjà tracée sur le plan de production) est supposée représenter 100 % des ressources et de la production de la tâche.
- \* Les observations portées dans le tableau J-1 sont converties en pourcentage sur une base cumulative, comme l'indique le tableau.
- \* A l'aide d'un crayon de couleur, le contrôleur de la production colore une zone située au-dessus de la barre, dont la longueur représente la production cumulative en pourcentage.
- \* Avec un crayon d'une couleur différente, il colore une zone située au-dessous de la barre, dont la longueur représente les ressources cumulatives en pourcentage.
- \* Jusqu'à la fin de la troisième semaine, la production est nulle, donc aucun chiffre n'est inscrit.
- \* Au bout de 4 semaines, on trace une zone verte (8 % de la longueur de la barre) indiquant que 8 % de la production ont été terminés. Une zone rouge est de même tracée au-dessous de la barre sur une longueur représentant 6 %.
- \* Au bout de 5 semaines, la zone correspondant à la production couvre 20 % et celle qui correspond aux ressources 16 %.

Figure J-1. Diagramme de production en barres au stade de la planification

Projet	Mois	Mars					Avril					Mai			
		Semaine se terminant le		2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18
Tâche	Production	Ressources		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Terrassements secteur 1	8.000 m <sup>3</sup>														
		4.000 H-j													

Source: Banque Mondiale.

Le diagramme en barres illustre comme ci-après la production et la productivité:

- \* Si l'on place une règle verticalement à la date correspondant à la production "courante":
- \* Lorsque la zone verte est située à gauche de la règle, la production a pris du retard.
- \* Lorsque la zone verte déborde à droite de la règle, la production a pris de l'avance.
- \* Lorsque la zone rouge est plus courte que la zone verte, la productivité est supérieure aux prévisions, et inversement.

Dans cet exemple, au bout de 7 semaines, le diagramme se présenterait comme sur la figure J-2. On peut donc voir que la tâche est pratiquement réalisée dans les délais et utilise moins de ressources que prévu; donc, la productivité est supérieure aux prévisions.

Tableau J-1. Chiffres de production pour l'établissement du diagramme en barres au stade de la planification

Semaine N°	Production (m <sup>3</sup> )	Production cumulative		Ressources		Ressources cumulatives	
		m <sup>3</sup>	%	(hommes-jours)	H.-jours	%	
3	nulle	0	0	nulles	0	0	
4	640	640	8	240	240	6	
5	960	1.600	20	400	640	16	
6	960	2.560	32	480	1.120	28	
7	1.200	3.760	47	640	1.760	44	

**Note:** Le volume estimatif total de la production correspondant à la tâche est de 8.000 m<sup>3</sup>. Les ressources totales estimatives sont de 4.000 hommes-jours.

**Source:** Banque Mondiale.

Figure J-2. Diagramme de production en barres au stade de la production

Chantier		Mois		Mars						Avril			Mai	
		Semaine se terminant le	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18
Tâche	Production	Ressources	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Terrassements secteur 1	8.000 m <sup>3</sup>													
	4.000 H-j													

Source: Banque Mondiale.

## EXEMPLE 2

## Hypothèses

- \* Projet: routes à faible coût
- \* Tâche: terrassements pour création de la plate-forme, drainage 0-1 km.
- \* Exigences du programme: les travaux doivent être terminés en un mois.
- \* Nombre de jours de travail pendant le mois: 25.

## Calculs en vue de la planification

On trouvera dans les colonnes 1 à 6 du tableau J-2, des indications détaillées sur les travaux et les méthodes utilisées. Le volume des travaux figurant dans la colonne 7 est converti en hommes-jours; on divise pour cela le volume des travaux (colonne 2) par le rendement journalier prévu par homme. Les travaux devant être terminés en 25 jours de travail, on calcule le nombre d'ouvriers nécessaire chaque jour pour l'exécution de chaque activité en divisant le nombre total d'hommes-jours de travail (colonne 7) par 25. Le résultat figure dans la colonne 9.

Pour faciliter la supervision, le conducteur de travaux décide de répartir les hommes en trois groupes:

- \* Groupe de 25 terrassiers munis de pioches et de pelles (un chef d'équipe).
- \* Quinze charrettes à animaux et 50 ouvriers (deux chefs d'équipe).
- \* Huit brouettes et 18 ouvriers (un chef d'équipe).

On peut maintenant établir le programme de travail comme l'indique la figure J-3.

Tableau J-2. Besoins en ressources en vue de la planification à court terme

Chainage (1)	Quantité (m <sup>3</sup> ) (2)	Description (coupe transversale) (3)	Dist. moyenne de transp. (m) (4)	Méthode (5)	Rendement journalier prévu (6)	Homme-jours ou équipe-j. (7)	Nombre de jours nécess. (8)	Nombre d'hommes ou équip. nécess. (9)
0-300	700							
600-800	<u>500</u> 1.200	Déblai remblai transversaux	4	Pioche et pelle	2,5 m <sup>3</sup> par homme-jour	480 H-j	25	19 hommes
900-1.000	300	Déblai remblai transversaux	6	Pioche et pelle	2,0 m <sup>3</sup> par homme-jour	150 H-j	25	6 hommes
300-500	3.000	Déblai remblai	100	Pioche et pelle, trans. par charrette	8,0 m <sup>3</sup> par équipe-jour <sup>a</sup>	375 équipe-j	25	15 équipes (50 hommes au total)
500-600	500	Déblai remblai	50	Pioche et	5,0 m <sup>3</sup> par	200 équipe-j	25	8 équipes
800-900	<u>500</u> 1.000			pelle, trans. par brouette	équipe-jour <sup>b</sup>			(18 hommes au total)

Note: Poste = chaînage.

- L'équipe se compose de 1 charrette et 3 hommes + 1 ouvrier épan-  
deur pour 3 charrettes.
- L'équipe se compose de 2 hommes et 1 brouette + 1 ouvrier épan-  
deur pour 4 brouettes.

Source: Banque Mondiale.

La figure J-4 illustre l'avancement des travaux sur le chantier à la fin de la deuxième semaine. Ce diagramme indique que:

- \* *Pour le chaînage 0-300:* Les effectifs étaient au complet et ont achevé ce tronçon avec un jour d'avance. La productivité a donc été supérieure de 10 % aux prévisions. Il est probable que cette équipe (chaînage 900-1000) achèvera la tâche finale en avance le jour 27. Il n'y a plus rien à noter.
- \* *Pour le chaînage 300-500:* L'exécution de la tâche a pris du retard, l'objectif n'ayant été atteint qu'à 85 %. Mais la tâche a commencé avec un jour de retard et les effectifs n'ont pas été au complet avant le jour 10, de sorte que les 85 % ont été réalisés avec seulement 78 % des effectifs (140 charrette-jours au lieu de 180). Il est donc probable que les 15 jours restants de travail prévu seront réalisés en seulement  $15 \times (78/85) = 13\frac{1}{2}$  jours et que les opérations seront terminées dans les délais. A vérifier de nouveau la semaine suivante.
- \* *Pour le chaînage 500-600:* Bien que les effectifs aient été au complet, l'objectif n'a été atteint qu'à 75 %. Ce retard peut être dû à une surestimation de la productivité ou à une mauvaise organisation des travaux. Il faut donc étudier de près l'organisation des travaux et si la productivité ne peut être accrue, il sera nécessaire de renforcer les effectifs en leur adjoignant cinq brouettes et 11 ouvriers pour que les travaux soient terminés le jour 30, comme on l'indique ci-après.







Dans cet exemple, le volume total des travaux effectués est de  $(9/25) \times 100 = 36 \%$  et le nombre d'équipes-jours utilisé de  $8 \times 12$  soit 96. Pour terminer les 64 % restants des travaux, il faut donc  $96 \times (64/36) \times 171$  équipes-jours.

Puisqu'il reste dans cet exemple 13 jours seulement, le nombre d'équipes nécessaires par jour est de  $171/13 = 13$ . Il faut par conséquent cinq équipes supplémentaires outre les huit équipes initiales pour que les travaux soient finis dans les délais prévus.













Une publication de la Banque Mondiale

L'abondance de main-d'oeuvre et la pénurie de capital ont poussé de nombreux pays en développement à considérer les programmes de travaux exécutés par des méthodes manuelles comme une part indispensable de leurs stratégies à long terme. Et comme la croissance économique, surtout dans les zones rurales, repose souvent sur la construction de routes et de voies d'eau, on s'intéresse de plus en plus à améliorer l'efficacité des méthodes manuelles d'exécution de travaux de génie civil.

L'expérience a prouvé que ces méthodes étaient utilisables du point de vue technique et, dans certaines conditions, justifiées du point de vue économique et financier. Toutefois, si les techniques utilisées sont simples, les projets de travaux de génie civil y faisant appel sont complexes à organiser et à gérer. Ils exigent à la fois une optique nouvelle pour la planification, la conception et l'exécution des projets et le retour à des méthodes très anciennes d'utilisation de la main-d'oeuvre et des matériaux.

Ce guide pratique comprenant de nombreuses illustrations est l'aboutissement de dix années de recherches et d'applications sur le terrain menées dans neuf pays. Ont participé à sa réalisation des personnes de nationalité, de professions et d'horizons très divers: employés de la Banque Mondiale, d'autres organisations internationales, d'agences d'aide bilatérale et de bureaux d'ingénieurs-conseils, responsables gouvernementaux et représentants d'organismes privés et communautaires, petits et gros entrepreneurs, et des milliers de cantonniers en Afrique, en Asie et en Amérique latine. Les sept chapitres et dix annexes de ce manuel récapitulent, à l'intention des décideurs et des directeurs de projets, les principales connaissances techniques et administratives à mettre en oeuvre pour concevoir et exécuter des travaux de génie civil par des méthodes manuelles.