

Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires pour les brasseries

Introduction

Les Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires (Directives EHS) sont des documents de références techniques qui présentent des exemples de bonnes pratiques internationales¹, de portée générale ou concernant une branche d'activité particulière. Lorsqu'un ou plusieurs États membres participent à un projet du Groupe de la Banque mondiale, les Directives EHS doivent être suivies conformément aux politiques et normes de ces pays. Les Directives EHS établies pour les différentes branches d'activité sont conçues pour être utilisées conjointement avec les **Directives EHS générales**, qui présentent des principes directeurs environnementaux, sanitaires et sécuritaires applicables dans tous les domaines. Les projets complexes peuvent exiger l'application de plusieurs directives couvrant des branches d'activité différentes. La liste complète de ces directives figure à l'adresse suivante : [http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/Environmental Guidelines](http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/Environmental%20Guidelines)

Les Directives EHS indiquent les mesures et les niveaux de performances qui sont généralement considérés réalisables dans de nouvelles installations avec les technologies existantes à un coût raisonnable. L'application des Directives EHS dans des installations existantes peut nécessiter la définition

¹ C'est-à-dire les pratiques que l'on peut raisonnablement attendre de professionnels qualifiés et chevronnés faisant preuve de compétence professionnelle, de diligence, de prudence et de prévoyance dans le cadre de la poursuite d'activités du même type dans des circonstances identiques ou similaires partout dans le monde. Les circonstances que des professionnels qualifiés et chevronnés peuvent rencontrer lorsqu'ils évaluent toute la gamme des techniques de prévention de la pollution et de dépollution applicables dans le cadre d'un projet peuvent inclure, sans toutefois s'y limiter, divers degrés de dégradation environnementale et de capacité d'assimilation de l'environnement ainsi que différents niveaux de faisabilité financière et technique.

d'objectifs spécifiques et l'établissement d'un calendrier adapté pour atteindre ces objectifs. Le champ d'application des Directives EHS doit être fonction des aléas et des risques identifiés pour chaque projet sur la base des résultats d'une évaluation environnementale qui prend en compte des éléments spécifiques au projet, comme les conditions en vigueur dans le pays dans lequel le projet est réalisé, la capacité d'assimilation de l'environnement, et d'autres facteurs propres au projet. La mise en œuvre de recommandations techniques particulières doit être établie sur base de l'opinion professionnelle des personnes ayant les qualifications et l'expérience nécessaires. Si les seuils et normes stipulés dans les réglementations du pays d'accueil diffèrent de ceux indiqués dans les Directives EHS, les plus rigoureuses seront retenues pour les projets menés dans ce pays. Si des niveaux moins contraignants que ceux des Directives EHS peuvent être retenus pour des raisons particulières dans le contexte du projet, une justification détaillée pour chacune de ces alternatives doit être présentée dans le cadre de l'évaluation environnementale du site considéré. Cette justification devra montrer que les niveaux de performance proposés permettent de protéger la santé de la population humaine et l'environnement. .

Champ d'application

Les Directives EHS applicables aux brasseries couvrent la production de bière, du stade du stockage des matières premières jusqu'à celui l'expédition des bouteilles, des canettes, des barils ou des tonneaux remplis de bière. L'annexe A présente une description des activités de ce secteur particulier. Les présentes directives ne contiennent pas d'informations relatives à la production de malte, ou à la production de

boissons non alcoolisées ou de boissons gazeuses. Ce document se compose des sections ci-après :

Section 1.0 — Description et gestion des impacts propres aux activités considérées
Section 2.0 — Indicateurs de performance et suivi des résultats
Section 3.0 — Bibliographie
Annexe A — Description générale des activités

1.0 Description et gestion des impacts propres aux activités considérées

Cette section résume les questions d'ordre environnemental, sanitaire et sécuritaire qui se posent durant la phase d'exploitation, et elle présente des recommandations sur la manière de les gérer. Les recommandations relatives à la gestion des questions communes à la plupart des projets de grande envergure aux cours de leurs phases de construction et de fermeture figurent dans les Directives EHS générales.

1.1 Environnement

Les questions environnementales associées à l'exploitation des brasseries englobent principalement les aspects suivants :

- Consommation d'énergie
- Consommation d'eau
- Eaux usées
- Déchets solides et les sous-produits
- Emissions atmosphériques

La consommation d'énergie

Les processus de brassage de bière consomment des quantités relativement importantes d'énergie électrique et thermique. L'énergie thermique est utilisée pour produire de la vapeur dans les chaudières, qui est principalement utilisée pour cuire le moût et chauffer l'eau dans la brasserie, et dans l'unité de mise en bouteille. Le système de réfrigération est généralement le plus

gros consommateur d'énergie électrique, mais la brasserie, l'unité de mise en bouteille, et l'usine de traitement des eaux usées peuvent également avoir des exigences importantes en matière de demande d'électricité. La consommation énergétique de chaque brasserie est grandement influencée par le réseau de distribution des services publics et la conception des procédés ; cependant, les variations entre les sites peuvent provenir de différences dans les recettes des produits et le type de conditionnement, la température de l'eau de brassage entrant dans la brasserie, et les variations climatiques. La consommation précise d'énergie dans une brasserie peut varier entre 100 et 200 mégajoules par hectolitre (MJ/hl), en fonction de la taille, du degré de sophistication et des facteurs énumérés précédemment.² Des économies substantielles d'énergie peuvent être réalisées dans de nombreuses brasseries, en suivant les conseils généraux relatifs à la gestion énergétique suggérés dans les **Directives EHS générales**, et en appliquant les techniques suivantes qui s'adressent plus particulièrement aux brasseries :

- installer des compteurs pour mesurer et maîtriser la consommation d'eau et d'énergie dans tout l'établissement ;
- établir un équilibre hydrique pour l'eau chaude dans toute la brasserie, afin d'examiner les possibilités de récupération de la chaleur issue des processus de production ou des systèmes utilitaires pour traiter ou faire bouillir l'eau d'alimentation ;
- récupérer la chaleur provenant du refroidissement du moût pour préchauffer l'eau destinée à l'empâtage du lot suivant. Dans le cadre du processus de refroidissement du moût, il est important de limiter l'écoulement de l'eau de refroidissement à environ 1,1 fois l'écoulement du moût, en ayant recours à la réfrigération pour compléter le refroidissement, le cas échéant. Les refroidisseurs de moût

² Brasseurs d'Europe (2002).

doivent avoir des températures d'approche (de 3 à 5 K) comprises entre la température du moût sortant et la température de l'eau de refroidissement entrante ;

- utiliser un système de récupération de la chaleur pour condenser les vapeurs provenant de la cuve contenant le moût. L'énergie récupérée peut être employée sous forme d'eau chaude pour une variété d'applications, par exemple, dans l'unité de mise en bouteille en tant qu'eau d'alimentation de la chaudière, ou pour préchauffer l'eau de fabrication ;
- procéder à un brassage à haute densité, selon lequel la bière est produite à une teneur plus élevée que lorsqu'elle est mise en vente, puis diluée pour atteindre la teneur en alcool désirée pour le produit fini, avant qu'il ne soit conditionné ;
- contrôler et optimiser l'évaporation au cours de la cuisson du moût, pour que 6 à 10 % du moût soient délibérément éliminés par évaporation.³ Des écarts par rapport aux exigences des recettes peuvent résulter en une consommation d'énergie excessive et une qualité de produit variable. La quantité d'énergie nécessaire à la cuisson du moût peut être réduite, à condition de :
 - contrôler la densité entrante pour maintenir une différence aussi minime que possible entre la densité provenant de la filtration et la densité finale du moût ;
 - surveiller la densité tout au long de l'ébullition, en veillant particulièrement à éviter un excès de cuisson, en contrôlant, par exemple, la taille des lots et la quantité de vapeur utilisée pour chauffer les lots ;
 - favoriser l'évaporation des composants gustatifs indésirables, en augmentant la surface de contact entre le dispositif de chauffage et le moût.
- veiller à isoler correctement les tuyaux de vapeur, d'eau chaude et de réfrigération, les cuves, les vannes et les

brides, les chaudières à houblonner dans leur intégralité ou partiellement, les pasteurisateurs à tunnel et les lave-bouteilles ;

- spécifier des ratios de régénération élevés (>93 %) pour les pasteurisateurs à plaques, par exemple, ceux utilisés pour le conditionnement et la production d'eau désaérée ; cela permet de réduire également les exigences de réfrigération ;
- limiter l'utilisation et, particulièrement, le débordement d'eau chaude (voir la section sur la consommation d'eau ci-après) ;
- optimiser le chauffage des pasteurisateurs à tunnel et envisager un système de contrôle pour l'unité de pasteurisation ;
- faire appel à des systèmes utilitaires basés sur la cogénération/production combinée de chaleur et d'électricité (PCCE) ;
- optimiser l'exploitation du système de réfrigération, en adoptant les pratiques suivantes :
 - utiliser une « température élevée » de prérefroidissement de l'eau chaude (environ >20° Celsius (C)) utilisée comme eau de brassage désaérée ;
 - élever la température d'évaporation du processus de réfrigération, dans toute la mesure du possible. Une température d'évaporation comprise entre -6°C et -8°C est suffisante ; cependant, il arrive fréquemment que le processus de réfrigération soit conçu pour s'exercer à une température d'évaporation beaucoup plus basse. Le fait d'accroître la température d'évaporation d'1K permet d'augmenter la capacité de refroidissement du compresseur, et réduire la consommation d'électricité du système de réfrigération de 3 à 4 % ;
 - concevoir et faire fonctionner les parois latérales de condensation du système de réfrigération de manière

³ Ibid.

à pouvoir obtenir une température de condensation la plus basse possible. Une diminution d'1K de la température de condensation permet de réduire la consommation d'électricité du système de réfrigération de 2 %.

- assurer que la pression dans le système d'air comprimé soit aussi basse que possible. Une pression réduite à un niveau compris entre 8 bars et 7 bars provoque une chute de consommation d'électricité de 7 % environ ;
- optimiser l'exploitation des moteurs électriques de grande envergure en veillant à :
 - examiner les possibilités d'installation de dispositifs d'entraînement à vitesse variable, particulièrement pour les réfrigérants secondaires et les pompes à eau ;
 - adopter la circulation par thermosiphon du moût dans la chaudière à cuire et à houblonner, ce qui évite d'avoir recours à une circulation par pompage.

Consommation d'eau

Une consommation élevée d'eau de bonne qualité est essentielle au brassage de la bière. La bière contient plus de 90 % d'eau, et une brasserie qui opère de manière efficiente utilise entre 4 et 7 litres (l) d'eau pour produire 1l de bière.⁴ En plus de l'eau nécessaire à la fabrication du produit, les brasseries utilisent de l'eau pour chauffer et refroidir, nettoyer les cuves de conditionnement, les machines de production et les aires de transformation, nettoyer les véhicules, et comme eau sanitaire. Il se produit également des pertes d'eau occasionnées par la cuisson du moût et de la drêche.

Des recommandations pour réduire la consommation d'eau, en particulier dans les sites où les ressources naturelles en eau sont limitées, sont fournies dans les **Directives EHS générales**.

Les recommandations en matière de consommation d'eau spécifiques aux opérations des brasseries consistent, notamment, à :

- limiter la quantité d'eau utilisée pour refroidir le moût au volume nécessaire pour l'empâtage, généralement environ 1,1 fois le volume de moût ;
- permettre aux niveaux des réservoirs de stockage de l'eau récupérée de fluctuer, utilisant ainsi la capacité de stockage. Le fait de maintenir des réservoirs pleins peut occasionner des débordements et des pertes ;
- mettre en application des mesures de conservation de l'eau pour les lave-bouteilles, en prenant les dispositions suivantes :
 - remplacer les lave-bouteilles usagés par des lave-bouteilles neufs, à faible consommation d'énergie et d'eau. Les nouvelles machines utilisent beaucoup moins d'eau (p. ex., 0,5 hectolitre (hl)/hl de volume contenu dans une bouteille, en comparaison avec 3 à 4 hl/hl de volume contenu dans une bouteille)⁵ ;
 - installer une/des vanne(s) automatique(s) pour interrompre l'approvisionnement en eau lorsque la chaîne d'embouteillage s'arrête ;
 - remplacer rapidement les buses de rinçage usées ou trop grandes, tel que cela est indiqué dans les programmes de contrôle de l'eau, et utiliser des buses de rinçage performantes qui utilisent peu d'eau ;
 - contrôler le flux d'eau de rinçage, souvent supérieur au flux spécifié ou variable en fonction des fluctuations de pression dans le système d'approvisionnement en eau ;
 - employer de l'eau douce pour les deux dernières buses de rinçage uniquement. Les buses de rinçage antérieures doivent réutiliser l'eau de rinçage, par le biais d'un rinçage à contre-courant ;

⁴ CE (2006)

⁵ Brasseurs d'Europe (2002)

- se servir de l'eau récupérée des lave-bouteilles pour alimenter la laveuse des casiers.
- optimiser les installations et procédures de nettoyage sur place (NSP,) pour éviter les pertes d'eau et l'emploi de produits chimiques de nettoyage non indispensables (p. ex., garder l'eau du dernier rinçage et l'utiliser comme eau de premier rinçage au cours du cycle NSP suivant) ;
- évaluer la faisabilité d'un système à boucle fermée pour l'eau utilisée dans le cadre de la pasteurisation, selon lequel l'eau est recirculée via une tour de refroidissement et renvoyée vers le pasteurisateur à tunnel. Cela permet de réduire la quantité d'eau douce consommée par le tunnel et de compenser la quantité d'eau perdue en raison de l'évaporation ou d'une purge éventuelle. Il est impératif de traiter l'eau de recirculation pour empêcher la croissance d'algues et de microorganismes, et il convient également de gérer soigneusement le risque de contamination du produit par l'eau recyclée. Les systèmes de recyclage peuvent réduire la quantité d'eau consommée par les pasteurisateurs à tunnel dans une proportion de 80 % ;
- mettre en place un réservoir de recirculation relié aux pompes à vide utilisées dans les processus de conditionnement et continuellement alimentées en eau pour remplacer l'eau qui est rejetée avec l'air. Un réservoir de recirculation peut permettre de faire des économies d'eau de l'ordre de 50 % pour l'exploitation d'une pompe à vide ;⁶
- récupérer l'eau provenant des diverses étapes de transformation et la réutiliser dans toute la mesure du possible, par exemple, dans le cadre des activités de refroidissement et de rinçage.

⁶ Ibid.

Eaux usées

Eaux usées industrielles - Techniques de réduction de la charge

La charge polluante des effluents de brasserie renferme principalement de la matière organique issue des activités de transformation. Les processus qui se déroulent dans les brasseries génèrent également des liquides, tels que du moût épuisé et de la bière résiduelle, que les brasseries devraient réutiliser, plutôt que de les laisser rejoindre les flots d'effluents. La bière résiduelle provient principalement des réservoirs de transformation, des filtres à diatomées, des tuyaux, de la bière rejetée dans l'aire de conditionnement, de la bière retournée et des bouteilles cassées dans l'aire de conditionnement.⁷

Des mesures de gestion préventives, permettant de réduire la charge organique des effluents de brasserie, sont indiquées ci-après :

- collecter le moût épuisé dans un réservoir équipé de chemises de réchauffage et d'un agitateur fonctionnant à basse vitesse, afin de l'utiliser pour le brassin suivant. Cela réduit la charge organique dans les eaux usées, permettant ainsi d'économiser les matières premières et de conserver l'eau. La collecte du moût épuisé revêt une importance primordiale pour le brassage à haute densité ;⁸
- entreprendre des améliorations procédurales pour réduire la quantité de bière résiduelle : par exemple, vider les réservoirs, procéder à un bon entretien ménager et avoir recours à des systèmes de contrôle efficaces ;⁹

⁷ La perte totale de bière correspond généralement à une fourchette comprise entre 1 et 5 % de la production totale (Brasseurs d'Europe [2002]).

⁸ La valeur de DCO du moût épuisé est environ 10 000 mg/kg. Le volume de moût épuisé représente entre 2 et 6 % du volume de moût, et entre 1 et 1,5 % de moût épuisé est de l'extrait. La collecte du moût épuisé permet donc de diminuer la charge d'eaux usées dans une proportion comprise entre 20 et 60 g de DCO/hl de moût produit (Brasseurs d'Europe 2002).

⁹ La valeur de DCO de la bière correspond approximativement à 120 000 mg/kg, en fonction de la force et de la teneur en alcool de la bière. La quantité totale de bière résiduelle est de l'ordre d'1 à 5 % de la production totale, parfois supérieure. Une réduction d'1 % de la perte de bière résiduelle rejetée

- éviter les débordements des cuves de fermentation qui entraînent la perte de moût et de levures partiellement fermentés ;
- assurer la sédimentation des produits caustiques des lave-bouteilles ;
- Collecter l'eau de rinçage du dernier nettoyage et la réutiliser dans le cadre du premier cycle de nettoyage sur place (NSP).

Traitement des eaux usées industrielles

Différentes techniques sont utilisées pour traiter les eaux industrielles dans cette branche d'activité, qui consistent notamment à régulariser le flux et la charge des eaux par rectification du pH ; à réduire la quantité de matières solides en suspension par sédimentation dans des bassins de décantation ou des clarificateurs et un traitement biologique. L'élimination de nutriments biologiques en vue de la réduction des quantités d'azote et de phosphore et la chloration des effluents à des fins de décontamination sont parfois nécessaires. Il peut aussi être nécessaire de procéder à la déshumidification et à l'élimination des résidus. Dans certain cas, on peut composter ou réutiliser à terre les résidus de traitement des eaux usées de qualité acceptable. Des mesures de contrôle d'ingénierie supplémentaires peuvent s'avérer nécessaires pour contenir et neutraliser les odeurs désagréables. L'application d'un traitement anaérobie biologique, suivi par une aération, est de plus en plus pratiquée par les brasseries du monde entier. Cette technique offre les avantages suivants : encombrement très réduit, économies importantes d'électricité, et production de biogaz qui peut être utilisé dans les chaudières ou pour générer de l'électricité.

D'autres directives sur l'hygiène et la sécurité concernant les eaux usées industrielles sont énoncées dans les **Directives**

EHS générales. Grâce à l'utilisation de ces techniques et à l'application de bonnes pratiques de gestion des eaux usées, les unités de fabrication devraient satisfaire aux critères définis par les valeurs de référence indiquées au tableau correspondant de la section 2 du présent document pour cette branche d'activité.

Autres eaux usées

Les directives sur la gestion des eaux usées non contaminées provenant des équipements sanitaires, des eaux de pluies non contaminées et des eaux d'égout sont présentées dans les

Directives EHS générales. Les écoulements d'eau contaminée doivent être acheminés de manière à passer par le système de traitement des eaux usées industrielles.

Déchets solides et sous-produits

La production de bière génère une variété de résidus, tels que la drêche, qui ont une valeur commerciale et peuvent être vendus comme sous-produits au secteur agricole. Les mesures de gestion recommandées pour réduire la production de déchets solides et accroître les ventes de sous-produits consistent, notamment, à :

- utiliser de manière optimale les matières premières, afin d'accroître le rendement et réduire la génération de déchets solides et liquides ; à cet effet, veiller particulièrement à :
 - éviter les matières premières de faible qualité ;
 - optimiser la mouture du malt ;
 - optimiser la filtration, dont un lavage suffisant de la drêche, pour obtenir une quantité d'extrait maximale ;
 - collecter et utiliser le moût épuisé pour l'empâtage du brassin suivant ;
 - optimiser la clarification en utilisant un bac à moût tourbillonnaire, étant donné qu'une mauvaise

dans le réseau d'égouts réduit la charge d'eaux usées de 120 g de DCO/hl de bière (Brasseurs d'Europe 2002).

clarification résulte en un volume de trouble plus important¹⁰

- récupérer le moût issu du trouble chaud ;
 - recouvrer la bière provenant de la levure excédentaire ;
 - collecter et réutiliser la bière résiduelle. La bière qui provient des stades de pré-production et de post-production est d'une qualité excellente, et peut être dosée directement dans le flux de bière qui est envoyé dans les filtres. L'autre bière résiduelle issue de l'aire de conditionnement doit être dirigée vers le bac à moût tourbillonnaire.
- Il convient de tirer profit de la valeur commerciale des flux de déchets, dans toute la mesure du possible, en s'assurant de :
 - collecter la drêche des brasseries qui résulte du processus d'empâtage pour la vendre comme sous-produit alimentaire pour animaux ;
 - éviter de rejeter le trouble dans le réseau d'égouts. Le trouble chaud doit être acheminé vers la chaudière d'empâtage ou la cuve de clarification et le filtre à moût. Le trouble devient ainsi une partie intégrante de la drêche et peut alors être utilisé comme alimentation animale¹¹ ;
 - récupérer et réutiliser la levure provenant du processus de fermentation en tant que sous-produit. La levure peut être collectée dans les réservoirs de fermentation et de stockage, dans l'installation de stockage de la levure et dans les filtres. Une partie

seulement de la levure peut être réutilisée dans le lot suivant. Il convient de collecter une quantité maximale de levure excédentaire, pour éviter une demande chimique en oxygène (DCO) élevée dans le flux d'eaux usées, et de la revendre à des fins d'utilisation commerciale. Traditionnellement, la levure provenant des brasseries est vendue comme alimentation animale aux établissements d'élevage de cochons. Elle est également utilisée pour la préparation d'extrait de levure et de comprimés de levure, et par l'industrie des cosmétiques et l'industrie pharmaceutique¹² ;

- recycler les bouteilles consignées brisées pour refabriquer du verre ;
- éliminer la pâte d'étiquettes qui résulte du lavage des bouteilles consignées. La pâte d'étiquettes doit être recyclée ou compostée, dans la mesure du possible. Si elle renferme des niveaux élevés de liquide caustique issu du processus de lavage ou des métaux lourds provenant de l'encre des étiquettes, elle doit être éliminée dans une décharge ;
- utiliser les boues issues des usines de traitement des eaux usées des brasseries en les appliquant comme engrais agricole, ou les éliminer dans une décharge appropriée.

Émissions d'odeurs et de poussière dans l'atmosphère

Les émissions atmosphériques produites par les brasseries sont principalement composées d'odeurs et de poussière. Les émissions générées par les sources de combustion servant à la

¹⁰ Un précipité renfermant principalement des protéines (Brasseurs d'Europe, 2002).

¹¹ La valeur de DCO du trouble est approximativement 150 000 milligrammes par kilogramme (mg/kg) de trouble humide. La quantité de trouble d'un bac à moût tourbillonnaire en bon état de fonctionnement représente entre 1 et 3 % du volume de moût (et même davantage, si le bac à moût ne fonctionne pas de manière satisfaisante), et comprend entre 15 et 20 % environ de matière sèche. Le fait d'acheminer ainsi le trouble permet donc d'obtenir une réduction de la charge des eaux usées de l'ordre de 150 à 450 grammes (g) de DCO/hl de moût (Brasseurs d'Europe 2002).

¹² La quantité de cet excédent et de la suspension de levure épuisée représente entre 2 et 4 kg (avec une teneur de 10 à 15 % en matière sèche) par hl de bière produite. La suspension de levure contient de la levure et de la bière et a une valeur de DCO élevée (entre 180 000 et 220 000 milligrammes par litre (mg/l)). L'intégralité ou une partie de la levure est fréquemment envoyée vers les eaux usées. La charge totale de DCO à l'échelon d'une brasserie est réduite d'environ 360 à 880 g de DCO/hl de bière, si toute la levure est collectée au lieu d'être acheminée vers le réseau d'égouts (Ibid.).

production d'énergie et les chaufferies figurent dans les

Directives EHS générales.

Odeurs

Le processus de cuisson du moût est la principale source d'odeurs émises par une brasserie. Pour limiter les émissions d'odeurs provenant de la cuisson du moût, il est nécessaire de mettre en place un système de récupération de la chaleur, afin de pouvoir collecter et condenser les vapeurs et l'énergie récupérée, utilisées dans le cadre des processus de transformation ou des systèmes utilitaires.

Poussière

L'utilisation et le stockage des grains, du sucre et de la terre de diatomées sont les principales sources d'émissions pulvérulentes. Des cyclones et des filtres à sac doivent être utilisés pour collecter et récupérer la poussière, tout en procédant de la manière suivante :

- la poussière générée par le déchargement des matières premières et le transport du malte et des succédanés doit être acheminée vers la chaudière utilisée pour l'empâtage ou les succédanés, et l'extrait obtenu récupéré ;
- la poussière provenant du malte et des succédanés peut être utilisée comme alimentation animale.

1.2 Hygiène et sécurité au travail

Les problèmes d'hygiène et de sécurité au travail susceptibles de se poser au cours des phases de construction et de démantèlement des brasseries sont semblables à ceux rencontrés dans d'autres installations industrielles, et les mesures à prendre pour les prévenir et les maîtriser sont examinés dans les **Directives EHS générales**. Les dangers pour l'hygiène et la sécurité au travail associés à l'exploitation des brasseries rentrent dans les catégories suivantes :

- Risque d'explosion
- Risques chimiques
- Risques corporels
- Exposition au bruit et à des vibrations

Risque d'explosion

La poussière organique qui résulte des opérations de stockage, de concassage et de transport des grains représente un risque d'explosion dans les aires de la brasserie où ces opérations se déroulent. En plus des instructions présentées dans les **Directives EHS générales**, les mesures de gestion suivantes doivent être appliquées pour réduire les risques d'explosion de poussière :

- effectuer des balayages fréquents pour prévenir l'accumulation de poussière, et utiliser des systèmes d'extraction et de recyclage de la poussière pour retirer la poussière des aires de travail ;
- prévoir des systèmes de mise à la terre, de détection et de prévention des étincelles et, si nécessaire, d'étouffement ;
- utiliser des moteurs électriques, des lumières, des connexions et des interrupteurs antidéflagrants dans les aires à haut risque ;
- intégrer des événements d'explosion lors de la conception et de la construction de l'établissement ;
- éliminer les sources d'allumage externes ;
- mettre en application des permis de travaux à haute température ;
- maîtriser tous les matériaux qui dégagent de la fumée ;
- interdire l'utilisation des téléphones portables.

Risques chimiques

Fuite de réfrigérant

Les brasseries possèdent souvent des systèmes de réfrigération de grande envergure ; ces systèmes fonctionnent

généralement en utilisant un réfrigérant à l'ammoniac qui est toxique et risque de former des mélanges explosifs dans l'atmosphère. Les mesures de sécurité et autres recommandations préconisées par les organismes professionnels de la réfrigération¹³ doivent être suivies lors des activités d'implantation, de conception, de maintenance et d'exploitation des systèmes de réfrigération.

Asphyxie

Les processus de fermentation et de maturation produisent du dioxyde de carbone qui peut être récupéré. Le dioxyde de carbone et/ou l'azote sont, en vérité, stockés et utilisés dans le cadre de nombreux processus de brasserie, lorsque l'existence d'atmosphères inertes s'impose. La libération incontrôlée de ces gaz ou une ventilation inadéquate, particulièrement dans les espaces confinés ou enclos comme les salles de fermentation et de maturation, peut résulter en l'accumulation d'une concentration suffisamment élevée pour présenter un risque d'asphyxie. Des mesures de sécurité appropriées doivent être élaborées sur la base d'une évaluation des risques, et peuvent englober une ventilation améliorée, les instructions sur le travail sécuritaire dans les espaces confinés contenues dans les **Directives EHS générales**, et l'utilisation de détecteurs de gaz individuels dans les aires à haut risque. Les travailleurs risquent également d'être exposés à d'autres produits chimiques, généralement lorsqu'ils manipulent les produits chimiques destinés au nettoyage, à la désinfection et à la maintenance des aires de transformation, des installations de tuyauterie et des cuves. Les recommandations pour la gestion de l'exposition aux produits chimiques figurent dans les **Directives EHS générales**.

¹³ Par exemple, le British Institute of Refrigeration (www.iior.org.uk) publie des directives sur la conception sécuritaire des systèmes de réfrigération à l'ammoniac (et autres substances), la manipulation des réfrigérants en toute sécurité, etc. Des conseils en matière de réfrigération peuvent être également obtenus auprès de l'ASHRAE (www.ashrae.com) ou l'International Institute of Refrigeration (www.iifir.org).

Risques corporels

Les risques corporels comprennent les risques de chute sur un sol glissant, les risques liés à l'utilisation de machines et d'outils, la manutention de bouteilles en verre, et les impacts corporels avec les équipements mobiles au sein de l'usine, tels que comme les chariots élévateurs à fourche. Les concasseurs, les agitateurs, les broyeurs, les transporteurs et les convoyeurs présentent des dangers potentiels car ils risquent de happer des doigts, des cheveux et des vêtements. Les blessures aux yeux sont un risque particulier qui est prédominant dans les opérations d'embouteillage. Les **Directives EHS générales** fournissent des conseils sur les conditions générales du lieu de travail qui portent principalement sur conception et la maintenance des surfaces de travail et de marche permettant d'empêcher les glissades et les chutes, la mise en place de dispositifs de sécurité pour les machines, et l'utilisation d'un équipement de protection individuelle approprié (EPI).

Blessures liées au levage, au transport, au travail répétitif et aux postures

Les activités qui prennent place dans les brasseries et risquent d'exposer les travailleurs à des risques de blessures proviennent généralement du levage et du transport manuels de charges lourdes, (par exemple, les caisses de bouteilles) ; du travail répétitif, particulièrement le conditionnement et le nettoyage ; et des mauvaises postures de travail dues à des activités de transformation et des postes de travail mal conçus. Les mesures recommandées pour réduire ces blessures sont examinées dans les **Directives EHS générales**.

Poussière

L'inhalation de poussière est un risque sanitaire et sécuritaire professionnel, notamment dans les aires où les grains secs, la levure et la terre de diatomées sont manipulés. Les **Directives**

EHS générales fournissent des instructions sur la prise de mesures d'atténuation de la poussière qu'il convient d'appliquer.

pratique du système d'Analyse des risques et de maîtrise des points critiques (ARMPC/HACCP)¹⁴ et du Codex Alimentarius.¹⁵

Systèmes de gaz sous pression

Les activités de transformation des brasseries impliquent l'utilisation de gaz sous pression, tels que le dioxyde de carbone (CO₂) et l'azote, les réfrigérants et l'air comprimé. Tous ces gaz présentent des risques qui peuvent être dus à une surpression et des ruptures de réservoirs, des gelures causées par le CO₂, l'azote ou les réfrigérants ; des cylindres et des conduites maniés sans précaution ou endommagés peuvent également occasionner des blessures physiques. Les mesures recommandées pour la manipulation des réservoirs de gaz et autres accessoires sous pression figurent dans les **Directives EHS générales**.

Exposition au bruit et à des vibrations

Les travailleurs des brasseries peuvent être exposés au bruit causé par le transport des matières premières et des produits finis, et par les machines de transformation et l'équipement utilitaire. Les recommandations pour la gestion de l'exposition au bruit et à des vibrations, y compris l'utilisation d'un EPI approprié, sont présentées dans les **Directives EHS générales**.

1.3 Santé et sécurité de la population

Les questions concernant la santé et la sécurité de la population liées aux brasseries sont semblables à celles qui se posent dans la majorité des branches d'activité et sont traitées dans les **Directives EHS générales**.

Impacts et gestion de la sécurité des produits

Les activités exercées par les brasseries doivent se conformer aux normes relatives à la sécurité des produits alimentaires, agréées à l'échelon international, qui confortent les principes et

¹⁴ ISO (2005).

¹⁵ FAO et OMS (1962–2005).

2.0 Indicateurs de performance et suivi des résultats

2.1 Environnement

Directives pour les émissions et les effluents

Le tableau 1 présente des directives qui ont trait aux effluents du secteur des brasseries. Les valeurs indiquées pour les émissions et les effluents industriels dans cette branche d'activité correspondent aux bonnes pratiques internationales en ce domaine, telles qu'exprimées par les normes pertinentes des pays qui ont des cadres réglementaires agréés. Ces valeurs s'entendent pour des conditions d'exploitation normales et dans des installations conçues et utilisées de manière appropriée, conformément aux principes de prévention et de lutte antipollution décrits dans les précédentes sections de ce document. Les valeurs indiquées au tableau 1 doivent être relevées, pour des effluents non dilués, pendant au moins 95 % du temps d'exploitation de l'usine ou de l'unité considérée, calculé sur la base du nombre annuel d'heures d'exploitation. Tout écart par rapport à ces valeurs limites qui tiendrait à des conditions locales propres au projet considéré doit être justifié dans l'évaluation environnementale.

Les valeurs de référence relatives aux effluents s'appliquent aux effluents traités directement rejetés dans les eaux de surface destinées à un usage général. Des niveaux de rejet propres à chaque site peuvent être définis en fonction des conditions d'utilisation des systèmes publics de collecte et de traitement des eaux d'égout. Dans le cas des effluents rejetés directement dans les eaux de surface, sur la base de la classification des usages des ressources en eau réceptrices décrites dans les **Directives EHS générales**.

Les directives concernant les émissions produites par les opérations de combustion associées aux activités de cogénération d'énergie électrique ou mécanique, de vapeur

et/ou de chaleur, indépendamment du type de carburant utilisé, et dotées d'une capacité nominale totale de 50 mw, sont présentées dans les **Directives EHS générales**. Les émissions de sources d'électricité plus importantes sont étudiées dans les Directives EHS pour l'électricité thermique. Des informations sur les conditions ambiantes basées sur la charge totale des émissions sont présentées dans les **Directives EHS générales**.

Tableau 1. Valeurs de référence applicables aux effluents issus des brasseries

Polluants	Unités	Valeurs données dans les directives
pH	pH	6 - 9
DBO5	mg/l	25
DCO	mg/l	125
Azote total	mg/l	10
Phosphore total	mg/l	2
Huiles et graisses	mg/l	10
Nombre total de matières solides en suspension	mg/l	50
Augmentation de la température	°C	<3b
Nombre total de bactéries coliformes	NPP ^a / 100 ml	400
Ingrédients actifs / antibiotiques	À déterminer au cas par cas	
Notes :		
a NPP = Nombre le plus probable		
b À la limite d'une zone de mélange établie scientifiquement qui tient compte de la qualité de l'eau ambiante, de l'utilisation des eaux réceptrices, des récepteurs potentiels et de la capacité d'assimilation		

Tableau 2. Sous-produits et génération de déchets

Extrants par unité de produit	Unité	Référence
Sous-produits ^a		
Drêche	kg/hl de bière	16-19
Levure et lies		1,7 – 2,9
Terre de diatomées		0,4 – 0,7
Déchets liquides		
Éffluents liquides	hl/hl de bière	3 – 6
Perte de bière	%	1 - 5
Notes :		
^a Chiffres relatifs aux entrants et extrants pour les brasseries allemandes de grande envergure (capacité supérieure à 1 million hl de bière) CE (2006)		

Utilisation des ressources

Les tableaux 2 et 3 fournissent des exemples de production de déchets et de sous-produits, et des indicateurs de consommation d'énergie et d'eau, pour les brasseries exploitées de manière efficiente. Les valeurs de référence utilisées dans l'industrie des produits alimentaires et des boissons sont indiquées uniquement à des fins de comparaison. Les projets industriels doivent s'efforcer d'améliorer systématiquement leurs performances dans ces domaines.

Tableau 3. Consommation d'énergie et d'eau

Extrants par unité de produit	Unité	Référence
Énergie		
Chaleur	MJ/hl	85-120
Électricité	kWh/hl	7,5-11,5
Énergie totale	MJ/hl	100-160
Eau ^a		
Consommation d'eau	hl/hl bière	4 - 7
Notes : ^a Chiffres relatifs aux entrants et extrants pour les brasseries allemandes de grande envergure (capacité supérieure à 1 million hl de bière) CE (2006)		

Suivi des impacts environnementaux

Des programmes de suivi des impacts environnementaux doivent être mis en place de manière à couvrir toutes les activités qui peuvent avoir des impacts environnementaux importants dans des conditions d'exploitation normales ou dans des conditions anormales. Les activités de suivi des impacts environnementaux doivent être basées sur des indicateurs directs ou indirects d'émissions, d'effluents et d'utilisation des ressources applicables au projet considéré. Les activités de suivi doivent être suffisamment fréquentes pour fournir des données représentatives sur les paramètres considérés. Elles doivent être menées par des personnes ayant reçu la formation nécessaire à cet effet, suivant des procédures de suivi et de tenue des statistiques et utilisant des instruments bien calibrés et entretenus. Les données produites par les activités de suivi doivent être analysées et examinées à intervalles réguliers et comparées aux normes d'exploitation afin de permettre l'adoption de toute mesure corrective nécessaire. De plus amples informations sur les méthodes d'échantillonnage et d'analyse des émissions et des effluents applicables figurent dans les **Directives EHS générales**.

2.2 Hygiène et sécurité au travail

Directives sur l'hygiène et la sécurité au travail

Les résultats obtenus dans le domaine de l'hygiène et de la sécurité au travail doivent être évalués par rapport aux valeurs limites d'exposition professionnelle publiées à l'échelle internationale, comme les directives sur les valeurs limites d'exposition (TLV®) et les indices d'exposition à des agents biologiques (BEIs®) publiés par American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)¹⁶, *Pocket Guide to Chemical Hazards* publié par United States National Institute for Occupational Health and Safety (NIOSH)¹⁷, les valeurs plafonds autorisées (PEL) publiées par Occupational Safety and Health Administration of the United States (OSHA)¹⁸, les valeurs limites d'exposition professionnelle de caractère indicatif publiées par les États membres de l'Union européenne¹⁹, ou d'autres sources similaires.

Fréquence des accidents mortels et non mortels

Il faut s'efforcer de ramener à zéro le nombre d'accidents du travail dont peuvent être victimes les travailleurs (employés et sous-traitants) dans le cadre d'un projet, en particulier les accidents qui peuvent entraîner des jours de travail perdus, des lésions d'une gravité plus ou moins grande, ou qui peuvent être mortels. Il est possible de comparer les chiffres enregistrés pour les installations des projets à ceux d'installations de pays développés opérant dans la même branche d'activité présentés dans des publications statistiques (par exemple US Bureau of Labor Statistics et UK Health and Safety Executive)²⁰.

Suivi de l'hygiène et de la sécurité au travail

Il est nécessaire d'assurer le suivi des risques professionnels posés par les conditions de travail dans le cadre du projet considéré. ces activités doivent être conçues et poursuivies par des experts agréés²¹ dans le contexte d'un programme de suivi de l'hygiène et de la sécurité au travail. Les installations doivent par ailleurs tenir un registre des accidents du travail, des maladies, des événements dangereux et autres incidents. De plus amples informations sur les programmes de suivi de l'hygiène et de la sécurité au travail sont données dans les Directives EHS générales.

¹⁶ Consulter : <http://www.acgih.org/TLV/> et <http://www.acgih.org/store/>

¹⁷ Consulter : <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

¹⁸ Consulter :

http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDAR DS&p_id=9992

¹⁹ Consulter : http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

²⁰ Consulter : <http://www.bls.gov/iif/> et <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

²¹ Les experts agréés peuvent être des hygiénistes industriels diplômés, des hygiénistes du travail diplômés, des professionnels de la sécurité brevetés ou tout titulaire de qualifications équivalentes.

3.0 Bibliographie et sources d'information supplémentaires

Commission européenne. 2006. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference Document on Best Available Techniques (BAT) in the Food, Drink and Milk Industries. Seville: EIPPCB. Disponible à <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

Curtin University of Technology, Centre of Excellence in Cleaner Production (CECP). 2002. Swan Brewery: Water and Energy Efficiency. Western Australia Case Studies. Perth: CECP. Disponible à <http://cleanerproduction.curtin.edu.au/cecp/cecpcasesstudyhome.htm>

Dansk Standard. 2004. DS/OHSAS 18001:2004. Occupational health and safety management systems – Specification. 1 udgave. 2004–11-08. Copenhagen: Dansk Standard.

Health and Safety Commission (HSC). 2005a. Food Manufacture – Beer, Spirit and Soft Drink Manufacture. Injury Rate Comparison. Londres National Statistics. Disponible à <http://www.hse.gov.uk/food/drink.htm>

HSC. 2005b. Health and Safety Statistics 2004/05. Londres: National Statistics. Disponible à <http://www.hse.gov.uk/statistics/overall/hssh0405.pdf>

HSC. 2005c. Rates of reported fatal injury to workers, non fatal injuries to employees and LFS rates of reportable injury to workers in manufacturing. Londres : National Statistics. Disponible à <http://www.hse.gov.uk/statistics/industry/manufacturing-ld1.htm#notes>

HSC. 2005d. Statistics of fatal injuries 2004/05. Fatal injuries to workers in manufacturing. Londres: National Statistics. Disponible à www.hse.gov.uk/statistics/overall/fatf0405.pdf

Indian Environmental Protection Agency (EPA). 1992. Central Pollution Control Board (CPCB). Notification May 5, 1992. 27.0 Fermentation Industry: Wastewater Discharge Standards (Distilleries, Maltries & Breweries). Delhi: Indian EPA. Disponible à <http://www.cpcb.nic.in/standard27.htm>

Irish Environmental Protection Agency (EPA). 1996. Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs (BATNEEC) Guidance Note for Malting, Brewing & Distilling. Co. Wexford: Irish EPA. Disponible à <http://www.epa.ie/TechnicalGuidanceandAdvice/GuidanceDocuments/>

ISO. 2004a. ISO 14001: 2004: Environmental Management Systems - Requirements with guidance for use. Genève: ISO. Disponible à <http://www.iso.org>

ISO. 2004b. ISO 9001: 2000: Quality Management System. Genève: ISO. Disponible à <http://www.iso.org>

ISO. Organisation internationale de normalisation (ISO). 2005. ISO 22000: 2005: Food Safety Management Systems - Requirements for any organization in the food chain. Genève: ISO. Disponible à <http://www.iso.org>

Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). 1996. Division of Technology, Industry and Economics (DTIE). Cleaner Production in Breweries: A Workbook for Trainers. First Edition. Paris: PNUE. Disponible à http://www.uneptie.org/pc/cplibrary/catalogue/cp_training.htm

Thailand Ministry of Natural Resources, Science and Environment. Pollution Control Department (PCD). 1996. Water Quality Standards: Industrial Effluent Standards. Bangkok: PCD. Disponible à http://www.pcd.go.th/info_serv/en_reg_std_water04.html#s1

The Brewers of Europe. 2002. Guidance Note for Establishing BAT in the Brewing Industry. Octobre 2002. Bruxelles: Brewers of Europe. Disponible à <http://www.brewersofeurope.org/asp/publications/publications.asp>

United States Bureau of Labor Statistics (BLS). 2004a. Census of Fatal Occupational Injuries Charts, 1992–2004. Number and rate of fatal occupational injuries by private industry sector, 2004. (Table page 10). Washington DC: BLS. Disponible à <http://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/cfch0003.pdf>

US BLS. 2004b. Industry Injury and Illness Data – 2004. Supplemental News Release Tables. Table SNR05: Incident rate and number of nonfatal occupational injuries by industry, 2004. Washington D.C.: BLS. Disponible à <http://www.bls.gov/iif/oshwc/osh/os/ostb1479.pdf>

Annexe A — Description générale des activités

La bière est une boisson à faible teneur en alcool, produite par la fermentation de sucres extraits de divers types de céréales. Il existe un large éventail de types de bière distincts qui reflètent des différences quant à l'utilisation de la matière première, à la force, au goût et au conditionnement du produit final. Chaque brasserie possède généralement un produit et une gamme de contenants qui lui sont propres.

Les méthodes de production diffèrent selon les brasseries, et en fonction des types de bière, du matériel et de la législation nationale. Traditionnellement, la bière est produite à partir de malt. Cependant, on note l'apparition d'une tendance en faveur d'un groupe plus varié de céréales, et les brasseries modernes de grande envergure utilisent de plus en plus le maïs et le riz. Le sucre est extrait de la céréale et il est mis dans de l'eau, du houblon est ensuite ajouté et le mélange est bouilli. Après avoir refroidi, le mélange est fermenté avec de la levure pour produire de l'alcool. Cette bière brute est ensuite mûrie et conditionnée. Certaines bières sont filtrées et pasteurisées.

Manutention et stockage des matières premières

Les matières premières utilisées pour produire de la bière englobent généralement des céréales (malte, riz ou maïs), du houblon, de l'eau et de la levure. Le processus de maltage convertit l'amidon contenu dans la céréale en un sucre fermentable qui est extrait du malt au cours de l'empâtage. Les extraits de houblon sont utilisés comme conservateurs et pour ajouter de l'amertume à la solution sucrée. La levure transforme les sucres en alcool au cours de la fermentation. Les opérations de brasserie font appel à des stades de réchauffement et de refroidissement, des agents de nettoyage et des matériaux de conditionnement.

Production du moût

Lorsque la céréale est livrée, elle est pesée, transportée, nettoyée et stockée dans des silos, jusqu'à ce qu'elle soit mise à disposition pour la production du moût. La céréale est alors nettoyée et broyée/concassée pour la préparer à être empâtée. L'empâtage, la clarification et la cuisson du moût correspondent aux stades de brassage dans le cadre du processus de fabrication de la bière.

Concassage

La céréale est concassée pour produire un mélange de farine et de spathes connu sous le nom de mouture de malt. Le degré de finesse du malte concassé est fonction du meilleur extrait pouvant être produit, de la technologie choisie et de la capacité à filtrer le moût. Les aires de manipulation de la céréale doivent être conçues afin de pouvoir maîtriser une génération excessive de poussière et minimiser les sources d'allumage, y compris les étincelles pour prévenir les explosions.

Empâtage

Après le concassage, la mouture de malt est mélangée avec de l'eau chaude pour former une « pâte » puis elle est mise de côté, au cours de l'étape d'empâtage. L'objectif de l'empâtage est d'obtenir un rendement élevé d'extrait fermentable à partir de la mouture de malte et des succédanés, par extraction dans l'eau d'empâtage. Cet extrait est le « moût ». Une infime partie de l'extrait seulement est obtenue par dissolution, et la partie restante est extraite par dégradation enzymatique de substances insolubles complexes en des substances simples solubles dans l'eau. Les paramètres physiques tels que la température, le pH et la durée de l'empâtage doivent être soigneusement contrôlés pour obtenir une extraction optimale.

Filtration de l'empâtage

Le moût est séparé de la partie solide de l'empâtage, qui est connue sous le nom de « drêche », par filtration. Ce processus, appelé la clarification, se déroule dans une cuve de clarification ou un filtre à moût, à une température comprise approximativement entre 75°C et 78°C.²² Après la clarification, la drêche est déchargée dans des silos, et elle est traditionnellement vendue aux fermiers pour être utilisée comme aliment pour le bétail. La drêche qui provient des cuves de clarification a une teneur en matière sèche comprise entre 19 et 22 %, et celle qui provient des filtres à moût a une teneur en matière sèche comprise entre 35 et 40 %. Le moût qui reste dans la cuve de clarification a une teneur faible en extrait ; on l'appelle le « moût épuisé ».

Cuisson du moût

Une fois la drêche retirée, le moût est transféré dans la bouilloire à moût. Il y est chauffé jusqu'à ébullition, et on y ajoute du houblon. Le moût doit bouillir pendant une durée allant de 1 heure à 1 heure et demie, et avec une intensité d'ébullition correspondant à une quantité d'évaporation du volume versé²³ par heure comprise entre 5 et 8 %. L'évaporation totale varie généralement entre 6 et 10 %. Le chauffage et l'ébullition du moût consomment une grande quantité d'énergie.

Clarification et refroidissement du moût

Après la cuisson, le moût est nettoyé, généralement en le faisant passer dans un « bac à moût tourbillonnaire » qui sépare le moût propre des solides résiduels que l'on appelle le trouble. Le moût clarifié est ensuite refroidi pour qu'il atteigne la « température d'ensemencement » (la température à laquelle le moût refroidi entre dans la cuve de fermentation), dans un échangeur de chaleur (le « refroidisseur à moût ») qui est

refroidi avec de l'eau réfrigérée. Le refroidissement du moût peut être réalisé avec un volume d'eau de refroidissement représentant approximativement 1,1 fois le volume de moût. L'eau chaude (dont la température est comprise entre 75°C et 85°C) issue du refroidisseur à moût est collectée et utilisée comme eau de brassage pour le lot suivant. Un rejet de matière organique (du trouble) peut se produire au cours du processus de clarification.

Brassage à haute densité

Le brassage à haute densité, qui est souvent pratiqué pour obtenir un moût avec une quantité d'extrait suffisante et qui complète le processus de fermentation, permet d'obtenir une bière dont la teneur en alcool est plus élevée que celle d'une bière ordinaire. La teneur de la bière destinée à la vente s'obtient par dilution avec de l'eau de brassage désaérée. Cette technique résulte en des économies d'énergie, parce que l'eau de dilution n'est pas chauffée au cours des processus d'empâtage et de cuisson du moût. Elle permet également à la brasserie, et aux cuves de brassage et de fermentation, de produire une plus grande quantité de bière dont la teneur correspond aux objectifs commerciaux, en comparaison avec sa non exploitation.

Fermentation et maturation

Une fois que le moût a refroidi et est parvenu à la température d'ensemencement, on y additionne de l'oxygène. Le moût est ensuite pompé en direction des cuves de fermentation dans lesquelles on ajoute de la levure, et le processus de fermentation débute. Au cours de la fermentation, la levure transforme le sucre contenu dans le moût en alcool et dioxyde de carbone. Le processus de fermentation est exothermique, et les températures doivent être soigneusement contrôlées en fonction des besoins du processus, qui varient souvent selon la nature du produit et la région de production. La recette utilisée pour fabriquer le produit détermine la durée de fermentation. Le

²² Brasseurs d'Europe (2002).

²³ Ibid.

dioxyde de carbone généré par la fermentation peut être collecté et utilisé dans le cadre de divers processus de production de bière.

Le stade de la fermentation se conclut par le refroidissement rapide de la cuve ; à ce moment là, la levure est récoltée et pompée en direction du réservoir de stockage. Étant donné que la fermentation produit une quantité de levure supérieure aux besoins du lot suivant, une partie de la levure récoltée est souvent éliminée en la destinant à être utilisée comme alimentation animale.

La bière fermentée est alors pompée dans des réservoirs pour être soumise au processus de maturation qui se déroule dans des conditions de température contrôlées et sur une période de plusieurs semaines.

Traitement de la bière

Filtration

Après la maturation, la plupart de la bière est filtrée pour retirer la levure restante et obtenir une « bière brillante », qui possède le niveau de clarté requis et une durée de conservation prolongée. La filtration se déroule dans un milieu filtrant composé de terre à diatomées, en utilisant des dispositifs de filtrage à cadre, à bougies ou à mailles. La terre à diatomées épuisée peut être utilisée en agriculture ou comme matériau de construction, ou elle peut être soumise à un nouveau traitement. Une fois filtrée, la bière est stockée dans des « réservoirs de bière brillante », et est prête à être conditionnée dans l'unité de mise en bouteille.

Gazéification

La bière peut être gazéifiée avant d'être envoyée vers les réservoirs de bière brillante. De l'azote gazeux peut également être utilisé en de petites quantités pour améliorer la performance de la mousse.

Dilution

La bière à haute teneur en alcool, qui résulte du brassage à haute densité, est diluée avec de l'eau de brassage désaérée afin d'obtenir la teneur requise pour le produit final, avant d'être conditionnée.

Nettoyage sur place (NSP)

Il est important que l'ensemble du matériel et des tuyaux utilisés pour les procédés soient maintenus propres et désinfectés. Le nettoyage doit s'effectuer en mettant en œuvre des systèmes de NSP qui permettent de faire circuler les agents de nettoyage à travers le matériel ou d'asperger la surface des réservoirs. De la soude caustique ou de l'acide est souvent utilisé comme agent de nettoyage. Le nettoyage et la désinfection du matériel de brasserie peuvent utiliser une quantité substantielle d'énergie, d'eau, d'agents de nettoyage et de désinfectants. La conception des systèmes de NSP est très variable, allant de systèmes simples dans lesquels un lot de solutions de nettoyage est préparé et pompé à travers le système puis drainé, à des systèmes entièrement automatiques comprenant des réservoirs pour l'eau et pour les solutions de nettoyage, ce qui permet de réutiliser une partie de l'eau et des solutions de nettoyage.

Opérations de conditionnement

La bière est pompée à partir des réservoirs de bière filtrée et, après dilution pour obtenir la teneur recherchée selon les exigences commerciales, elle est mise en bouteille, en canette ou en baril dans l'aire de conditionnement. Au cours de ces opérations, il est important que la bière soit mise à l'abri d'un contact avec de l'oxygène et d'une perte de gazéification. Les chaînes de conditionnement peuvent utiliser des matériaux d'emballage et des niveaux d'automatisation différents, et elles génèrent généralement des niveaux de bruit élevés.

Lavage et contrôle des bouteilles

Les bouteilles consignées sont triées électroniquement. Les bouteilles étrangères sont renvoyées à leurs fabricants respectifs, ou écrasées et destinées au recyclage. Après le tri, les bouteilles sont acheminées vers un lave-bouteilles où toutes les impuretés internes et externes sont retirées. Les opérations effectuées par les lave-bouteilles englobent généralement le trempage et le lavage, la stérilisation à haute température, et le rinçage. Les lave-bouteilles sont gros consommateurs d'énergie, d'eau et de soude caustique. Ils rejettent des quantités importantes d'eaux usées qui sont susceptibles d'avoir une charge organique élevée. Une fois nettoyées, les bouteilles sont inspectées pour vérifier qu'elles ne soient pas endommagées et ne contiennent aucune impureté.

Remplissage des bouteilles

Les bouteilles sont transportées par les bandes transporteuses du lave-bouteilles vers la machine de remplissage. Elles sont remplies sous pression en fonction de la quantité de dioxyde de carbone dissoute dans la bière. Une fonction importante de la machine de remplissage est d'empêcher que de l'oxygène n'entre en contact avec la bière. Les bouteilles sont immédiatement scellées après le remplissage (habituellement avec des bouchons-couronnes), et les volumes de remplissage sont vérifiés. Les bouteilles scellées sont ensuite dirigées vers le pasteurisateur à tunnel.

Remplissage des canettes

Le remplissage des canettes utilisent les mêmes principes que ceux du remplissage des bouteilles. Étant donné leur poids léger, il est nécessaire de faire avancer les canettes en douceur pour assurer un espacement régulier. L'épaisseur mince de leurs parois et, par conséquent, leur manque de stabilité, doivent également retenir l'attention. Les chaînes de remplissage consomment de grandes quantités d'électricité. Les

chaînes de remplissage sont sujettes à des pertes de bière qui contribuent à accroître la charge organique des effluents.

Pasteurisation

La bière est généralement pasteurisée, afin de détruire toutes les levures vivantes restantes ou autres microorganismes et prolonger ainsi la durée de conservation. Deux méthodes différentes sont utilisées pour la pasteurisation :

- la pasteurisation à tunnel, au cours de laquelle la bière est pasteurisée dans des bouteilles ou des canettes (c.-à-d., la bière et le contenant sont pasteurisés en tant qu'unité fermée, assemblée) ;
- la pasteurisation flash qui emploie un échangeur de chaleur dans lequel la bière est pasteurisée avant d'être mise en baril.

Étiquetage

Une fois la pasteurisation à tunnel effectuée, les bouteilles sont acheminées vers l'étiqueteuse. Des colles à base d'amidon ou de protéines sont utilisées en tant qu'adhésifs, pour assurer que les étiquettes puissent se détacher facilement lorsque les bouteilles consignées sont nettoyées. Les chaînes d'étiquetage consomment de grandes quantités d'électricité. Elles risquent de produire également des niveaux de bruit élevés.

Conditionnement

Les bouteilles et les canettes sont emballées dans des caisses, des cartons ou d'autres formes de conditionnement, en préparation du transport et de la palettisation. Les barils sont transportés sur des palettes.

Utilitaires

Les procédés de brasserie ont une demande énergétique élevée, en raison des besoins importants en matière de réchauffement et de refroidissement, et ils sont également gros

consommateurs d'eau. Les installations utilitaires jouent, par conséquent, un rôle clé dans cette branche d'activité. Les processus utilisés sont généralement alimentés en chaleur par des chaudières à vapeur. Le refroidissement est habituellement généré par des systèmes de réfrigération centraux à base d'ammoniac, qui font circuler l'ammoniac ou un fluide secondaire (p. ex., de l'eau refroidie, des saumures ou des glycols) vers les points qui nécessitent un refroidissement. L'air comprimé est principalement utilisé pour les instruments, les dispositifs d'activation, la pressurisation des réservoirs et, parfois, le transport de la drêche épuisée.

Usine de traitement de l'eau

Les brasseries prélèvent habituellement l'eau dans les puits, ou utilisent les eaux de surface des lacs ou des rivières ; elles font généralement appel à diverses qualités d'eau : par exemple, une eau de brassage pour l'empâtage, une eau de brassage désaérée pour la dilution, une eau adoucie pour les systèmes utilitaires et les pasteurisateurs à tunnel, une eau de nettoyage, etc. C'est la raison pour laquelle les brasseries disposent souvent de plusieurs établissements de traitement d'eau sophistiqués.

Usine de récupération de CO₂

Le CO₂ produit au cours de l'étape de la fermentation peut être collecté, nettoyé et stocké, avant d'être utilisé dans le cadre du processus de transformation. Le CO₂ est nécessaire pour la gazéification et pour établir une atmosphère inerte, en fonction des besoins du processus.

Génération d'azote

Les brasseries peuvent utiliser de l'azote à la place du CO₂ pour créer des atmosphères inertes. L'azote peut être généré sur site à partir de l'air atmosphérique, par le biais d'une technique de séparation thermique ou à membrane, ou peut être livré en vrac à partir de sources extérieures.

Approvisionnement en électricité

La plupart des brasseries achètent l'électricité auprès du réseau national de distribution d'électricité, bien qu'un certain nombre utilisent des usines de cogénération/production combinée de chaleur et d'électricité (PCCE) qui produisent à la fois de l'électricité et de la chaleur/vapeur.

Figure A.1 : Chaîne logistique pour la production de bière

