

# Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires pour la fabrication, la formulation et le conditionnement des pesticides

## Introduction

Les Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires (Directives EHS) sont des documents de références techniques qui présentent des exemples de bonnes pratiques internationales<sup>1</sup>, 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/EnvironmentalGuidelines>

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 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 oeuvre 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 normes 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.

<sup>1</sup> 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.

## Champ d'application

Les Directives EHS pour la fabrication et la formulation des pesticides portent sur la synthèse et l'optimisation des produits actifs, le processus de fabrication et la formulation et le conditionnement des pesticides produits à partir de ces produits actifs. Les principaux groupes de pesticides sont les insecticides, les herbicides, les fongicides, les acaricides (ou miticides), les nématicides et les rodenticides.

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 peuvent se poser aux cours de la phase opérationnelle, qui couvre la fabrication, la formulation et le conditionnement des pesticides. Les recommandations relatives à la gestion des problèmes auxquels se heurtent la plupart des activités industrielles de grande envergure lors des phases de construction et de démantèlement figurent dans les Directives EHS générales.

La fabrication, la formulation, le conditionnement et la distribution des pesticides doivent s'effectuer conformément aux normes internationales en vigueur, parmi lesquelles :

- la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP), qui interdit ou limite la fabrication et le

commerce de POP produits intentionnellement, et notamment de certains pesticides<sup>2</sup> ;

- les lignes directrices pour la classification des pesticides en fonction de leur niveau risque, recommandée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), qui établissent la liste des produits actifs désormais jugés obsolètes ou n'entrant plus dans la fabrication des pesticides<sup>3</sup> ;
- la Convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet d'un commerce international<sup>4</sup> ;
- le Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides, élaboré par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), qui préconise l'adoption de la notion de « cycle biologique » pour appréhender les aspects relatifs à la mise au point, à la réglementation, à la production, à la gestion, au conditionnement, à l'étiquetage, à la distribution, à la manipulation, à l'application, à l'utilisation et au contrôle des pesticides (y compris les activités postérieures à l'homologation) et à l'élimination de tous les types de pesticides et de leurs contenants usagés<sup>5</sup>
- Les Directives révisées de la FAO pour un bon étiquetage des pesticides<sup>6</sup>.

<sup>2</sup> Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP) (<http://www.pops.int/>)

<sup>3</sup> La Classification des pesticides par risque recommandée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ([http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides\\_hazard/en/](http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard/en/)) contient aussi des recommandations sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause et l'étiquetage, ainsi que des informations sur la sécurité des travailleurs (Fiches de données sur les matériels de sécurité - MSDS).

<sup>4</sup> Convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause (<http://www.pic.int/>)

<sup>5</sup> Code international de conduite de la FAO

<sup>6</sup> Directives révisées pour un bon étiquetage des pesticides, FAO (<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPP/Pesticid/r.htm>)

## 1.1 Environnement

Les problèmes environnementaux rencontrés durant les phases de fabrication, de formulation-et de conditionnement des pesticides sont essentiellement liés aux catégories suivantes :

- Émissions atmosphériques
- Eaux usées
- Matières dangereuses
- Déchets
- Consommation/rendement énergétique
- Consommation d'eau/utilisation rationnelle des ressources en eau

### Émissions atmosphériques

Les substances libérées dans l'air pendant la fabrication, la formulation et le conditionnement des pesticides comprennent des composés organiques volatils (COV), des particules fines, des gaz d'échappement et des gaz à effet de serre.

#### *Composés organiques volatils (COV)*

Les COV peuvent provenir des conduits d'évacuation des réacteurs, des systèmes de filtrage utilisés pendant le processus de séparation, des bassins de purification et des sècheurs utilisés pendant les opérations de synthèse chimique et d'extraction. Ces émissions de COV peuvent aussi se produire lors de la fabrication de formules liquides à base de solvants (fabrication de granulés par imprégnation ou utilisation de produits concentrés émulsifiables, par exemple) ou du nettoyage des équipements à l'aide de solvants.

Les mesures préconisées pour prévenir les émissions de COV consistent à :

- envisager l'utilisation de solvants non halogénés et non aromatiques (acétate d'éthyle, alcools et acétone, par exemple) en lieu et place de solvants plus toxiques (benzène, chloroforme, trichloréthylène, entre autres) ;

- confiner les réacteurs discontinus dans un lieu clos et installer des circuits d'alimentation fermés. Assurer le suivi régulier des émissions dégagées par les conduites, les vannes, les joints, les bassins et les autres composants/parties des infrastructures à l'aide de détecteurs de vapeur, et entretenir ou, au besoin, remplacer les éléments défectueux ;
- mettre en place, si nécessaire, un système d'équilibrage des gaz pendant les phases de construction et d'exploitation;
- réduire les températures de fonctionnement ;
- placer les pompes, les réservoirs de stockage et la chaîne de préparation sous atmosphère d'azote (concentrés émulsifiables, par exemple) ;
- installer des condensateurs (condensateurs de distillation, condensateurs à reflux, condensateurs en amont des sources de vide, condensateurs utilisés pendant les opérations de désorption et de vaporisation, condensateurs cryogéniques) en aval des équipements de fabrication, en vue du changement de phase vapeur-liquide et de la récupération des solvants<sup>7</sup>;
- utiliser des équipements fermés pour le nettoyage des réacteurs et des autres équipements.

Les mesures recommandées pour maîtriser les émissions de COV consistent à :

- récupérer les vapeurs de COV émises lors de la manipulation des solvants et du processus de fabrication, et relier les conduits de ventilation à des dispositifs de contrôle de l'air, notamment :

<sup>7</sup> Les composés organiques volatils peuvent être condensés par refroidissement indirect des gaz d'échappement en amont du traitement des gaz d'échappement, et les solvants peuvent être récupérés par distillation dans des évaporateurs à plateaux. Les condensateurs cryogéniques permettent de ramener la température du flux de gaz en deçà du point de rosée. Les condensateurs cryogéniques peuvent être plus efficaces que d'autres types de condensateurs, mais peuvent aussi consommer davantage d'énergie.

- des systèmes d'épuration par voie humide ou d'absorption des gaz. Les épurateurs humides, caustiques ou acides peuvent être utilisés dans la fabrication de pesticides pour réduire les émissions de gaz organiques et inorganiques. On peut y ajouter des solutions d'hypochlorite pour réduire les nuisances olfactives ;
  - des processus d'adsorption sur charbon actif, de manière à obtenir un taux d'élimination des COV de 95 à 98 % ;
  - des systèmes d'oxydation thermique/ d'incinération permettant d'obtenir des taux de destruction des COV pouvant atteindre jusqu'à 99,99 %<sup>8</sup> ;
  - des systèmes d'oxydation catalytique ;
  - le traitement par biofiltration, si les COV sont biodégradables.
- particules récupérées en les réintroduisant dans le circuit de préparation ;
  - installer des systèmes de filtration d'air spécifiques à chaque étape de production (granulation, mélangeurs de poussières ou de granules, par exemple) afin de recycler la plus grande quantité possible de poussières de pesticides ;
  - installer des filtres dans les systèmes de chauffage, aération et climatisation afin de limiter les émissions de particules dans l'air évacué et de prévenir la contamination de l'air intérieur ;
  - séparer les conduits de ventilation les uns des autres pour prévenir toute contamination croisée ;
  - installer des trémies à fermeture automatique dans un lieu clos, afin d'éviter que les conteneurs de poussières ne s'ouvrent et se vident pendant la formulation et le conditionnement ;
  - utiliser des dispositifs de lavage des gaz par voie humide et des filtres à poussière électrostatiques après le traitement par combustion/oxydation thermique.

### *Particules fines*

Des particules fines de poussières de pesticides peuvent être en suspension dans l'air pendant la manipulation, la transformation et le stockage des pesticides. Les poussières issues de la formulation des pesticides (concassage, mélange, par exemple) et des opérations de conditionnement contiennent des produits actifs qui peuvent être toxiques pour l'homme comme pour l'environnement. Les mesures préconisées pour prévenir et limiter les émissions de particules consistent à :

- récupérer les particules fines de pesticides (poudres mouillables et poussières) à l'aide de systèmes de filtration d'air (cyclones, sacs filtrants/filtres textiles ou épurateurs humides) et, dans la mesure du possible, recycler les

<sup>8</sup> Si l'on opte pour l'incinération simultanée des résidus de solvants halogénés et des gaz d'échappement issus du processus de production, il faut veiller à ce que la température, les **temps de résidence** et la **turbulence** dans la chambre de combustion soient suffisants pour prévenir les émissions de dioxines/furanes. En règle générale, il faut maintenir des températures de combustion  $\geq 1100$  °C et des temps de résidence  $\geq 2$  secondes. Le profil de température doit être contrôlé avec soin afin d'empêcher les gaz et les solvants de se reformer pendant le processus de refroidissement.

### *Gaz d'échappement*

Les émissions de gaz d'échappement résultant de la combustion de gaz ou de combustible diesel dans les turbines, les chaudières, les compresseurs, les pompes et les moteurs en vue de la production d'énergie ou de chaleur constituent une source importante d'émissions atmosphériques provenant des installations de production, de formulation et de conditionnement des pesticides. Les spécifications techniques des émissions atmosphériques doivent être prises en compte lors de la sélection des équipements.

Les directives concernant les émissions produites par les opérations de combustion des 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 recommandations relatives aux installations électriques de plus grande taille sont présentées dans les **Directives EHS pour l'électricité thermique**.

Tout doit être mis en œuvre pour améliorer le plus possible le rendement énergétique des installations et réduire la consommation d'énergie au minimum. L'objectif global doit être de réduire les émissions dans l'air et d'évaluer les méthodes de réduction des émissions efficaces, économiquement et techniquement réalisables. D'autres recommandations sur l'utilisation rationnelle de l'énergie figurent dans les Directives EHS générales.

## Eaux usées

### *Effluents industriels*

Les effluents liquides provenant des installations de fabrication et de formulation des pesticides sont constitués de composés organiques biodégradables (solvants organiques oxygénés tels que le méthanol, l'éthanol, l'acétone, l'isopropanol et le phénol, acides organiques et esters organiques), de composés organiques récalcitrants (dérivés du chlore et du fluor, par exemple), de solides en suspension et de matières inorganiques (acides inorganiques, ammoniacque, cyanure notamment). La présence dans les effluents de quantités résiduelles, même très faibles, des produits actifs entrant dans la fabrication des pesticides peut poser de sérieux problèmes. La demande biochimique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO), le total des solides en suspension (TSS) et le pH sont les principaux indicateurs de la qualité de l'eau.

### *Eaux usées issues de la fabrication des pesticides*

Les eaux usées issues de la fabrication des pesticides regroupent : l'eau utilisée pour les réactions chimiques ; l'eau contenant des solvants ; l'eau de lavage du circuit ; l'eau de lavage des produits ; les acides et caustiques usagés ; la vapeur condensée issue des opérations de désorption et de

stérilisation, l'eau de purge des épurateurs du système anti-pollution et l'eau de lavage des équipements et des installations.

Dans le cas de la fabrication des biopesticides, le jus de fermentation contient généralement des sucres, des amidons, des protéines, de l'azote, des phosphates, des sels minéraux et d'autres nutriments caractérisés par une DBO, une DCO et un TSS élevés.

Les mesures recommandées pour prévenir et limiter la pollution consistent à :

- réutiliser et recycler les eaux de nettoyage des équipements et l'eau utilisée tout au long de la fabrication, en vue du traitement des lots suivants ;
- installer des systèmes d'équilibrage des flux et des charges en amont des unités de traitement des eaux usées, afin de maîtriser les brusques variations de débit ou de concentration ;
- regrouper les solvants résiduels provenant de différentes sources afin d'optimiser le traitement ;
- récupérer les solvants par :
  - distillation fractionnée, afin de séparer des eaux usées les composés à faible point d'ébullition ;
  - désorption et condensation des gaz inertes pour extraire les composés volatils des eaux usées ;
  - extraction par solvant des composés organiques (composés fortement halogénés, composés halogénés réfractaires, charges en DCO élevées) ;
- installer des systèmes d'osmose inversée ou d'ultrafiltration pour récupérer et concentrer les produits actifs ;
- au besoin, installer des mécanismes d'ajustement et de neutralisation du pH ;
- utiliser des bassins de filtration et de décantation pour réduire le TSS et la DBO associés aux particules ;

- installer des systèmes de traitement biologique (boues actives, filtres percolateurs ou contacteurs biologiques rotatifs) pour contrôler les concentrations de DBO, DCO et TSS et favoriser la dégradation des constituants organiques ;
- mettre en place une étape de prétraitement des eaux usées avec un taux de biodégradabilité de moins de 80 %, notamment par :
  - destruction du cyanure par chloration alcaline, oxydation au peroxyde d'hydrogène et hydrolyse (on utilise généralement des réactifs cyanurés pour la synthèse des pesticides ou des intermédiaires)
  - détoxification des produits actifs par oxydation, aux rayons UV ou à l'aide de solutions de peroxyde ;
  - installation de systèmes d'adsorption sur charbon actif granulaire pour traiter la DBO/DCO et les composés organiques ;
  - désorption de la vapeur ou de l'air pour traiter les eaux usées contenant des composés organiques et de l'ammoniaque (dans ce dernier cas, la valeur du pH doit être maintenue à 10-11) ;
  - pour la fabrication des biopesticides, oxydation des produits résiduels et des pathogènes potentiels à l'hypochlorite ou à l'aide d'autres méthodes de désinfection/stérilisation ;
- biosurveillance et analyse des effluents afin de déterminer s'ils peuvent être toxiques pour les poissons, les daphnies, les algues, etc., après traitement et avant rejet dans le milieu récepteur ;

### *Eaux usées issues de la formulation des pesticides*

Les eaux usées résultant de la formulation des pesticides sont principalement issues du nettoyage, du refroidissement et du chauffage des équipements et des zones industrielles utilisés pour le broyage, le mélange et le stockage des pesticides liquides. En règle générale, les eaux usées issues des

opérations de formulation et de conditionnement présentent une DBO, une DCO et un TSS peu élevés, et leur pH est généralement neutre. Leur niveau de toxicité et de biodégradabilité est fonction de la présence de produits chimiques comme les résidus de pesticides, les solvants organiques et d'autres composés entrant dans la formulation des pesticides et susceptibles d'être toxiques pour les organismes aquatiques.

Outre les méthodes de traitement des eaux usées et des eaux pluviales utilisées pour traiter les effluents issus des unités de fabrication des pesticides, il est préférable de prendre les mesures supplémentaires de prévention de la pollution et de dépollution qui consistent à :

- installer des systèmes de prétraitement pour accroître la biodégradabilité et réduire la toxicité des effluents liquides (contrôle de la température et adjonction d'acide pour casser des émulsions, par exemple) ;
- récupérer des fluides de nettoyage (solvants et eau de rinçage) en vue d'utilisations ultérieures. Les eaux ayant servi au nettoyage des équipements et les autres eaux usées industrielles doivent être réutilisées lors du traitement des lots suivants ;
- utiliser des racleurs, des systèmes automatiques de récurage des parois et d'autres mécanismes pour laver les cuves de mélange et limiter la contamination des eaux de lavage par les solvants ;
- utiliser des systèmes de nettoyage de faible volume et à haut rendement (asperseurs à haute pression, lances à eau, appareils de nettoyage à vapeur) ;
- nettoyer périodiquement les chaînes de fabrication, à l'aide de racleurs à brosses en plastique ou en mousse ;
- installer un système de canalisation conçu de manière à faciliter l'évacuation des eaux usées industrielles.

### *Traitement des eaux usées industrielles*

Parmi les différentes méthodes de traitement des eaux industrielles provenant de la fabrication des pesticides, on peut citer : le confinement des eaux usées et le prétraitement des flux concentrés d'eaux usées, notamment ceux associés aux produits actifs. Le traitement des eaux usées donne généralement implique: des bacs à graisses, des écumeurs, la flottation à air dissous, des séparateurs eau/hydrocarbures qui permettent de séparer les huiles des solides en suspension, des systèmes de filtration permettant de récupérer les solides filtrables, des systèmes de répartition des flux et des charges, la sédimentation des solides en suspension dans des clarificateurs, des traitements biologiques, le plus souvent aérobies, qui permettent de réduire la quantité de matière organique soluble (DBO), l'élimination des produits chimiques ou des nutriments biologiques pour réduire les quantités d'azote et de phosphore, la chloration des effluents si une décontamination s'avère nécessaire, la déshumidification et l'élimination des résidus dans des décharges spécifiques aux déchets dangereux.

Des mesures de contrôle d'ingénierie supplémentaires peuvent s'avérer nécessaires pour : i) contenir et traiter les composés organiques volatils récupérés après traitement des eaux usées industrielles ; ii) éliminer les composés organiques récalcitrants et les ingrédients actifs à l'aide de charbon actif ou par oxydation chimique avancée ; iii) réduire la toxicité des effluents par des technologies adaptées (osmose inversée, échange d'ions, charbon actif, etc.) ; iv) isoler et neutraliser les nuisances olfactives.

Les mesures de gestion des eaux usées industrielles et les différentes méthodes de traitement envisageables sont décrites 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 et consommation d'eau*

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 eaux contaminées doivent être acheminées de manière à passer par le système de traitement des eaux usées industrielles. 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**.

### **Matières dangereuses**

Les unités de fabrication, de formulation et de conditionnement des pesticides consomment et produisent des quantités importantes de matières dangereuses, qu'il s'agisse de matières premières ou intermédiaires ou de produits finis. La manutention, le stockage et le transport de ces matières doivent s'effectuer dans des conditions appropriées, pour prévenir et limiter tout impact sur l'environnement et la santé. Les pratiques recommandées en matière de gestion, et en particulier de manutention, de stockage et de transport des matières dangereuses sont présentées dans les **Directives EHS générales**.

### **Déchets**

La fabrication, la formulation et le conditionnement des pesticides génèrent des déchets solides et liquides potentiellement dangereux ou banals. Les déchets solides et semi-solides comprennent : les résidus et les filtrats de synthèse chimique contaminés par des acides, des bases, des solvants, des produits actifs de pesticides, des cyanures et des métaux ; les produits non conformes aux spécifications en vigueur, qui ne peuvent pas être conditionnés ; les équipements

usagés de filtrage de l'air (filtres textiles, charbons actifs usés) ; les déchets de conditionnement ; les boues sèches issues du traitement des eaux usées ; les déchets issus des travaux de laboratoire ; les gâteaux de filtration issus de la fermentation (fabrication de biopesticides) et des procédés chimiques ; et les solides usés contenant des produits intermédiaires, des sels inorganiques, des sous-produits organiques, des sous-produits de complexes métalliques, des produits résiduels et des nutriments (ces derniers étant issus du processus de fermentation). La décontamination des cuves de mélange des pesticides fabriqués à partir de composants solides peut générer des déchets de dilution solides, d'aspect vaseux ou sableux, contaminés par des pesticides.

Les déchets liquides regroupent : les solvants, les solutions acides et caustiques et les résidus de distillation issus de la synthèse chimique.

Les mesures de gestion des déchets solides et liquides consistent notamment à :

- utiliser des matières moins toxiques, afin de réduire les quantités de déchets dangereux non recyclables (il s'agira, par exemple, de substituer à des solvants toxiques des solvants non halogénés et non aromatiques moins toxiques) ;
- stériliser à la vapeur et avec des produits chimiques sans danger (phénols, détergents et désinfectants) les équipements et les produits de fermentation résultant de la fabrication de biopesticides ;
- procéder à la distillation, à l'évaporation, à la décantation, à la centrifugation et à la filtration des solvants, afin de pouvoir en recycler et en réutiliser la plus grande quantité possible ;
- contrôler et doser les ingrédients actifs dans le but de réduire le plus possible les quantités de déchets produites ;

- utiliser des systèmes automatisés de remplissage des réacteurs, des bassins et des cuves, afin de réduire le plus possible le risque de fuite ;
- utiliser des technologies et des procédés générant moins de déchets, comme de planifier le regroupement de séries de production pour réduire le nombre de modifications du cycle de production et, par conséquent, le nombre de nettoyages des équipements ;
- réutiliser ou recycler autant que possible les matières premières et les déchets, notamment de ceux récupérés après nettoyage des cuves et des conteneurs de transport.

Les recommandations relatives au stockage, à la manutention, au traitement et à l'élimination des déchets dangereux ou banals sont présentées dans les **Directives EHS générales**.

## 1.2 Hygiène et sécurité au travail

Les questions d'hygiène et de sécurité au travail doivent constituer un volet important de l'évaluation des risques et des dangers (étude de recensement des risques, étude sur les risques et l'opérabilité ou évaluation quantitative des risques).

Les problèmes d'hygiène et de sécurité au travail susceptibles de se poser au cours des phases de construction et de démantèlement des installations de fabrication et de formulation des pesticides sont semblables à ceux rencontrés dans d'autres installations industrielles. Les mesures à prendre pour gérer ces problèmes sont décrites dans les Directives EHS générales. De manière générale, la planification des mesures de gestion de la santé et de la sécurité doit suivre une démarche systématique et structurée visant à prévenir et à maîtriser les risques physiques, chimiques, biologiques et radiologiques pour la santé et la sécurité, tels qu'ils sont décrits dans les **Directives EHS générales**.

Les problèmes d'hygiène et de sécurité au travail spécifiques à la fabrication, la formulation et au conditionnement des pesticides touchent aux aspects suivants :

- sécurité des opérations
- exposition aux substances chimiques
- exposition aux pathogènes
- incendies et explosions

### Sécurité des opérations

Des procédures garantissant la sécurité des opérations doivent être suivies selon les caractéristiques propres à cette branche d'activité, dû aux réactions chimiques complexes, à l'utilisation de matières dangereuses (matières hautement toxiques et réactives, substances lacrymogènes, composés inflammables ou explosifs, etc.) et à la fabrication à grande échelle de pesticides, en particulier des réactions organiques en plusieurs étapes doivent avoir lieu (comme dans le cas de la fabrication des pyréthroides).

Pour gérer la sécurité des opérations, il importe de prendre des mesures pour :

- évaluer les dangers physiques dus aux matériaux utilisés et aux réactions chimiques potentielles;
- réaliser des analyses des risques liés aux pratiques de chimie industrielle et d'ingénierie utilisées, y compris en matière de thermodynamique et de cinétique ;
- établir des procédures de maintenance de façon préventive et assurer le bon fonctionnement mécanique des installations et des équipements industriels ;
- former le personnel ;
- établir des consignes d'exploitation et des procédures d'intervention d'urgence.

### Exposition aux substances chimiques

L'exposition du personnel à des substances chimiques dangereuses comme les produits actifs et les poussières de pesticides, à chacune des étapes de production, peut présenter un certain nombre de risques sanitaires. Le personnel peut être exposé à des vapeurs de solvants durant les processus de fabrication et de formulation des pesticides, y compris pendant les opérations de récupération ou d'isolation des produits, de manipulation des gâteaux humides pendant les opérations de séchage, de granulation humide, de manutention des équipements de filtration non confinés et de nettoyage des équipements. Il peut aussi être exposé à des émissions fugitives en cas de fuite au niveau des pompes, des vannes et des stations de raccordement (pendant les phases d'extraction et de purification, par exemple).

Lors de la fabrication et du conditionnement, les travailleurs peuvent aussi inhaler des poussières en suspension pendant les phases de séchage, de broyage et de mélange. L'exposition aux préparations contenant des ingrédients actifs en quantités importantes, ainsi qu'aux véhiculeurs/excipients et additifs, présente aussi un certain nombre de risques. En effet, ces agents, qui n'ont aucun effet pesticide sur les organismes nuisibles visés, peuvent néanmoins être toxiques, et leurs impacts sur la santé des travailleurs doivent être évalués.

Les mesures de prévention et de maîtrise des risques sanitaires liés à l'exposition aux substances chimiques recommandées consistent à :

- décharger les matières premières et les produits toxiques en utilisant un système d'équilibrage des gaz afin de réduire au minimum les émissions fugitives et d'éviter que le personnel ne soit exposé à des substances toxiques ;
- charger par gravité les substances contenues dans des conteneurs étanches, et utiliser des mécanismes sous vide, de pression et de pompage pendant les opérations de

- chargement et de déchargement, afin de réduire au minimum les émissions fugitives ;
- cloisonner les espaces de travail au moyen de systèmes de ventilation par dilution et/ou par pression différentielle. Si des matières toxiques doivent être transformées, il est souhaitable de maintenir une légère surpression dans l'usine (sous atmosphère d'azote, par exemple) ;
  - installer des hottes de ventilation laminaires ou des dispositifs d'isolation dans les zones de manutention des produits toxiques ;
  - installer de systèmes de ventilation munis de filtres à haute efficacité pour les particules d'air (HEPA), surtout dans les zones de fabrication des produits stériles utilisés dans la fabrication des biopesticides ;
  - effectuer le transfert et la séparation des liquides, la filtration des solides et des liquides, la granulation, le séchage, le broyage et les opérations de mélange dans des zones bien ventilées ;
  - installer des systèmes de ventilation locale munis d'un dispositif à collerette de piégeage des poussières diffuses et des vapeurs libérées aux points de transfert ouverts ;
  - installer les granulateurs, les sécheurs, les broyeurs et les mélangeurs dans des espaces confinés et les relier par un conduit à des dispositifs de contrôle de l'air ;
  - dans les unités de fabrication de biopesticides, installer les cuves de stérilisation dans des zones séparées, équipées de systèmes de commande à distance, de ventilation en circuit fermé et de ventilation locale permettant d'extraire les émissions de gaz toxique. Les chambres de stérilisation au gaz doivent être exploitées sous vide et purgées à l'air afin de réduire au minimum les émissions fugitives avant le retrait des produits stérilisés ;
  - entretenir les équipements utilisés pour le conditionnement des pesticides solides de sorte que le risque de fuite soit réduit au minimum, et concevoir toutes les surfaces de manière à éviter toute accumulation de poussière ;

- éviter de trop remplir les récipients contenant les pesticides liquides, et veiller à ce que les matériaux de remplissage soient conçus de manière à éviter les éclaboussures ou la formation d'écume ;
- utiliser des aspirateurs munis de filtres HEPA pour le nettoyage des zones et équipements de manutention et de fabrication de substances dangereuses et produits actifs très puissants ;
- en complément aux autres équipements de protection individuelle (combinaisons de protection, par exemple), installer des masques respiratoires à pression positive dans les zones où sont manipulés et transformés des solvants hautement toxiques et des composés dangereux.

### Exposition aux pathogènes

L'exposition aux pathogènes constitue un risque professionnel lié à l'isolation et à la croissance des micro-organismes conservés dans les laboratoires et utilisés pendant le processus de fermentation des agents utilisés lors de la fabrication des biopesticides. Les mesures recommandées en matière de prévention et de maîtrise des risques d'exposition aux pathogènes consistent à :

- sélectionner des microbes non pathogènes ;
- installer les équipements dans des espaces confinés et traiter le jus de fermentation avant rejet ;
- mettre en œuvre de mesures adaptées de lutte contre les risques biologiques (modification des procédés, protocole visant à réduire au minimum les opérations de manipulation et de transfert des micro-organismes, installation de systèmes de ventilation locale, filtration et inertisation, décontamination, pratiques administratives appropriées et utilisation d'équipements de protection individuelle et respiratoire) ;
- installer des hottes de sécurité biologique à flux laminaire descendant et vers l'intérieur.

## Incendies et explosions

Il Un risque d'incendie et d'explosion existe lors de l'utilisation, de la manipulation et du stockage des solvants. Les réactions de synthèse organique peuvent également présenter des risques importants. Les différentes étapes du processus de formulation des pesticides (granulation, mélange, séchage ou conditionnement) peuvent rendre l'atmosphère inflammable ou explosive. Les poussières de pesticides sont dans certains cas hautement explosives. Les recommandations relatives à la prévention et à la maîtrise des risques d'incendie et d'explosion portent sur les mesures suivantes :

- mettre à profit les enseignements qui se dégagent de la pratique (analyse des incidents antérieurs) ;
- instaurer une interdiction de fumer à l'intérieur et à proximité des installations ;
- communiquer à la caserne de pompier la liste des produits stockés ;
- limiter les effets d'explosions ou d'incendies éventuels en isolant et en éloignant suffisamment les unes des autres les zones de fabrication, de stockage et de service et les zones sûres. Les distances de sécurité peuvent être déterminées à partir d'analyses de la sûreté des installations et être conformes aux normes de sécurité incendie internationalement reconnues<sup>9</sup> ;
- éviter toute source potentielle d'incendie (par exemple, en agencant les conduites de manière à éviter qu'un liquide inflammable ne puisse couler accidentellement sur une conduite, des équipements ou des machines tournantes dont la température est très élevée, et en enlevant tous les débris combustibles) ;
- réduire l'inflammabilité des solvants en les diluant dans de l'eau lors des opérations de filtration et de récupération ;

<sup>9</sup> On trouvera des informations supplémentaires sur les distances de sécurité, par exemple, dans le Code 30 de l'Association nationale de protection contre les incendies (NFPA, États-Unis).

- réaliser une évaluation exhaustive des propriétés physiques des poussières de pesticides avant transformation et traitement ;
- utiliser des équipements résistant aux explosions et des matériaux conducteurs pour limiter les risques liés à la présence de poussières de pesticides potentiellement explosives ;
- appliquer de bonnes pratiques d'exploitation et réduire au minimum les opérations comme la manipulation et le transfert des matériaux ;
- installer des équipements et des systèmes électriques étanches à la vapeur et aux poussières ;
- veiller à la mise à la terre et à la métallisation de tous les équipements ;
- installer des détecteurs d'incendie et de fumée et des systèmes d'alarmes ;
- assurer la formation du personnel (ouvriers et cadres).

## 1.3 Santé et sécurité de la population

Les risques sanitaires et sécuritaires les plus graves liés à la fabrication, la formulation et au conditionnement des pesticides découlent des fuites accidentelles de composés toxiques et de la présence de gaz et de liquides inflammables. Les phases de construction et d'exploitation des usines de pesticides doivent être assorties de mesures de précaution visant à réduire au minimum et à maîtriser les risques auxquels les populations sont exposées. Il s'agit notamment de :

- recenser tous les scénarios plausibles de fuite liés à un défaut de conception ;
- évaluer les effets de fuites potentielles sur les zones avoisinantes, et en particulier les risques de pollution des nappes phréatiques et des sols ;
- évaluer le risque lié au transport de matières dangereuses et choisir les itinéraires les plus appropriés, en réduisant au

minimum les risques au sein de la population et en interaction avec les tiers;

- sélectionner un emplacement adapté pour la construction de l'usine, en tenant compte des zones d'habitation, des conditions météorologiques (direction des vents dominants, entre autres), des ressources en eau (vulnérabilité des nappes phréatiques, par exemple), et des distances de sécurité à prévoir entre les installations industrielles, en particulier les zones de stockage, et les zones d'habitation ;
- définir les mesures de prévention et d'atténuation à prendre pour éliminer ou réduire au minimum les risques pour les populations locales ;
- élaborer un plan de gestion d'urgence, avec la participation des autorités locales et des communautés susceptibles d'être touchées.

Les recommandations concernant le transport de matières dangereuses, l'élaboration de plans de préparation et d'intervention d'urgence et les autres questions relatives à la santé et à la sécurité des populations locales sont exposées dans les **Directives EHS générales**.

## Sécurité des produits

Les fabricants de pesticides doivent promouvoir le principe de « bonne gestion des produits » ou de « bonne gestion du cycle biologique » à chacune des étapes, telles que recherche-développement, fabrication, formulation, transport, stockage, utilisation et, dans la mesure du possible, élimination des déchets (conteneurs vides et stocks obsolètes, par exemple). Les pesticides ne peuvent être produits que sous licence et doivent être enregistrés et homologués par les autorités compétentes, conformément aux dispositions du Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides de l'Organisation des Nations Unies pour

l'alimentation et l'agriculture (FAO)<sup>10</sup>. Tous les produits doivent être étiquetés conformément aux normes internationales telles que celles énoncées dans les Directives révisées de la FAO pour un bon étiquetage des pesticides<sup>11</sup>.

## 2.0 Indicateurs de performance et suivi des résultats

### 2.1 Environnement

#### Directives pour les émissions et les effluents

Les tableaux 1 et 2 indiquent les valeurs de référence applicables aux émissions et aux effluents dans ce secteur. Les valeurs indiquées pour les émissions et les effluents industriels dans cette branche d'activité correspondent aux bonnes pratiques internationales dans ce domaine, telles qu'exprimées par les normes pertinentes des pays ayant des cadres réglementaires stricts. Ces valeurs sont applicables dans conditions normales d'exploitation 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.

**Tableau 1. Valeurs de référence applicables aux émissions de pesticides dans l'air**

Polluant	Unité	Valeur de référence
Particules	mg/Nm <sup>3</sup>	20; 5 <sup>a</sup>
Carbone organique total	mg/Nm <sup>3</sup>	50
COV	mg/Nm <sup>3</sup>	20
Chlorure	mg/Nm <sup>3</sup>	5
Composés bromés (HBr), cyanurés (HCN) et fluorés (HF), sulfure d'hydrogène	mg/Nm <sup>3</sup>	3
Chlore	mg/Nm <sup>3</sup>	3
Ammoniaque, composés chlorés inorganiques gazeux (HCl)	mg/Nm <sup>3</sup>	30
<b>Note :</b> <sup>a</sup> = en présence de composés hautement toxiques.		

<sup>10</sup> FAO (2002c)

<sup>11</sup> FAO (2002c)

Les valeurs relatives aux émissions s'appliquent aux émissions du processus de fabrication. Les directives concernant les émissions produites par les opérations de combustion associées aux activités de cogénération de centrales ayant une puissance installée ne dépassant pas 50 MW figurent dans les **Directives EHS générales** ; les émissions des centrales électriques de plus grande taille sont présentées 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**.

Les valeurs de référence relatives aux effluents s'appliquent aux effluents traités et rejetés directement dans les eaux de surface destinées à un usage général. Des niveaux de rejet spécifiques à chaque site peuvent être définis en fonction des conditions d'utilisation des systèmes publics de collecte et de traitement des eaux d'égout, le cas échéant, ou, dans le cas des effluents rejetés directement dans les eaux de surface, sur la base de la classification des milieux récepteurs décrites dans les **Directives EHS générales**. Ces valeurs indiquées au tableau 1 doivent être atteintes, pour des effluents non dilués, pendant au moins 95 % du temps d'exploitation de l'usine ou de l'unité considérée, calculé sur base du nombre annuel d'heures d'exploitation. Tout écart par rapport à ces valeurs limites lié à des conditions spécifiques au projet considéré doit être justifié dans l'évaluation environnementale.

**Tableau 2. Valeurs de référence applicables aux effluents issus des usines de pesticides**

Polluant	Unité	Valeur de référence	
pH	S.U.	6-9	
DBO <sub>5</sub>	mg/l	30	
DCO	mg/l	150	
TSS (La valeur inférieure s'applique à fabrication des pesticides, et la valeur supérieure à la formulation des pesticides (moyenne mensuelle ; le TSS ne doit en aucun cas être supérieur à 50 mg/l))	mg/l	10-20 <sup>(1)</sup>	
Huiles et graisses	mg/l	10	
Dérivés organiques halogénés adsorbables (AOX)	mg/l	1	
Phénol	mg/l	0,5	
Arsenic	mg/l	0,1	
Chrome total	mg/l	0,5	
Chromium (hexavalent)	mg/l	0,1	
Cuivre	mg/l	0,5	
Composés organiques chlorés	mg/L	0,05	
Composés organiques azotés	mg/L	0,05	
Mercuré	mg/l	0,01	
Zinc	mg/l	2	
Ingrédient actif (chacun)	mg/l	0,05	
Tests de toxicité	Toxicité pour : les poissons	TU	2
	les daphnies		8
	les algues		16
	les bactéries		8
Ammoniaque	mg/l	10	
Phosphore total	mg/l	2	

### Production de déchets / charge toxique des émissions

Les tableaux 3 et 4 présentent, à titre d'exemple, des indicateurs relatifs à la production de déchets et d'eaux usées. Les valeurs de référence utilisées dans l'industrie des pesticides sont indiquées uniquement à titre comparatif. Les projets industriels doivent s'efforcer d'améliorer systématiquement leurs performances dans ces domaines.

**Tableau 3. Production de déchets / volume d'émissions**

Paramètre	Unité	Valeur de référence appliquée dans cette branche d'activité
<b>Eaux usées</b> Carbone organique total	Kg/lot de liqueur mère	180 (110 réfractaire)
<b>Déchets</b> Fabrication Préparation	Kg/tonne d'ingrédient actif fabriqué	200
	Kg/tonne de produit préparé	3 - 4

Source:  
Bureau Européen de prévention et de contrôle intégrés de la pollution (IPPC), Union européenne (2006)

**Tableau 4. Charge toxique des effluents issus des usines de pesticides**

Polluant	Unité		Valeur de référence
pH	S.U.		6-9
DBO <sub>5</sub>	kg/tonnes	Max./jour	5,3
		Moyenne mens.	1,2
DCO	kg/tonnes	Max./jour	9,4
		Moyenne mens.	6,5
TSS	kg/tonnes	Max./jour	4,4
		Moyenne mens.	1,3
Ingrédient actif (chacun)	kg/tonnes	Max./jour	2,8 x 10 <sup>-9</sup> - 3,4
		Moyenne mens.	1,3 x 10 <sup>-6</sup> - 1,0

Source : US EPA. *Effluent Guidelines for Pesticide Chemicals, Organic Pesticide Chemicals Manufacturing Subcategory, New Source Performance Standards, 40 CFR Part 455*. Les niveaux correspondant aux différents ingrédients actifs sont indiqués au tableau 3 de ce texte réglementaire.  
kg/t = kg de polluant par tonne métrique d'ingrédients actifs organiques.

## Suivi des impacts environnementaux

Des programmes de suivi des impacts environnementaux dans cette branche d'activité 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. Ce programme de

suivi doit être basé sur des indicateurs directs ou indirects d'émissions, d'effluents, et utiliser 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 afin d'appliquer les correctement les procédures de suivi et tenir des statistiques, et utiliser des instruments bien calibrés et entretenus. Les données doivent être analysées et examinées à intervalles réguliers et comparées aux normes afin de permettre l'adoption de toute mesure corrective nécessaire. De plus amples informations sur les méthodes appropriées d'échantillonnage et d'analyse des émissions et des effluents 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)<sup>12</sup>, *Pocket Guide to Chemical Hazards* publié par United States National Institute for Occupational Health and Safety (NIOSH)<sup>13</sup>, les valeurs plafonds autorisées (PEL) publiées par Occupational Safety and Health Administration of the United States (OSHA)<sup>14</sup>, les valeurs limites d'exposition professionnelle de caractère indicatif

<sup>12</sup> Consulter : <http://www.acgih.org/TLV/> et <http://www.acgih.org/store/>

<sup>13</sup> Consulter : <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

<sup>14</sup> Consulter : [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARD&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARD&p_id=9992)

publiées par les États membres de l'Union européenne<sup>15</sup>, 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. Les chiffres enregistrés pour le projet concerné peuvent être comparés à ceux des 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)<sup>16</sup>.

### Suivi de l'hygiène et de la sécurité au travail

Il est nécessaire d'assurer le suivi des risques professionnels liés aux conditions de travail spécifiques au projet considéré. Ces activités doivent être conçues et poursuivies par des experts agréés<sup>17</sup> 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**.

<sup>15</sup> Consulter : [http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel/](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/)

<sup>16</sup> Consulter : <http://www.bls.gov/iif/> and <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

<sup>17</sup> Les professionnels 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 Références bibliographiques et autres sources d'informations

Commission européenne. 1999. Directive du Conseil 1999/13/EC 11 mars 1999 : Limitation of Emissions of Volatile Organic Compounds due to the Use of Organic Solvents in certain Activities and Installations. Bruxelles, Belgique.

Commission européenne. 2006. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques (BREF) for the Manufacture of Organic Fine Chemicals. Séville, Espagne.

FAO. 1995. Revised Guidelines on Good Labeling Practice for Pesticides. Rome: FAO. Disponible à :  
<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPP/Pesticid/r.htm>

FAO. 2002c. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides (version révisée de novembre 2002). Rome: FAO. Disponible à :  
<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPP/Pesticid/Code/Download/Code.doc>

Gouvernement fédéral allemand. 2002. First General Administrative Regulation Pertaining to the Federal Emission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft). Berlin, Allemagne.

Greene, S.A., and R.P. Pohanish. 2006. Sittig's Handbook of Pesticides and Agricultural Chemicals. William Andrew Publishing, Norwich, NY, États-Unis.

Helcom Recommendation 23/10. 2002. Reduction of Discharges and Emissions from Production and Formulation of Pesticides. Helsinki, Finlande

Ireland Environmental Protection Agency. 2006. Draft BAT Guidance Note On Best Available Techniques for the Manufacture of Pesticides, Pharmaceutical and Veterinary Products V8 Septembre 2006. Dublin, Irlande

Kirk-Othmer. 2006. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Volume 18. Pesticides. 5<sup>th</sup> publié par. John Wiley & Sons, Inc.

Marrs, T.C., and B. Ballantyne. 2004 Pesticides: An Overview of Fundamentals. John Wiley & Sons Ltd.

Ministère fédéral (allemand) de l'environnement, de la protection de la nature et de la sécurité nucléaire. 2004. Promulgation of the New Version of the Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters (Waste Water Ordinance - AbwV) 17 juin 2004. Berlin, Allemagne.

Organisation mondiale de la santé (OMS). 2005. The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification: 2004. Geneva: WHO. Disponible à  
[http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides\\_hazard/en/index.html](http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard/en/index.html) and  
[http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides\\_hazard\\_rev\\_3.pdf](http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_rev_3.pdf)

Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade (<http://www.pic.int/>)

Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. 2001. Disponible à  
<http://www.pops.int/>

UK Environmental Agency. 1999. IPC Guidance Note Series 2 (S2) Chemical Industry Sector S2 4.02: Specialty Organic Chemicals. Londres, Royaume-Uni.

Unger, T.A.. 1996. "Pesticide Synthesis Handbook", Noyes Publ., Park Ridge, NJ, États-Unis

US Environmental Protection Agency (EPA), Office of Compliance. 2000. Sector Notebook Project, "Profile of the Agricultural Chemical, Pesticide, and Fertilizer Industry", Sept. 2000. Washington

US EPA. Code of Federal Regulations Title 40: Protection of Environment. Part 63—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories. Subpart MMM—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Pesticide Active Ingredient Production. Washington.

US EPA. Code of Federal Regulations Title 40: Protection of Environment. Part 455—Pesticide Chemicals. Washington.

US EPA. Office of Water and Office of Pollution Prevention and Toxics. 1998. Pollution Prevention (P2) Guidance Manual for the Pesticide Formulating, Packaging, and Repackaging Industry: Implementing the P2 Alternative. EPA-821-B-98-017. Washington.

US EPA. Risk Reduction Engineering Laboratory and Center for Environmental Research Information. 1990. Guides to Pollution Prevention: The Pesticide Formulating Industry. EPA/625/7-90/004. Février 1999. Cincinnati, OH.

## Annexe A : Description générale de la branche d'activité

Les activités industrielles liées à la production de pesticides se déroulent en trois étapes distinctes :

- la fabrication des pesticides, qui consiste à synthétiser par le biais de procédés industriels des molécules produites ou modifiées de manière à obtenir des composés (produits actifs) ;
- la préparation des pesticides, qui a pour objet la formulation de groupes chimiques de pesticides gazeux (fumigants), solides ou liquides à partir de produits actifs ;
- le conditionnement des pesticides, c'est-à-dire des systèmes de conditionnement conçus à partir de matériaux qui permet de manipuler et d'utiliser le pesticide tout en réduisant les risques sanitaires ou environnementaux auxquels pourraient être exposés les hommes ou les écosystèmes en cas de rejet ou de ruissellement.

La fabrication, la formulation et le conditionnement des pesticides doivent s'effectuer conformément aux bonnes pratiques de fabrication, qui sont garantes de la qualité des produits et du maintien d'un environnement de travail sûr, et d'assurer la prévention des impacts environnementaux.

### Fabrication des pesticides

La fabrication des pesticides est classée dans la fabrication de chimie organique fine. Elle s'articule pour l'essentiel autour des étapes suivantes : a) préparation des produits intermédiaires ; b) introduction de groupes fonctionnels ; c) couplage et estérification ; d) procédés de séparation (lavage et désorption) ; et e) purification du produit fini (dissolution, dissolution et extraction ou ultrafiltration, par exemple). En règle générale, il faut aussi refroidir ou chauffer les produits et maintenir des conditions particulières de vide ou de pression. Toutes ces étapes, et en particulier les réactions, peuvent générer des

émissions dans l'air, des effluents et des déchets ou sous-produits.

Un grand nombre de matières premières sont utilisées dans la fabrication des pesticides. Certaines d'entre elles sont fréquemment utilisées pour fabriquer les pesticides les plus courants (chlore, cyanure d'hydrogène, sulfure de carbone, diverses amines et autres substances acides et caustiques concentrées), d'autres servent à fabriquer des familles bien précises de pesticides (chloroanilines, chloroformates, crésols, dichlorobenzènes, diéthylamine, dioxane, fluoroanilines, nitrate de zinc, sulfate de zinc, par exemple). Les produits intermédiaires sont tout aussi nombreux et divers.

Les pesticides interdits par des organisations ou des conventions internationales ne sont pas jugés acceptables<sup>18</sup> pour leur fabrication, formulation ou utilisation.

### Formulation des pesticides

Les pesticides ne sont pas utilisés à des concentrations maximales. Les opérations de formulation ont donc pour principal objectif de fabriquer un produit économique et d'utilisation pratique, qui biologiquement présente une efficacité optimale et dont les impacts sur la santé humaine et l'environnement sont aussi limités que possible. La nature de l'ingrédient/produit actif et l'utilisation à laquelle le pesticide est destiné conditionnent en grande partie le mode de préparation.

<sup>18</sup> Voir les accords internationaux sur les pesticides dont la fabrication et l'utilisation sont jugées acceptables, et notamment : le Programme international sur la sécurité des substances chimiques ; les lignes directrices pour la classification des pesticides par risque recommandée par l'OMS, y compris les corrigenda publiés au 12 avril 2005 ; et la directive 91/414/EEC de l'Union européenne concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques. La liste des pesticides interdits au sein de l'Union européenne figure dans la directive du Conseil 79/117/EEC datée du 21 décembre 1978, telle qu'amendée. La liste des pesticides interdits aux États-Unis peut être consultée sur la page du site web de l'Agence pour la Protection de l'Environnement des États-Unis (US EPA), intitulée *Regulating Pesticides* et consacrée à la réglementation des pesticides. La Convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause (PIC) applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux faisant l'objet d'un commerce international est également à consulter.

Lors de la formulation des pesticides, on procède par broyage, mélange ou dilution d'un ou de plusieurs produits actifs et inertes, afin d'obtenir un produit qui pourra être directement utilisé ou sera transformé pour obtenir le produit fini. Les produits actifs sont mélangés avec des solvants, des additifs (ou accélérateurs) et des agents véhiculeurs (excipients), ainsi qu'avec des agents anti-poussières et anti-écume, dans les quantités nécessaires pour obtenir la formulation désirée.

Les solvants utilisés dans la formulation des pesticides appartiennent aux groupes des produits chimiques polaires (kétones, esters, éthers de glycol et amides acides, entre autres) et non polaires (hydrocarbures et distillats de pétrole, par exemple). Des additifs et surfactants sont ajoutés lors de la formulation des pesticides afin d'en améliorer les performances. Les additifs les plus importants sont : les désactivateurs (substances organiques comme les kétones, les esters et les sulfoxides) ; les agents anti-agglutinants (terre diatomacée et silice synthétique) ; les lubrifiants secs (graphite en poudre, certains stéarates de métaux) ; les colloïdes protecteurs (matériaux polymères comme le polyvinyle pyrrolidone, le méthylcellulose, l'alumine) ; et les adhésifs (polyéthylène, polysulfide, notamment). Les véhiculeurs secs en poudre et les diluants les plus utilisés pour la formulation de pesticides sont les matériaux inorganiques, y compris les minéraux (diatomite, vermiculite, attapulgite, montmorillonite, talc et kaolinite, entre autres). Les véhiculeurs qui se présentent sous forme de granulés sont généralement des matières particulaires d'origine minérale ou végétale ; l'attapulgite et la montmorillonite sont les plus couramment utilisées.

La formulation de pesticides peut être sous forme gazeuse (aérosols et fumigènes), liquide et solide. Les préparations liquides regroupent les concentrés émulsifiables, les concentrés solubles, les émulsions huile dans l'eau, les concentrés fluidifiables, les concentrés en suspension à base d'huile, les suspoémulsions, les solutions et les pesticides

microencapsulés. Les préparations solides comprennent les « poudres à poudrer », les poudres mouillables, les granulés secs, les granules, les pâtes granulées, les poudres solubles et les granules dispersables dans l'eau. Il existe également des préparations à libération contrôlée (le produit actif contenu dans un véhiculeur, un liant, un absorbant ou un encapsulant polymère est libéré progressivement dans l'environnement), des aérosols, des semences traitées avec des substances chimiques, des appâts empoisonnés, des préparations encapsulées et des préparations à ultra-bas volume.

Parmi les autres composants entrant dans la formulation des pesticides, figurent les additifs (agents mouillants, adhésifs, retardateurs de dérive, stabilisateurs, pénétrants), et les synergistes comme le piperonyl butoxide couramment utilisé pour stimuler l'activité des insecticides pyréthroides.

Les principaux groupes de pesticides sont les herbicides, les fongicides, les insecticides, les rodenticides et d'autres groupes chimiques (nématocides, acaricides, biocides, bactéricides, avicides, etc.).

La formulation, le conditionnement et le reconditionnement des pesticides s'effectuent de diverses manières, notamment par le biais de procédés automatisés ou sur des chaînes de conditionnement manuel. Les produits secs sont préparés selon diverses méthodes : mélange des produits actifs en poudre ou en granulés avec des véhiculeurs secs inertes ; pulvérisation d'un produit actif liquide sur un véhiculeur sec ; trempage ou utilisation de la pression et de la chaleur pour faire pénétrer les produits actifs dans une matrice solide ; mélange des ingrédients actifs avec un monomère jusqu'à ce que le produit obtenu se polymérise en formant un solide ; séchage d'une solution contenant un produit actif jusqu'à ce qu'elle durcisse et forme un produit solide. Les chaînes de formulation des pesticides liquides sont généralement constituées de bassins de stockage ou de conteneurs, dans lesquels sont conservés les

produits actifs et les matériaux inertes, et d'un bassin de mélange qui sert à la formulation du pesticide. Le produit fini est ensuite conditionné dans des conteneurs ou des caisses, soit manuellement (chargement par gravité), soit à l'aide d'un dispositif automatisé.

## Principaux groupes de pesticides

### *Fongicides*

Les fongicides agricoles sont des produits chimiques qui permettent de prévenir ou de limiter les pertes causées par des champignons pathogènes. Ils se répartissent en deux catégories : les fongicides non systémiques et les fongicides systémiques, bien que l'on observe certains recouvrements entre ces deux groupes, notamment dans le cas des fongicides ayant un effet local de pénétration.

- Les fongicides non systémiques (également appelés fongicides de contact ou fongicides résiduels protecteurs), regroupent les composés inorganiques, les composés organométalliques, les dithiocarbamates, les N-trihalométhylthio, les phthalimides et les dicarboximides.
- Les fongicides systémiques comprennent : les organophosphates, les benzimidazoles, les carboxanilides, les phénylamides, les phosphites, les inhibiteurs de biosynthèse des stérols comme les triazoles, les imidazoles, les pyridines, les pyrimidines, les pipérazines, les morpholines et les strobilines.

### *Herbicides*

Les herbicides sont utilisés pour détruire les végétaux ou pour limiter ou retarder la croissance des végétaux. Ils regroupent :

- les inhibiteurs de croissance des végétaux ;
- les défoliants et dessiccants ;
- les herbicides foliaires de contact : a) bipyridiliums (paraquat, diquat, par exemple) ; b) benzonitriles

(bromoxynil et ioxynil, entre autres) ; c) propanil ;

d) bentazon ;

- les herbicides foliaires de translocation :
  - régulateurs de croissance, ou herbicides de la famille des auxines, et notamment : 2,4-D, MCPA, 2,4,5-T, piclorame, dicamba, clopyralide, triclopyr ;
  - inhibiteurs de synthèse des acides gras (diclofop, fluazifop-P, séthoxydime, quizalofop, tralkoxydime et cléthodime, par exemple) ;
  - glyphosate ;
  - sulfonyle-urées (chlorsulfuron, metsulfuron, sulfometuron, rimsulfuron, chlorimuron, primisulfuron, triasulfuron, etc.) ;
  - imidazolinones (imazamethabenz, imazapyr, imazaquin, imazéthapyr, notamment).

### *Insecticides*

Les insecticides regroupent un grand nombre de substances utilisées pour tuer les insectes à toutes les étapes de leur développement. On distingue principalement :

- les organochlorés (DDT et dérivés; hexachlorocyclohexane; cyclodienes; camphènes chlorés) ;
- les organophosphates (essentiellement des triesters d'acide phosphorique et d'acide phosphorothioïque, et notamment : les anhydrides d'acide phosphorique; les phosphates de vinyl ; les esters phosphorothioates aliphatiques ; les esters phosphorothioates de phénols ; les esters phosphorothioates d'énols hétérocycliques ; et les esters phosphorothioates d'hétérocycles S-méthyl) ;
- les organosulfurés ;
- les carbamates ;
- les pyréthroïdes ;
- les pyréthroïdes synthétiques (alléthrine, cyfluthrine,

deltaméthrine, analogues du chrysanthémate, par exemple) ;

- les régulateurs de croissance des insectes (insecticides biorationnels comme le méthoprène, le fenoxycarb, la buprofézine, l'hydrazine) ;
- les acaricides ;
- les biopesticides ;
- les pesticides botaniques (dérivés de végétaux) ;
- les nicotinoïdes ;
- les produits issus de la fermentation bactérienne (spinosad, abamectines, ivermectines, par exemple) ;
- les pyrroles et pyrazoles ;
- les diacylhydrazines ;
- les dinitrophénols (dinoseb, dinocap, par exemple) ;

### *Rodenticides*

Les rodenticides sont des substances toxiques utilisées pour tuer les rongeurs. Les principaux groupes de rodenticides sont :

- les rodenticides utilisés dans les appâts empoisonnés (phosphure de zinc, « red squill », calciférol, brométhaline, etc.) ;
- les anticoagulants de première génération (hydroxycoumarines, warfarine, coumafuryl, coumatétralyl, indandiones, diphacinone, chlorophacinone, par exemple) ;
- les anticoagulants de deuxième génération, et notamment les hydroxyl-coumarines (difénacoum, bromadiolone, diféthialone, brodifacoum) ;

### *Autres pesticides*

- Bactéricides : Substances utilisées pour tuer les bactéries (bactéricides) ou retarder leur croissance (bactériostats) : quinolones, fluoroquinolones, gatifloxacine et moxifloxacine, entre autres.
- Miticides, et notamment :
  - les composés issus de la diphényloxazoline ;
  - les composés issus de l'abamectine ;

○ la classe des pyridazinones.

- Les nématicides, et en particulier :
  - les hydrocarbures aliphatiques halogénés ;
  - les composés apparentés aux méthylisothiocyanates ;
  - les organophosphates ;
  - les carbamates.

### *Biopesticides*

Les biopesticides sont des pesticides dérivés de micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, champignons, protozoaires, rickettsies et nématodes). Ils sont généralement appelés « pesticides biologiques ou microbiens », par opposition aux pesticides botaniques, issus de végétaux. Les biopesticides se répartissent en trois groupes :

- les pesticides microbiens (micro-organismes utilisés pour tuer certains organismes nuisibles), et notamment les insecticides biologiques (par exemple les larvicides microbiens *Bacillus sphaericus* et *Bacillus thuringiensis israelensis*) ;
- les pesticides biochimiques (substances naturelles permettant de lutter contre les organismes nuisibles par des moyens non toxiques) ;
- les agents phytoprotecteurs intégrés (substances issues de l'introduction de matériel génétique – *Bacillus thuringiensis*, par exemple – dans un végétal).