Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires pour la production d'engrais phosphatés

Introduction

Les Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires (Directives EHS) sont des documents de références techniques qui présentent des exemples de bonnes pratiques internationales[1], 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 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 pour la production d'engrais phosphatés englobent des informations qui ont trait aux établissements qui produisent de l'acide phosphorique, du superphosphate simple (SSP), du superphosphate triple(TSP), et des engrais composés (NPK). L'Annexe A décrit en détail cette branche d'activité.

[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.

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 durant l'exploitation des installations de production d'engrais phosphatés, 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 figurent dans les **Directives EHS générales**.

1.1 Environnement

Les problèmes environnementaux qui résultent de la production d'engrais phosphatés rentrent dans les catégories suivantes :

- Émissions atmosphériques
- Eaux Usées
- Matières dangereuses
- Déchets
- Bruit

Émissions atmosphériques

Émissions des sources de combustion

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 issues des installations de production d'engrais phosphatés. Les directives concernant la gestion des émissions produites par les opérations de combustion des petites centrales ayant une puissance installée ne dépassant pas 50 MWth, y compris les normes d'émission relatives aux gaz d'échappement, figurent dans les **Directives EHS générales**. Les instructions relatives à la gestion des mesures de conservation d'énergie, qui peuvent contribuer de manière significative à réduire les émissions liées à la production d'énergie, sont également indiquées dans les **Directives EHS générales**. La fabrication d'engrais phosphatés est un processus qui consomme généralement beaucoup d'énergie produite à partir de combustibles fossiles, ce qui génère une quantité importante de gaz à effet de serre. Dans le cadre de la production de nitrophosphate, il est nécessaire d'utiliser du CO_2. On trouvera d'autres recommandations sur les l'utilisation rationnelle et la conservation d'énergie dans les **Directives EHS générales**.

Émissions résultant des processus de production d'acide phosphorique

Deux processus de production différents peuvent être utilisés pour la fabrication de l'acide phosphorique :

- Le processus par voie humide, qui est celui le plus largement utilisé dans les usines d'engrais, selon lequel les roches phosphatées sont digérées par un acide (p. ex., acide sulfurique, nitrique ou chlorhydrique). Le phosphate tricalcique provenant de la roche phosphatée réagit avec l'acide sulfurique concentré pour produire de l'acide phosphorique et du sulfate de calcium (sel insoluble) ;
- Le processus thermique, qui consiste à produire du phosphore élémentaire à partir de la roche phosphatée, du coke et de silice, dans un four à résistance électrique, et à l'oxyder et l'hydrater ensuite pour former l'acide. L'acide produit par voie thermique est extrêmement pur, mais il est également cher et, par conséquent, produit en petites

quantités, principalement pour la fabrication de phosphates industriels ;

Les émissions résultant des processus de fabrication englobent des fluorures gazeux sous forme d'acide fluorhydrique (AF) et de fluorure de silicium (SiF4), libérés au cours de la digestion de la roche phosphatée, qui possède généralement de 2 à 4 % de fluor.

Les émissions généralement associées avec le processus de production thermique d'acide phosphorique contiennent du phosphate, du fluor, des poussières, du cadmium (Cd), du plomb (Pb), du zinc (Zn), et des radionucléides (Po-210 et Pb-210). Les émissions de poussière, qui renferment du fluor insoluble dans l'eau, peuvent se produire au cours des opérations de déchargement, de stockage, de manipulation et de broyage de la roche phosphatée, qui est transférée vers les sections consacrées au stockage et au broyage par courroie transporteuse ou camion[2].

Les mesures recommandées de prévention et de maîtrise des émissions consistent, notamment, à :

- Choisir correctement la roche phosphatée (en termes de teneur en P_2O_5, teneur en F, rapport CaO/P_2O_5, et qualité physique) pour minimiser la quantité d'acide nécessaire dans le processus de production par voie humide, réduire les émissions dans l'environnement et accroître la possibilité de réutilisation du phosphogypse ;
- Sélectionner des tamis et moulins de dimension adéquate (p. ex., moulins à cylindres ou des broyeurs à chaîne) ;
- Utiliser des courroies transporteuses couvertes et un espace de stockage intérieur ;
- Mettre en application de bonnes pratiques d'entretien ménager (p. ex., nettoyer/balayer fréquemment les surfaces des installations et les quais) ;
- Récupérer les poussières issues du broyage de la roche phosphatée par le biais de filtres en tissu, de filtres en céramique et/ou de cyclones qui soient bien entretenus et utilisés de manière correcte ;
- Traiter les émissions de fluor gazeux en utilisant des systèmes d'épuration (p. ex., des tours de pulvérisation sous vide, des lits à garnissage, des systèmes à écoulements croisés et des épurateurs cycloniques à colonne). Le fluor est récupéré sous forme d'acide fluosilicique dont on extrait la silice par filtration. Une solution diluée d'acide fluosilicique (H_2SiF_6) peut être utilisée comme liquide de lavage. Il est également possible de récupérer le H_2SiF_6 pour réduire les émissions de fluor.

Émissions résultant des processus de production d'engrais phosphatés à base de superphosphate

Des émissions de poussières peuvent se produire au cours du déchargement, de la manutention, du broyage et du durcissement de la roche phosphatée, en plus des opérations de granulation et d'écrasement des superphosphates. Les émissions d'acide fluorhydrique gazeux (AF), de fluorure de silicium (SiF4), et de chlorures peuvent également provenir de l'acidulation, de la granulation et du séchage. L'ammoniac (NH_3) et les oxydes d'azote (NO_x) peuvent se produire au cours des phases de séchage et de neutralisation des engrais de nitrate d'ammonium. Par ailleurs, lors de la réaction de la roche phosphatée avec l'acide, des quantités limitées de composés organiques (y compris des thiols), présentes dans la roche phosphatée, sont libérées et peuvent causer de mauvaises odeurs.[3]

Il convient d'empêcher et de maîtriser les émissions de poussières de roche phosphatée, en adoptant des mesures similaires à celles examinées dans la section sur la production d'acide phosphorique. D'autres mesures recommandées de

[2] Document de référence sur les MTD de l'IPPC (2006) et EFMA (2000a)

[3] Document de référence sur les MTD de l'IPPC. Octobre 2006

prévention et de maîtrise des émissions consistent, notamment, à :

- Recourir à la granulation directe peut réduire les niveaux d'émissions fugitives, en comparaison avec les émissions qui résultent du durcissement provenant de la granulation indirecte. Si la granulation indirecte est utilisée, l'installation consacrée au durcissement doit consister en un système intérieur muni d'évents, raccordés à un système d'épuration ou à la section de granulation ;
- Utiliser des systèmes de refroidissement comprenant des groupes de plaques pour réduire les exigences en matière d'écoulement d'air (p. ex., à la place de tambours rotatifs ou de refroidisseurs à lit fluidisé) ;
- Envisager l'utilisation de filtres en tissu ou de cyclones à rendement élevé et/ou des filtres en tissu, plutôt qu'un système de lavage par voie humide, pour traiter l'air évacué issu de la neutralisation, de la granulation, du séchage, du revêtement, des refroidisseurs de produits et des évents installés sur le matériel, afin d'éviter de produire des eaux usées supplémentaires. L'air filtré doit être recyclé en tant qu'air de dilution dans le système de combustion du séchoir ;
- Les émissions occasionnées par le processus de granulation doivent être minimisées en munissant les systèmes de mesure liés à la distribution des produits de trémies-tampons, pour pouvoir contrôler le recyclage de la granulation.

Émissions en provenance des processus de production d'engrais composés

Les engrais NPK sont généralement produits à partir d'acides mélangés ou de nitrophosphate. Les émissions atmosphériques dues au NPK produit par le biais de la filière des acides mélangés englobent des émissions d'ammoniac causées par les réacteurs d'ammonisation ; des oxydes d'azote (NO_X), principalement du NO et du NO_2 avec une petite quantité d'acide nitrique, issus de la digestion de la roche phosphatée par l'acide nitrique ; des fluorures générées par les réactions de la roche phosphatée ; des émissions d'aérosols, y compris du nitrate d'ammonium (NH_4NO_3), du fluorure d'ammonium (NH_4F), et du chlorure d'ammonium (NH_4Cl), qui se forment au cours de la réaction de neutralisation en phase gazeuse entre l'ammoniac et les composants acides, et de la sublimation du mélange réactionnel bouillant ; et des poussières d'engrais produites par les tambours de séchage et de refroidissement et causées par d'autres sources (p. ex., les tamis, les broyeurs et les courroies transporteuses).

Les émissions atmosphériques provenant du NPK produit en utilisant la filière du nitrophosphate sont semblables à celles examinées pour la filière des acides mélangés ; cependant, elles englobent également des émissions d'aérosols (p. ex., en provenance du séchoir et de l'appareil de granulation) de chlorure d'ammonium (NH_4Cl), qui proviennent de la réaction de l'ammoniac et du chlorure d'hydrogène (HCl) quand le chlorure de potassium (KCl) est ajouté à la poudre.[4] Les autres émissions atmosphériques importantes comprennent l'ammoniac produit par la neutralisation de l'acide nitrophosphorique. Les émissions d'ammoniac peuvent également provenir de l'unité de conversion du tétrahydrate de nitrate de calcium (CNTH, formule empirique : $Ca(NO_3)_2*4H_2O$), de l'unité d'évaporation du nitrate d'ammonium (NA, formule empirique : NH_4NO_3), et des unités de granulation ou de perlage. Des aérosols de nitrate d'ammonium peuvent également se former au cours des diverses étapes de la production, et des émissions de chlorure d'hydrogène (HCl) peuvent être présentes dans les gaz qui s'échappent des appareils de granulation à tambour, des cyclones et des systèmes d'épuration.[5]

[4] Ces émissions peuvent causer le dénommé « effet Tyndall », causant l'apparition d'une brume bleue au niveau de la cheminée.
[5] Document de référence sur les MTD de l'EIPPCB (2006) et EFMA (2000b,c)

Les mesures préconisées pour prévenir et maîtriser les émissions atmosphériques consistent à :

- Réduire l'émission de NO_X provenant de l'utilisation d'acide nitrique destiné à digérer la roche phosphatée en contrôlant la température du réacteur,[6] en optimisant le rapport roche/acide et en ajoutant une solution d'urée ;
- Traiter les gaz du réacteur de digestion dans une tour d'épuration à vaporisation pour récupérer le NO_X et les composés fluorés. Le pH peut être ajusté en ajoutant de l'ammoniac ;
- Réduire le NO_x et les émissions d'odeurs en choisissant de la roche phosphatée de première qualité, à faible teneur en composés organiques et sels de fer ;
- Contrôler les émissions de matières particulaires, comme cela est indiqué dans la section sur la production d'acide phosphorique ;
- Empêcher et/ou contrôler les émissions résultant des processus de granulation et de refroidissement du produit en adoptant les mesures suivantes :
    - Laver les gaz provenant de l'appareil de granulation et du séchoir dans des épurateurs à Venturi, en faisant recirculer la solution de phosphate d'ammonium ou de sulfo-phosphate d'ammonium ;
    - Rejeter les gaz épurés par le biais de colonnes cycloniques irriguées par une solution acide ;
    - Utiliser des cyclones à haut rendement pour retirer les particules des gaz du séchoir avant l'épuration ;
    - Recycler l'air rejeté par le matériel de refroidissement comme air secondaire pour le séchoir, après le dépoussiérage ;
    - Traiter les émissions d'ammoniac en les lavant avec des solutions acides ;
- Contrôler les émissions de fluor à l'aide de systèmes d'épuration, comme cela est indiqué pour la production d'acide phosphorique ;
- Réduire les émissions atmosphériques issues de la digestion de la roche phosphatée, du lavage du sable et de la filtration CNTH, en effectuant les contrôles appropriés (p. ex., épuration à plusieurs étapes, conversion en cyanures) ;
- Retirer l'ammoniac contenue dans les effluents gazeux résultant des étapes de neutralisation nitrophosphorique par le biais d'épurateurs à contre courant, en veillant à ajuster le pH aux conditions de lavage les plus efficaces (pH 3-4) et utiliser un mélange de HNO_3 et/ou H_2SO_4 ;
- Traiter les émissions d'ammoniac provenant des unités de granulation/séchage en les épurant avec des solutions acides ;
- Minimiser le contact entre les déchets contenant du NO_X et ceux renfermant du NH_3 pour empêcher la formation d'aérosols dans le cadre de la filière du nitrophosphate NPK ;
- Limiter les émissions d'aérosols en installant des cyclones et des épurateurs;
- Réduire les émissions de fluorures en recyclant l'air chaud.

Émissions fugitives

Les émissions fugitives proviennent généralement de fuites au niveau des canalisations et des tuyaux, des soupapes, des raccordements, des brides et joints d'étanchéité, des lignes à extrémité libre, des toits flottants des réservoirs, des garnitures de pompes, des systèmes d'acheminement des gaz, des joints des compresseurs, des soupapes de décharge, des citernes ou des bacs ou conteneurs ouverts et, d'une manière générale, des opérations de chargement et de déchargement.

[6] Une température élevée aboutit à une formation excessive de NO_X.

Les mesures recommandées pour réduire la génération d'émissions fugitives consistent à :

- Choisir des soupages, des brides, des accessoires appropriés au cours de la conception, de l'exploitation et des opérations de maintenance ;
- Mettre en application des programmes de suivi, de maintenance et de réparation, en particulier dans les boîtes à garniture des tiges de soupape et les sièges des soupapes de décharge, pour réduire ou éliminer les émissions accidentelles ;
- Installer des systèmes de détection et de suivi continu dans tous les emplacements sensibles ;
- Il faut éviter d'avoir recours à des évents ouverts sur les toits de citernes en installant des soupapes d'échappement. Tous les postes de stockage et de déchargement doivent être équippés d'unités de récupération de la vapeur. Les systèmes de traitement de la vapeur peuvent comprendre différentes composantes, notamment pour l'adsorption sur carbone, la réfrigération, l'oxydation thermique et les unités d'absorption des huiles pauvres.

Eaux Usées

Effluents - Production d'acide phosphorique

Les effluents provenant des usines d'acide phosphorique renferment les rejets des condensateurs des appareils de refroidissement par le vide et des systèmes de lavage des gaz, utilisés pour condenser et nettoyer les vapeurs émises par les opérations de transformation. Les vapeurs acides condensées peuvent contenir du fluor et de petites quantités d'acide phosphorique. L'eau des boues liquides utilisée pour transporter le phosphogypse, sous-produit de la production d'acide phosphorique par voie humide, peut être libérée en tant qu'effluent si elle n'est pas remise en circulation dans le processus. Les émissions contenues dans l'eau, lors de l'élimination du gypse, peuvent renfermer une quantité considérable d'impuretés, comme des composés du phosphore et du fluor, du cadmium et d'autres métaux lourds, et des radionucléides. Le drainage provenant des piles de stockage des matériaux peut contenir des métaux lourds (p. ex., Cd, mercure [Hg], et Pb), des fluorures et de l'acide phosphorique. Les émissions dans l'eau liées au processus thermique de production d'acide phosphorique peuvent englober des composés du phosphore et du fluor, des poussières, des métaux lourds, et des radionucléides (p. ex., Po-210 et Pb-210). Les mesures de gestion recommandées consistent, notamment, à[7] :[8]

- Choisir de la roche phosphatée contenant des niveaux faibles d'impuretés pour produire du gypse propre et réduire les impacts potentiels dus à l'élimination du gypse ;
- Envisager des systèmes de réduction de la pollution atmosphérique par voie sèche (vs l'épuration par voie humide) pour réduire la génération d'eaux usées. Pour réduire les émissions de fluor, la mise en place d'épurateurs avec des liquides de lavage appropriés peut s'avérer nécessaire ;
- Récupérer le fluor libéré par le réacteur et les évaporateurs en tant que sous-produit commercial (acide fluosilicique) ;
- Les liquides de lavage des épurateurs doivent être éliminés après avoir été neutralisés avec de la chaux ou de la calcine, afin de précipiter le fluor sous forme de fluor de calcium solide, lorsqu'il n'est pas nécessaire de récupérer le fluor ;
- Recycler l'eau utilisée pour transporter le phosphogypse dans le processus, après avoir observé un stade de décantation ;

[7] Document de référence sur les MTD de l'IPPC (2006) et EFMA (2000a)
[8] Document de référence sur les MTD de l'IPPC (2006) et EFMA (2000a)

- Dans la mesure de sa disponibilité, envisager d'utiliser l'eau de mer comme liquide de lavage, pour faciliter la réaction du fluor en fluor de calcium inoffensif ;
- Minimiser la contamination de l'effluent de l'épurateur par du pentoxyde de phosphore (P_2O_5), en transportant les vapeurs issues des appareils de refroidissement instantané par le vide et des dispositifs d'évaporation par le vide vers un séparateur pour retirer les gouttelettes d'acide phosphorique ;
- Minimiser la contamination de l'effluent de l'épurateur par du pentoxyde de phosphore (P_2O_5), en utilisant des séparateurs par entraînement. Il est possible de procéder à un retrait supplémentaire de phosphate en appliquant du phosphate de magnésium et d'ammonium (struvite) ou par précipitation de phosphate de calcium ;
- Envisager le retrait du cadmium contenu dans le H_3PO_4, à hauteur de 95 % par extraction réactive, en employant un solvant organique.

Effluents – production d'engrais à base de superphosphate

Les eaux usées dans le cadre de la production d'engrais phosphatés proviennent principalement des systèmes d'épuration par voie humide qui servent à traiter les effluents gazeux. Les contaminants peuvent comprendre des solides filtrables, du phosphore total, de l'ammoniac, des fluorures, des métaux lourds (p. ex., Cd, Hg, Pb) et une demande chimique en oxygène (DCO). Le recyclage des liquides de lavage dans le processus doit être maximisé. La production de roche phosphatée transformée par acidification (PAPR), qui correspond à un produit d'engrais composé de superphosphate et de roche phosphatée, et de produits à base de superphosphate (SSP) et de superphosphate triple (SPT) peut permettre de réduire les volumes d'eaux usées[9].

Effluents – production d'engrais composés

Les effluents se limitent généralement aux établissements NPK qui pratiquent la filière des acides mixtes, et consistent principalement en eaux usées provenant de la granulation et du lavage des gaz d'échappement.

Les effluents des établissements NPK qui utilisent la filière du nitrophosphate peuvent contenir de l'ammoniac, du nitrate, des fluorures et du phosphate. L'ammoniac est présent dans les effluents des condensats issus de l'évaporation du nitrate d'ammonium ou de la neutralisation de la solution acide de nitrophosphate. Les solutions qui contiennent du nitrate d'ammonium doivent être pompées avec prudence pour limiter les risques d'explosions. Les principales sources des niveaux de nitrate et de fluorure dans les effluents sont les liquides de lavage provenant de la digestion du phosphate et du lavage du sable (retiré du processus de boues liquides). Le lavage du sable apporte également du phosphate dans les eaux résiduaires.

Les mesures de gestion des eaux résiduaires recommandées consistent, notamment, à [10]:

- Recycler le liquide de lavage du sable pour réduire les niveaux de phosphate dans les effluents ;
- Éviter la co-condensation des vapeurs produites par l'évaporation du nitrate d'ammonium ;
- Recycler le liquide de lavage du NO_X pour réduire les niveaux d'ammoniac, de nitrate, de fluorure et de phosphate ;
- Recycler les liquides de lavage qui résultent de l'épuration des gaz d'échappement provenant de la neutralisation ;

[9] Document de référence sur les MTD de l'IPPC (2006)
[10] Document de référence sur les MTD de l'IPPC (2006) et EFMA (2000b,c)

- Envisager de réutiliser les effluents comme moyen d'épuration ;
- Traiter les liquides de lavage des diverses étapes, après circulation, par décantation (séparation des solides) et recycler la portion épaissie dans les réacteurs ;
- Songer au traitement combiné des gaz d'échappement issus de la neutralisation, de l'évaporation et de la granulation. Cela permet le recyclage de tous les liquides de lavage dans le processus de production et réduit la génération d'eaux usées ;
- Soumettre les eaux usées à un traitement biologique comprenant la nitrification/dénitrification et la précipitation des composés du phosphore.

Traitement des eaux usées issues des procédés

Les techniques de traitement des eaux usées issues des procédés industriels dans cette branche d'activité englobent la filtration pour séparer les solides filtrables ; l'équilibrage de l'écoulement et de la charge ; la sédimentation pour réduire les solides en suspension en utilisant des clarificateurs ; le retrait du phosphate en utilisant des méthodes de traitement physico-chimiques ; le retrait de l'ammoniac et de l'azote en faisant appel à des méthodes de traitement physico-chimiques ; la déshydratation et l'élimination des résidus dans des décharges de déchets désignées. Des contrôles d'ingénierie supplémentaires peuvent être nécessaires pour i) le retrait du fluorure et ii) le retrait avancé des métaux en utilisant la filtration sur membrane ou d'autres technologies de traitement physiques/chimiques.

La gestion des eaux industrielles est traitée dans les **Directives EHS générales**, qui présentent des exemples de modes de traitement. En ayant recours à ces technologies et en suivant les bonnes pratiques en matière de gestion des eaux usées, les installations devraient satisfaire aux directives pour les valeurs des décharges des eaux usées portées dans le tableau pertinent de la section 2 du 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 écoulements d'eau contaminée doivent être acheminés de manière à passer par le système de traitement des eaux usées industrielles. Des recommandations pour réduire la consommation d'eau, en particulier dans le site où les ressources naturelles en eau sont limitées, sont fournies dans les **Directives EHS générales**.

Matières dangereuses

Les usines de fabrication d'engrais phosphatés utilisent, stockent et distribuent des quantités importantes de matériaux dangereux (p. ex., acides et ammoniac). 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**. La fabrication et la distribution des matériaux doivent s'effectuer conformément aux exigences internationales applicables dans le cadre de leur champ d'application.[11]

Déchets

Des déchets solides non dangereux peuvent être générés par les procédés de fabrication d'engrais phosphatés, y compris le phosphogypse provenant de la production d'acide phosphorique par voie humide, et le sable de quartz issu de la production de NPK utilisant la filière du nitrophosphate. Le sable de quartz doit être séparé, lavé et recyclé en tant que matériau de construction. Des quantités limitées de déchets dangereux sont générées par les procédés de fabrication des engrais

[11] Par exemple, la Convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause (PIC) applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux.

phosphatés. En plus des informations spécifiques à cette branche d'activité indiquées ci-après, des instructions supplémentaires sur la gestion des déchets dangereux et non dangereux figurent dans les **Directives EHS générales**.

Phosphogypse

Le phosphogypse est le sous-produit le plus important dans la production d'acide phosphorique par voie humide (environ 4 à 5 tonnes de phosphogypse sont produites par tonne d'acide phosphorique, sous forme de P_2O_5, produite[12]). Le phosphogypse renferme une grande variété d'impuretés (acidité résiduelle, composés de fluor, traces d'éléments comme le mercure, le plomb et des composés radioactifs[13]). Ces impuretés et quantités considérables de phosphate sont susceptibles d'être libérées dans l'environnement (sol, eaux souterraines et eaux de surface). Les mesures de prévention et de maîtrise de la pollution propres à cette branche d'activité consistent notamment à prendre les dispositions suivantes[14] :

- En fonction de son caractère dangereux potentiel (p. ex., émission ou non émission de radon), le phosphogypse peut être traité pour améliorer sa qualité et le réutiliser (p. ex., comme matériau de construction). Les options envisageables comprennent :
  - La production d'un phosphogypse plus propre à partir de matières premières (roche phosphatée) qui ont de faibles niveaux d'impuretés ;
  - Le repulpage.
- Utilisation du procédé dihydrate amélioré de recristallisation avec une filtration en deux stades ;
- Si le phosphogypse ne peut pas être recyclé en raison du manque de disponibilité d'alternatives commerciales et de techniques viables, il doit être géré comme déchet industriel dangereux ou non dangereux, en fonction de ses caractéristiques, conformément aux instructions des **Directives EHS générales.**[15] D'autres alternatives de gestion peuvent inclure son utilisation comme matériau de remblayage pour les mines, son empilage à l'état sec[16], et son empilage à l'état humide.

Bruit

Le bruit est produit par les grosses machines rotatives, y compris les compresseurs et les turbines, les pompes, les moteurs électriques, les refroidisseurs d'air, les tambours rotatifs, les « sphérodiseurs » (appareils de granulation), les courroies transporteuses, les grues et les unités chauffantes à combustion ; il peut également être généré lors d'une dépressurisation d'urgence. On trouvera des recommandations concernant la gestion du bruit dans les **Directives EHS générales**.

1.2 Hygiène et sécurité au travail

Les problèmes d'hygiène et de sécurité au travail susceptibles de se poser durant la construction et le démantèlement des installations de production d'engrais phosphatés sont semblables à ceux rencontrés dans d'autres installations industrielles, et les mesures à prendre pour gérer ces problèmes sont décrites dans les **Directives EHS générales**.

Les questions d'hygiène et de sécurité au travail propres à chaque installation doivent être identifiées sur la base d'une analyse de la sécurité au travail ou d'une évaluation globale des

[12] Le gypse renferme une grande variété d'impuretés (acidité résiduelle, composés de fluor, traces d'éléments comme le mercure, le plomb et des composés radioactifs[12]). Document de référence sur les MTD de l'IPPC (2006)
[13] La roche phosphatée, le phosphogypse et les effluents produits par les usines d'acide phosphorique ont généralement une radioactivité plus faible que les valeurs d'exemption données dans les réglementations et directives internationales concernées (par exemple, Directive UE 96/26/EURATOM)
[14] Document de référence sur les MTD de l'IPPC (2006) et EFMA (2000a,b,c)

[15] La classification du phosphogypse en tant que déchet dangereux ou non dangereux peut dépendre du niveau d'émissions de radon du matériau. Le retrait de ce matériau, après avoir été empilé, et son élimination ultérieure peuvent être soumis à des exigences réglementaires spécifiques selon la juridiction pertinente.
[16] Il faut noter que l'empilage à l'état sec n'élimine pas les infiltrations d'eau acide, sauf dans les climats très arides.

risques, en utilisant une méthode établie telle qu'une étude d'identification des risques [HAZID], une étude sur les risques et l'exploitabilité [HAZOP] ou une évaluation quantitative des risques [QRA]. 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, biologique et radiologiques pour la santé et la sécurité, tels qu'ils sont décrits dans les **Directives EHS générales**.

Les risques les plus significatifs en matière d'hygiène et de sécurité au travail sont associés à l'exploitation des installations de production d'engrais phosphatés et rentrent dans les catégories suivantes :

- Sécurité des opérations
- Risques chimiques
- Décomposition, incendies et explosions

Sécurité des opérations

Des protocoles garants de la sécurité des opérations doivent être suivis en raison des caractéristiques propres à cette branche d'activité, qui fait intervenir des réactions chimiques complexes, l'utilisation de matières dangereuses (ex. matières toxiques, réactives, inflammables ou explosives) et des réactions à plusieurs étapes.

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

- Évaluer les dangers physiques que les matériaux utilisés et les réactions chimiques peuvent présenter ;
- Réaliser des analyses des risques liés aux pratiques de chimie industrielle et d'ingénierie utilisées, y compris en matière de thermodynamique et de cinétique ;
- Examiner les procédures d'entretien préventif et l'intégrité mécanique des installations et des équipements industriels ;
- Former les travailleurs de manière adéquate ;
- Formuler des consignes d'exploitation et des procédures d'intervention d'urgence.

Risques chimiques

L'ammoniac et les vapeurs d'acides, en particulier le HF, sont des produits chimiques toxiques qui sont fréquemment présents dans les usines d'engrais phosphatés. Les valeurs limites liées aux impacts sur la santé figurent dans les directives sur les expositions publiées à l'échelon international (voir Suivi ci-après). En plus des instructions sur l'exposition chimique données dans les **Directives EHS générales**, les mesures de prévention et de maîtrise de l'exposition chimique recommandées pour cette branche d'activité consistent à :

- Éviter le contact des acides avec des substances très caustiques. La réaction qui en résulte est exothermique et peut causer des éclaboussures ;
- Contrôler l'accumulation de fluorure dans les réservoirs de stockage de l'acide phosphorique ;
- Installer des détecteurs de gaz dans les aires dangereuses ;
- Prévoir une ventilation adéquate (p. ex., systèmes d'extraction et de filtration de l'air) dans tous les espaces où des produits sont fabriqués, stockés et manipulés ;
- Fournir une formation adéquate et un équipement de protection individuel au personnel, comme cela est indiqué dans les **Directives EHS générales**.

Décomposition, incendies et explosions

Les dangers liés à la décomposition[17], aux incendies et aux explosions peuvent provenir des explosions des pompes à boues liquides dues à un mauvais écoulement dans la pompe ou une conception incorrecte ; de la décomposition des boues en raison d'un faible pH, d'une température élevée et des matières premières contaminées ; et de la génération de gaz d'hydrogène due au contact d'acide phosphorique avec des métaux ferreux.

Le risque de décomposition, d'incendies et d'explosions peut être minimisé en adoptant les mesures suivantes[18] :

- Limiter le stock d'ammoniac et d'acides nitrique et sulfurique autant que possible ;
- Procéder à l'approvisionnement par le biais d'une conduite dans les complexes chimiques intégrés ;
- Maîtriser le risque de décomposition de l'engrais NPK en contrôlant la température pendant la production, en ajustant les formulations, et en réduisant les impuretés. Éviter l'accumulation des composés sur les ailettes d'entrée des séchoirs et veiller à assurer un profil de température uniforme pour l'entrée d'air ;
- Séparer les aires de traitement, les aires de stockage, les zones de services généraux et les zones de sécurité, et adopter des distances de sécurité ;
- Mettre en application des opérations et des procédures bien contrôlées pour éviter les mélanges de gaz et de boues liquides dangereux ;
- Concevoir le stockage du NPK conformément aux instructions et exigences reconnues à l'échelon international[19]. Mettre en place un système adéquat de détection et de lutte contre les incendies ;
- Nettoyer les aires de stockage avant d'y introduire tout engrais. Nettoyer les déversements dès que cela est pratiquement faisable. Éviter la contamination des engrais par des substances organiques au cours du stockage ;
- Ne pas stocker les engrais à proximité des sources de chaleur, en plein soleil, ou dans des conditions sujettes à des cycles thermiques ;
- Éviter le contact entre acide phosphorique et composant en fer. Utiliser de l'acier inoxydable pour les composants qui risquent d'être en contact avec l'acide.

1.3 Santé et sécurité de la population

Les instructions relatives à la gestion des impacts sur la santé et la sécurité de la population pendant les phases de construction et de démantèlement qui sont semblables à celles des autres établissements industriels de grande envergure sont examinées dans les **Directives EHS générales**.

Les risques les plus importants pour la santé et la sécurité de la population au cours de l'exploitation des établissements d'engrais phosphatés ont trait à la gestion, au stockage et à l'expédition des matières et produits dangereux, y compris le potentiel de fuites/ émissions accidentelles de gaz toxiques et inflammables, et l'élimination des déchets (p. ex., le phosphogypse, les produits hors spécification, les boues liquides). La conception et l'exploitation des usines 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 :

- Identifier des scénarios raisonnables de fuites dues à la conception ;

[17] La fabrication, le stockage et le transport des engrais NPK peuvent générer un risque lié à la décomposition auto-entretenue des composés d'engrais renfermant du nitrate d'ammonium à des températures supérieures à 130°C[17]. La décomposition dépend de la classe du produit et des formulations, et peut libérer des quantités importantes de fumées toxiques.

[18] EFMA. 2000b,c

[19] Voir par exemple les directives relatives aux engrais de la CE, CE76/116 et CE80/876, et la directive SEVESO 96/82/CE.

- Évaluer les effets de fuites potentielles sur les zones avoisinantes et, en particulier, les risques de pollution des nappes phréatiques et des sols ;
- Évaluer les risques potentiels dus au transport des matières dangereuses et choisir les itinéraires de transport les plus appropriés pour minimiser les risques à l'égard des communautés et des tiers ;
- Choisir l'emplacement de l'usine en tenant compte des espaces habités, des conditions météorologiques (p. ex., directions des vents dominants), et des ressources en eau (p. ex., vulnérabilité des eaux souterraines). Identifier des distances sécuritaires entre le lieu de l'usine, en particulier les parcs de réservoirs de stockage, et les espaces sociaux ;
- Définir les mesures de prévention et d'atténuation des risques à prendre ;
- 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**.

2.0 Indicateurs de performance et suivi des résultats

2.1 Environnement

Directives pour les émissions et les effluents

Les Tableaux 1 et 2 présentent les directives pour les émissions et les effluents dans cette branche d'activité. 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 qui ont des cadres réglementaires reconnus. Ces directives sont réalisables, dans le cadre de conditions d'exploitation normales, dans les établissements conçus et exploités de manière appropriée qui appliquent les techniques de prévention et de contrôle de la pollution examinées dans les sections précédentes de ce document.

Les directives relatives aux effluents s'appliquent aux effluents traités et rejetés directement dans les eaux de surface destinées à une utilisation générale. Les niveaux de rejets propres à un site donné peuvent être établis lorsqu'il existe des systèmes de collecte et de traitement des eaux usées gérés par le secteur public, selon les conditions dans lesquelles ils sont utilisés, ou dans le cas de rejets directs dans les eaux de surface, selon la classification de l'utilisation des eaux réceptrices telle qu'elle est décrite dans les **Directives EHS générales**. Les niveaux indiqués doivent être atteints, pour des effluents non dilués, pendant au moins 95% du temps pendant lequel l'usine ou l'unité fonctionne, 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 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 mwth 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**.

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 normales ou anormales d'exploitation. Les activités de suivi des impacts environnementaux doivent se fonder sur des indicateurs directs ou indirects des émissions, des effluents et de l'utilisation des ressources applicables au projet considéré. Les activités de suivi doivent être suffisamment fréquentes pour fournir des données représentatives sur les paramètres considérés. Les activités de suivi 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**.

Tableau 1. Directives concernant les émissions atmosphériques des usines d'engrais phosphatés

Polluant	Unité	Valeur donnée dans les directives
Usines d'acide phosphorique		
Fluorures (gazeux) en tant que HF	mg/Nm³	5
Matières particulaires	mg/Nm³	50
Usines d'engrais phosphatés		
Fluorures (gazeux) en tant que HF	mg/Nm³	5
Matières particulaires	mg/Nm³	50
Ammoniac	mg/Nm³	50
HCl	mg/Nm³	30
NO_X	mg/Nm³	500 unités de nitrophosphate 70 unités d'acides mélangés

Tableau 2. Directives concernant les effluents des usines d'engrais phosphatés

Polluant	Unité	Valeur donnée dans les directives
pH	S.U.	6-9
Phosphore total	mg/L	5
Fluorures	mg/L	20
	kg/ton NPK	0,03
	kg/tonne oxyde phosphorique (P_2O_5)	2
MES	mg/L	50
Cadmium	mg/L	0,1
Azote total	mg/L	15
Ammoniac	mg/L	10
Métaux totaux	mg/L	10

Utilisation des ressources, consommation d'énergie, volume d'émission et production de déchets

On trouvera au tableau 3 des exemples d'indicateurs de consommation de ressources en eau et en énergie dans ce secteur. Le tableau 4 donne des exemples d'indicateurs de production d'émissions et de déchets. Les valeurs de référence utilisées 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 de ressources et d'énergie

Produit	Unité	Référence industrielle
Acide phosphorique	Tonne roche phosphatée/tonne P_2O_5	2,6-3,5 (1)
	Tonne H_2SO_4/tonne P_2O_5	2,1-2,3 (1)
	KWh/tonne P_2O_5	120-180 (1)
	m³ eau de refroidissement/tonne P_2O_5	100-150 (1)
NPK A	KWh/tonne NPK	30-33 (1)(2)
	Énergie totale pour séchage MJ/tonne	300-320 (1)(2)

	NPK	
NPK B	KWh/tonne NPK	50 (1)(2)
	Énergie totale pour séchage MJ/tonne NPK	450 (1)(2)
NPK C	KWh/tonne NPK	50-109 (2)
NPK C	m^3 eau de refroidissement/tonne NPK	17 (2)
NPK C	Tonne CO_2 requise/tonne P_2O_5	1(1)(2)
SSP	KWh/tonne SSP	19-34 (2)
SSP	m^3 eau/tonne SSP	0,1-2 (2)

Notes :
USINES NPK A Granulation avec un réacteur tubulaire et un tambour avec ammonisation
USINES NPK B Processus avec acides mélangés
USINES NPK C Processus au nitrophosphate
1. European Fertilizer Manufacturers Association (EFMA). 2000.
2. IPPC UE – Document de référence sur les meilleures techniques disponibles pour la fabrication des produits chimiques inorganiques en grands volumes – fabrication industrielle de l'ammoniac, des acides et des engrais. Décembre 2006

Tableau 4.4. Émissions, Effluents et génération de déchets

Paramètre	Unité	Référence industrielle
Usines d'acide phosphorique		
Fluorure SO_2	mg/Nm^3kg/ton HF	5–300.001 – 0.01
Génération de déchets solides (phosphogypse) (procédé thermique/par voie humide)	tonne/tonne P_2O_5	3,2/4-5 (1)
Production de NPK – Processus au nitrophosphate		
Émissions atmosphériques NH_3	kg/tonne P_2O_5	0,2
Émissions atmosphériques NO_X (en tant que NO_2)	kg/tonne P_2O_5	1,0
Émissions de fluorures	kg/tonne P_2O_5	0,01
Effluents d'azote totaux	kg/tonne P_2O_5	0,001 – 0,01
Effluents P_2O_5	kg/tonne P_2O_5	1,2
Effluents de fluorures	kg/tonne P_2O_5	0,7
Production de NPK – Processus avec acides mélangés		
Émissions atmosphériques NH_3	kg/tonne NPK	0,2
Émissions atmosphériques NO_X (en tant que NO_2)	kg/tonne NPK	0,3
Émissions de fluorures	kg/tonne NPK	0,02
Émissions de poussière	kg/tonne NPK	0,2
Effluents d'azote totaux	kg/tonne NPK	0,2
Effluents de fluorures	kg/tonne NPK	0,03
Émissions atmosphériques de fluorures	mg/Nm^3	0,4-4
Émissions atmosphériques de poussière	mg/Nm^3	30-50
Émissions atmosphériques de chlorure	mg/Nm^3	19-20

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)[20], *Pocket Guide to Chemical Hazards* publié par United States National Institute for Occupational Health and Safety (NIOSH)[21], les valeurs plafonds autorisées (PEL) publiées par Occupational Safety and Health Administration of the United States (OSHA)[22] l, les valeurs limites d'exposition professionnelle de caractère indicatif publiées par les États membres de l'Union européenne [23], 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)[24].

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 professionnels agréés[25] 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 évènements 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**.

[20] Consulter: http://www.acgih.org/TLV/ et http://www.acgih.org/store/
[21] Consulter: http://www.cdc.gov/niosh/npg/
[22] Consulter : http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992
[23] Consulter: http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/
[24] Consulter http://www.bls.gov/iif/ and http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm

[25] 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 in Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids and Fertilizers. Seville: EIPPCB. Disponible à http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

European Fertilizer Manufacturer's Association (EFMA). 2000a. Best Available Techniques (BAT) Production of Phosphoric Acid (Booklet No. 4). Bruxelles: EFMA. Disponible à http://www.efma.org/Publications/

EFMA. 2000b. BAT Production of NPK Fertilizers by the Nitrophosphate Route (Booklet No. 7). Bruxelles: EFMA. Disponible à http://www.efma.org/Publications/

EFMA. 2000c. BAT Production of NPK Fertilizers by the Mixed Acid Route (Booklet No. 8). Bruxelles: EFMA. Disponible à http://www.efma.org/Publications/

EFMA and International Fertilizer Industry Association (IFA). 1992. Handbook for the Safe Storage of Ammonium Nitrate Based Fertilizers. Zurich/Paris: EFMA/IFA. Disponible à http://www.efma.org/publications/

German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2004. Waste Water Ordinance – AbwV. (Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters). Promulgation of the New Version of the Waste Water Ordinance of 17 June 2004. Berlin: BMU. Disponible à http://www.bmu.de/english/water_management/downloads/doc/3381.php

German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2002. First General Administrative Regulation Pertaining to the Federal Emission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft). Berlin: BMU. Disponible à http://www.bmu.de/english/air_pollution_control/ta_luft/doc/36958.php

United Kingdom (UK) Environmental Agency. 2002. Sector Guidance Note Integrated Pollution Prevention and Control (IIPC) S4.03. Guidance for the Inorganic Chemicals Sector. Bristol: Environment Agency. Disponible à http://www.environment-agency.gov.uk/business/444304/1290036/1290086/1290209/1308462/1245952/

International Fertilizer Industry Association (IFA) / Programme des Nations Unies pour le développement (PNUE) / Organisation des Nations Unies pour le développement industriel '(ONUDI). 1998. The Fertilizer Industry's Manufacturing Processes and Environmental Issues. (Technical Report No. 26, Part 1). Paris: IFA/PNUE/ONUDI.

United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). 1995. Office of Compliance. Sector Notebook Project. Profile of the Inorganic Chemical Industry. Washington, DC: US EPA. Disponible à http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/inorganic.html

US EPA. 40 CFR Part 60, Standards of Performance for New and Existing Stationary Sources: Subpart T—Standards of Performance for the Phosphate Fertilizer Industry: Wet-Process Phosphoric Acid Plants. Washington, DC: US EPA. Disponible à http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/

US EPA. 40 CFR Part 60, Standards of Performance for New and Existing Stationary Sources: Subpart W—Standards of Performance for the Phosphate Fertilizer Industry: Triple Superphosphate Plants. Washington, DC: US EPA. Disponible à http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/

US EPA. 40 CFR Part 63, National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories: Subpart AA—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from Phosphoric Acid Manufacturing Plants. Washington, DC: US EPA. Disponible à http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/

US EPA. 40 CFR Part 418 Fertilizer Manufacturing Point Source Category. Subpart A—Phosphate Subcategory. Washington, DC: US EPA. Disponible à http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/

US EPA. 40 CFR Part 418 Fertilizer Manufacturing Point Source Category. Subpart G—Mixed and Blend Fertilizer Production Subcategory. Washington, DC: US EPA. Disponible à http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/

US EPA. 40 CFR Part 422 Phosphate Manufacturing Point Source Category. Washington, DC: US EPA. Disponible à http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/

Annexe A - Description générale des activités

Un complexe industriel moderne de fabrication d'engrais phosphatés se caractérise par une production en grande quantité, et il est habituellement hautement intégré, produisant à l'amont (p. ex., de l'ammoniac et des acides comme les acides nitrique, sulfurique et phosphorique) et à l'aval (p. ex., du nitrate d'ammonium et de l'ammonitrate de calcium), dans le but d'optimiser le coût de la production, la logistique, et la protection en matière sécuritaire et environnementale (Figure A.1). Les usines d'engrais phosphatés peuvent produire du superphosphate simple (ou normal) (SSP) et du superphosphate triple (TSP) ; des engrais mélangés comme le phosphate de monoammonium (MAP) et le phosphate de diammonium (DAP) ; et toutes les catégories d'engrais composés (NPK), en utilisant la filière du nitrophosphate/acide nitrique et la filière de l'acide mélangé/acide sulfurique. Les établissements sont généralement équipés d'un réseau de distribution de vapeur et d'énergie électrique intégré qui dessert toutes les usines et qui est alimenté par une chaudière à vapeur et une centrale électrique principale. Une usine de traitement des eaux usées est habituellement présente.

Acide sulfurique

L'acide sulfurique (H_2SO_4) est utilisé dans le secteur des engrais phosphatés pour produire de l'acide phosphorique. L'acide sulfurique est fabriqué principalement à partir de dioxyde de soufre (SO_2), produit par la combustion de soufre élémentaire. L'oxydation exothermique du dioxyde de soufre sur plusieurs couches d'un catalyseur approprié (p. ex., anhydride vanadique), pour produire de l'anhydride sulfurique (SO_3), est le procédé le plus couramment utilisé dans les usines de fabrication d'acide sulfurique.[26]

L'acide sulfurique est obtenu à partir de l'absorption de SO3 et d'eau dans du H2SO4 (avec une concentration minimale de 98 %), dans des absorbeurs installés à la suite de multiples couches de catalyseurs. On projette de l'air sur l'acide chaud, dans une colonne ou une tour, pour récupérer le SO2 qui est resté dans l'acide. Le SO2 chargé d'air est renvoyé dans le processus.

Acide phosphorique

L'acide phosphorique (H_3PO_4) est principalement utilisé dans le cadre de la fabrication des sels de phosphate (p. ex., pour les engrais et les suppléments d'aliments pour animaux). Deux procédés différents peuvent être utilisés pour fabriquer de l'acide phosphorique. Dans le premier procédé, connu sous le nom de procédé thermique, le phosphore élémentaire est produit à partir de la roche phosphatée, de coke et de silice, dans un four à résistance électrique, et il est ensuite oxydé et hydraté pour former l'acide. L'acide produit par voie thermique est extrêmement pur, mais il coûte également cher, ce qui explique sa production en petites quantités, principalement destinée à la fabrication des phosphates industriels.

Le second type de procédé, connu sous le nom de procédé par voie humide, implique la digestion des roches phosphatées par un acide (p. ex., acides sulfurique, nitrique ou chlorhydrique). Le phosphate tricalcique provenant de la roche phosphatée réagit avec l'acide sulfurique concentré pour produire de l'acide phosphorique et du sulfate de calcium, qui est un sel insoluble. Les opérations d'exploitation sont généralement conçues de manière à ce que le sulfate de calcium soit précipité comme anhydrite, semi-hydrate (HH) et dihydrate (DH).

[26] Document de référence sur les MTD de l'IPPC (2006)

Des procédés différents sont nécessaires en raison des roches variées et des divers systèmes d'élimination du gypse.[27] Les principales étapes de la production englobent le broyage de la roche phosphatée (le cas échéant) ; la réaction avec l'acide sulfurique dans une série de réacteurs agités indépendants, à une température de 70 à 80°C ; la filtration pour séparer l'acide phosphorique du sulfate de calcium ; et la concentration correspondant à l'acide phosphorique commercial qui a une concentration de 52 à 54 % de pentoxyde de phosphore (P_2O_5).

Lorsque l'usine d'acide phosphorique est liée à une usine d'acide sulfurique, la vapeur à haute pression produite dans la chaudière de récupération de la chaleur résiduelle provenant de l'acide sulfurique est normalement utilisée pour produire de l'énergie électrique, et la vapeur d'échappement à faible pression est utilisée pour concentrer l'acide phosphorique sous vide. La consommation de vapeur nécessaire pour la concentration peut être réduite en utilisant de la chaleur résiduelle qui provient de l'usine d'acide sulfurique. Cette chaleur résiduelle peut être récupérée sous forme d'eau chauffée et utilisée dans le processus qui vise à concentrer un acide faible pour atteindre une concentration intermédiaire. L'acide phosphorique est le plus souvent stocké dans des réservoirs en acier avec un revêtement intérieur en caoutchouc, bien que l'acier inoxydable, le polyester et le béton avec revêtement intérieur en polyéthylène soient également utilisés. Les réservoirs de stockage sont normalement conçus de manière à pouvoir maintenir les solides en suspension, pour éviter des frais de nettoyage élevés des réservoirs[28].

Engrais phosphatés (SSP/TSP)

Les engrais phosphatés sont produits en ajoutant de l'acide à la roche phosphatée broyée ou pulvérisée. Si de l'acide sulfurique est utilisé, du superphosphate simple ou normal (SSP) est produit, avec une teneur en phosphore de 16 à 21 %, sous forme de pentoxyde de phosphore (P_2O_5). La production de SSP consiste à mélanger de l'acide sulfurique et de la roche dans un réacteur. Le mélange de réaction est déversé sur une courroie transporteuse à déplacement lent. Si le mélange alimente directement un appareil de granulation, le processus est appelé granulation « directe ». Dans la granulation « indirecte », le mélange de réaction est stocké pour « sécher » pendant 4 à 6 semaines, avant d'être conditionné puis réduit en granulés.[29]

Si de l'acide phosphorique est utilisé pour acidifier la roche phosphatée, on obtient du superphosphate triple (TSP) sous forme de P_2O_5, avec une teneur en phosphore de 43 à 48 %. Deux procédés sont utilisés pour produire des engrais TSP : le procédé « run-of-pile » et le procédé de granulation. Le procédé « run-of-pile » est semblable au procédé SSP. Le procédé de granulation utilise de l'acide phosphorique moins concentré (40 %, en comparaison avec 50 % pour la méthode « run-of-pile »). Le mélange de réaction, qui est une boue liquide, est vaporisé sur les fines d'engrais recyclées dans un appareil de granulation. Les granulés grandissent et sont ensuite déversés dans un séchoir, passés au crible et dirigés vers l'emplacement de stockage.[30]

Engrais composés (NPK)

Les engrais composés représentent un large éventail de produits qui varient en fonction des rapports spécifiques azote/phosphore/ potassium (N/P/K). Les processus de production sont également nombreux et les types de produits englobent le PK, le NP (p. ex., le DAP), le NK et le NPK. Deux filières de production sont envisageables, à savoir, la production

[27] Document de référence sur les MTD du Bureau européen de l'IPPC (2006) et EFMA (2000a)
[28] EFMA (2000a)
[29] Document de référence sur les MTD du Bureau européen de l'IPPC (2006)
[30] Document de référence sur les MTD du Bureau européen de l'IPPC (2006)

à base de nitrophosphate et la production à base d'acide mélangé.

Filière du nitrophosphate

Le processus de nitrophosphate (NP) intégré produit des engrais composés (NPK) contenant du nitrate d'ammonium, du phosphate et des sels de potassium. (Figure A.2). Le processus intégré débute par la dissolution de la roche phosphatée dans de l'acide nitrique. Des émissions de quantités variables de composés volatils, comme le dioxyde de carbone (CO_2), les oxydes d'azote (NO_X) et le fluorure d'hydrogène (HF), peuvent se produire, en fonction des caractéristiques de la roche phosphatée. La solution de digestion obtenue contient des quantités différentes de solides en suspension (p. ex., du sable de quartz) qui sont retirées par des centrifugeuses, des hydrocyclones ou des séparateurs à lamelles.[31] Après le lavage, les solides peuvent être réutilisés dans l'industrie de la construction.

La liqueur qui résulte de ce processus renferme des ions de calcium dans une proportion qui est trop élevée pour garantir la production de P_2O_5 que l'usine peut réaliser. La solution est donc refroidie pour faire cristalliser le nitrate de calcium tétrahydrate (CNTH). La solution d'acide phosphorique, de nitrate de calcium restant, et d'acide nitrique, appelée acide nitrophosphorique, peut être séparée des cristaux de CNTH par filtration. L'acide nitrophosphorique est ensuite neutralisé avec de l'ammoniac, mélangé avec des sels de potassium/magnésium, du sulfate et/ou des micro-nutrients, et converti en NPK dans un tambour à granulation rotatif, un lit fluidisé, une tour de perlage, ou un mélangeur à mortier, pour obtenir des engrais composés solides.[32]

Les cristaux de nitrate de calcium séparés sont dissous dans une solution de nitrate d'ammonium et traités avec une solution de carbonate d'ammonium. Cette solution est filtrée pour retirer les cristaux de carbonate de calcium et elle est utilisée pour produire des engrais d'ammonitrate de calcium (ANC) granulaires. La solution de nitrate d'ammonium diluée qui en résulte est concentrée, et l'on s'en sert également pour produire de l'ANC ou du NPK. Il est également possible de neutraliser et de faire évaporer la solution de nitrate de calcium pour obtenir un engrais solide.[33]

Trois types de procédés sont habituellement utilisés pour produire des engrais NPK à partir de la liqueur NP : la granulation par refroidissement des nitrates fondus, l'utilisation d'un broyeur à tambour ou malaxeur à mortier, et l'utilisation d'un « spherodizer » (appareil de granulation). Dans le cadre du perlage, la liqueur NP, mélangée avec les sels et produits recyclés nécessaires, se déverse dans un sceau à perlage rotatif, à partir duquel la boue liquide est vaporisée dans la tour de refroidissement des nitrates fondus. Des ventilateurs situés au sommet de la tour font circuler l'air ambiant à contre-courant des gouttelettes formées par solidification.[34]

Dans le cadre de la granulation par broyeur à tambour ou malaxeur à mortier, la liqueur NP, combinée avec les sels et produits recyclés nécessaires, est vaporisée dans un appareil de granulation à tambour rotatif, dans lequel les granulés qui se forment sont séchés dans un séchoir à tambour rotatif avec de l'air chaud. L'air qui quitte les tambours contient de la vapeur d'eau, des poussières, de l'ammoniac et des gaz de combustion. L'air provenant des tambours de granulation et de séchage est traité dans des cyclones à haute performance.[35]

[31] EFMA (2000b)
[32] Ibid.
[33] Ibid
[34] Ibid
[35] Ibid

Dans le cadre de la granulation qui fait appel à un « spherodizer », la boue liquide est vaporisée dans un tambour rotatif spécial, appelé un « spherodizer », où l'air chaud, chauffé à une température comprise entre 300 et 400°C, s'écoule à contre courant, faisant ainsi évaporer l'eau qui s'accumulent sur les granulés.[36]

Dans tous les procédés, les granulés NPK secs sont passés au crible. Ceux qui sont à la dimension voulue sont dirigés vers l'étape suivante, celle du conditionnement, et ceux qui sont trop gros sont retirés, écrasés et recyclés avec ceux qui sont, par contre, trop petits. Les rejets du tamis, du broyeur et du convoyeur sont dépoussiérés en utilisant l'air nécessaire pour la granulation. Le produit commercial résultant du séchage et du criblage est refroidi dans un lit fluidisé, un échangeur de chaleur à écoulement en vrac, ou un tambour rotatif. Les effluents gazeux provenant de ces derniers stades, qui contiennent des quantités minimes de poussières, et sont généralement dénués d'ammoniac, sont dépoussiérés dans des cyclones. Finalement, le produit est refroidi et recouvert d'un revêtement avant d'être mis en stock, pour minimiser l'agglutination ultérieure du matériau. Le revêtement consiste en un traitement avec un agent organique et de la poudre inorganique, ajoutés dans un tambour. Les cristaux de nitrate de calcium provenant du processus nitrophosphate peuvent être transformés en un engrais de nitrate de calcium (CN) solide, en utilisant la technologie du perlage ou de la granulation à poêlon, en tant qu'alternative à la combinaison de la conversion du CNTH et de la transformation subséquente en ANC.[37]

Filière des acides mélangés

Les procédés appliqués dans le cadre de la filière de production qui a recours aux acides mélangés sont nombreux, les plus courants comprennent la granulation avec un système de réacteur tubulaire ; la granulation à tambour avec ammonisation ; et un procédé qui combine acides mélangés et digestion de roche phosphatée.[38] Un organigramme simplifié indiquant les trois procédés est présenté sur la Figure A.3.

La granulation qui fait intervenir un système à réacteur tubulaire fonctionne selon un processus de granulation en boucle qui comprend un ou deux réacteurs tubulaires. Un réacteur tubulaire est fixé dans l'appareil de granulation et un autre peut être utilisé dans le séchoir. L'acide phosphorique, ou un mélange d'acide phosphorique et d'acides sulfuriques, est neutralisé dans les réacteurs tubulaires avec de l'ammoniac gazeux ou liquide. Une large gamme de catégories, y compris les phosphates d'ammonium (phosphate monoammonium - MAP, et phosphate diammonium - DAP), peut être produite.[39] Les matières premières solides nécessaires, comme le chlorure de potassium, le sulfate de potassium, le superphosphate, les éléments nutritifs secondaires, les micronutriments et les produits de remplissage alimentent l'appareil de granulation avec le matériau recyclé. Le réacteur tubulaire fixé dans l'appareil de granulation est conçu pour recevoir l'acide phosphorique, une partie de l'ammoniac, et tous les autres produits d'alimentation comme l'acide sulfurique et la liqueur d'épuration recyclée. Une solution de nitrate d'ammonium concentrée peut être ajoutée directement dans l'appareil de granulation, et les taux d'ammonisation dans le réacteur tubulaire varient en fonction du produit. Une ammonisation supplémentaire peut être effectuée dans l'appareil de granulation. Un réacteur tubulaire fixé dans le séchoir reçoit de l'acide phosphorique et de l'ammoniac.

[36] Ibid
[37] EFMA (2000b)
[38] EFMA (2000c)
[39] Ibid.

La granulation en tambour avec ammonisation consiste en un processus de granulation en boucle classique utilisant principalement des matières premières solides. Une solution de nitrate d'ammonium et/ou de la vapeur alimente(nt) l'appareil de granulation. Le procédé est très flexible, et peut produire un large spectre de catégories, y compris des produits avec une faible teneur en azote. La solution de nitrate d'ammonium est vaporisée directement dans l'appareil de granulation qui peut être alimenté en acide sulfurique ; l'ammonisation est l'étape suivante[40]. Les granulés obtenus dans le cadre des deux procédés de granulation sont séchés dans une unité de séchage en utilisant un courant d'air chauffé.[41] Les granulés secs sont ensuite gérés comme cela est indiqué pour la filière NP.

Les gaz émis par l'appareil de granulation et le séchoir sont épurés dans des épurateurs Venturi en faisant recirculer une solution de phosphate d'ammonium ou de sulfophosphate d'ammonium. La liqueur de lavage recyclée alimente le réacteur tubulaire dans l'appareil de granulation. Finalement, les gaz sont évacués au travers de colonnes cycloniques irriguées par une solution acide. Les gaz provenant du séchoir sont dépoussiérés dans des cyclones à haut rendement pour retirer la plus grande partie de la poussière avant l'épuration. L'air provenant du matériel de refroidissement est généralement recyclé, en tant qu'air secondaire, en l'acheminant vers le séchoir après le dépoussiérage.[42]

Le procédé qui consiste à combiner acides mélangés et digestion de la roche phosphatée est très flexible et produit des catégories avec des degrés variés de solubilité du phosphate dans l'eau. La première étape est constituée par la digestion exothermique de la roche phosphatée à l'aide d'acide nitrique, ce qui produit une solution d'acide phosphorique et de nitrate de calcium. Des gaz acides comme des oxydes d'azote et des composés fluorés se forment pendant la digestion, en fonction du type de roche phosphatée. D'autres matières premières comme des acides phosphorique, sulfurique, et nitrique, ou une solution NA, sont ajoutées après la digestion. La suspension liquide acide est ammoniaquée avec de l'ammoniac gazeux et, après neutralisation, d'autres composants comme des phosphates d'ammonium, des superphosphates, du sulfate d'ammonium et des composés contenant du potassium et du magnésium sont ajoutés. La plupart de ces matières peuvent également être additionnées avant ou pendant la neutralisation, mais si la matière première contient du chlorure, le pH de la suspension liquide doit être compris entre 5 et 6 pour éviter la production de chlorure d'hydrogène. La batterie de réacteurs se termine par un réservoir tampon. La granulation de la suspension liquide peut alors avoir lieu, en utilisant un matériel divers comme des tambours, des mélangeurs et des « spherodizers ».[43]

Les gaz issus des réacteurs de digestion, où la roche phosphatée est digérée dans de l'acide nitrique, sont traités séparément, dans une tour d'épuration par pulvérisation, pour récupérer le NO_X et les composés fluorés. Le pH est ajusté en ajoutant de l'ammoniac. Les gaz du réacteur d'ammonisation sont épurés par un lavage à contre-courant à plusieurs stades. Le pH est ajusté pour satisfaire aux conditions d'épuration les plus efficaces correspondant à un pH entre 3 et 4, en utilisant un mélange de HNO_3 et/ou H_2SO_4. Le premier stade de lavage assure une saturation des gaz ; le second stade venturi à haute pression est destiné à retirer les aérosols. Les stades suivants permettent d'obtenir un rendement très élevé, et le stade final fonctionne en mettant à contribution le liquide de lavage le plus propre. Un séparateur des gouttelettes est installé dans la

[40] EFMA (2000c)
[41] Ibid.
[42] Ibid.
[43] Ibid.

cheminée ou immédiatement avant la cheminée. Les gaz provenant du séchoir (appareil de granulation/séchoir) sont acheminés dans des cyclones avant d'entrer dans l'épurateur. L'épurateur se présente sous la forme d'un étranglement venturi variable et comprend un lavage subséquent en deux stades. Le dernier stade doit fonctionner avec le liquide le plus propre. Une partie de la liqueur, une fois qu'elle a circulé, est dirigée vers un décanteur pour séparer les solides. La partie épaissie sert de matériau d'alimentation pour les réacteurs.[44]

[44] EFMA (2000c)

Figure A.1 : Usines intégrées d'engrais phosphatés

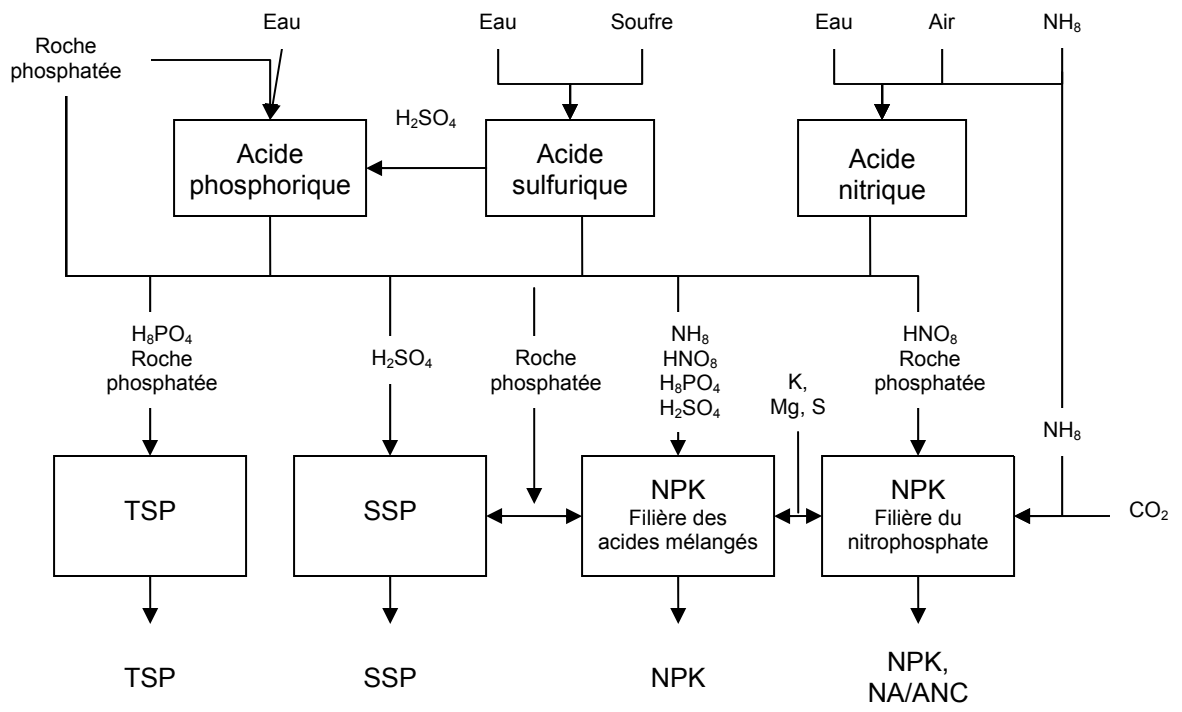

Figure A.2 : Engrais composés : filière du nitrophosphate

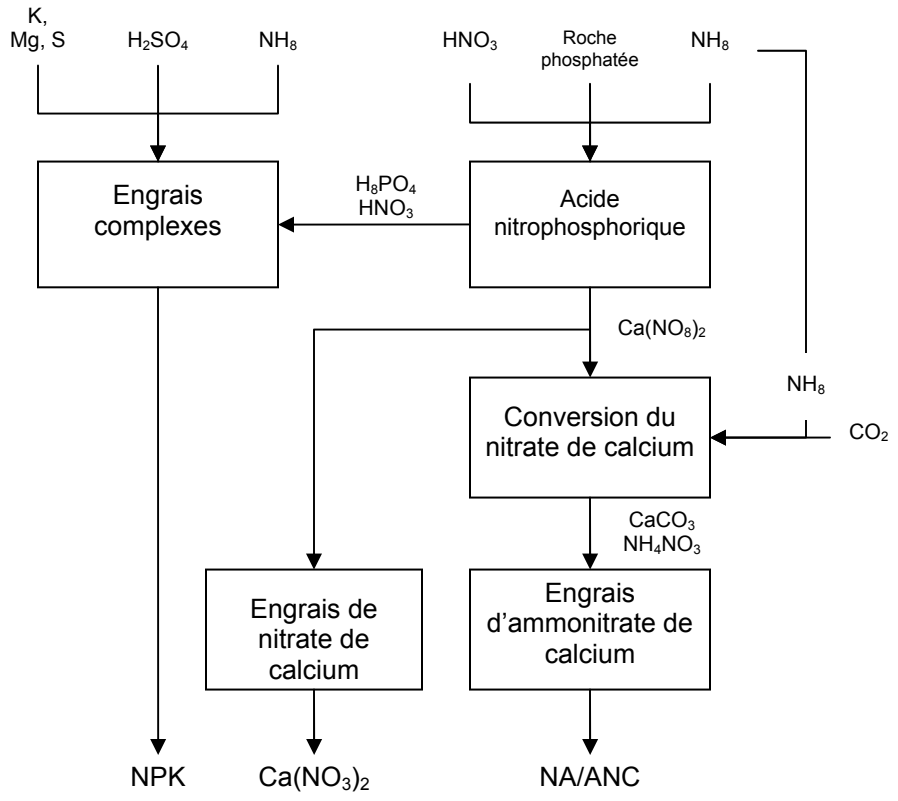
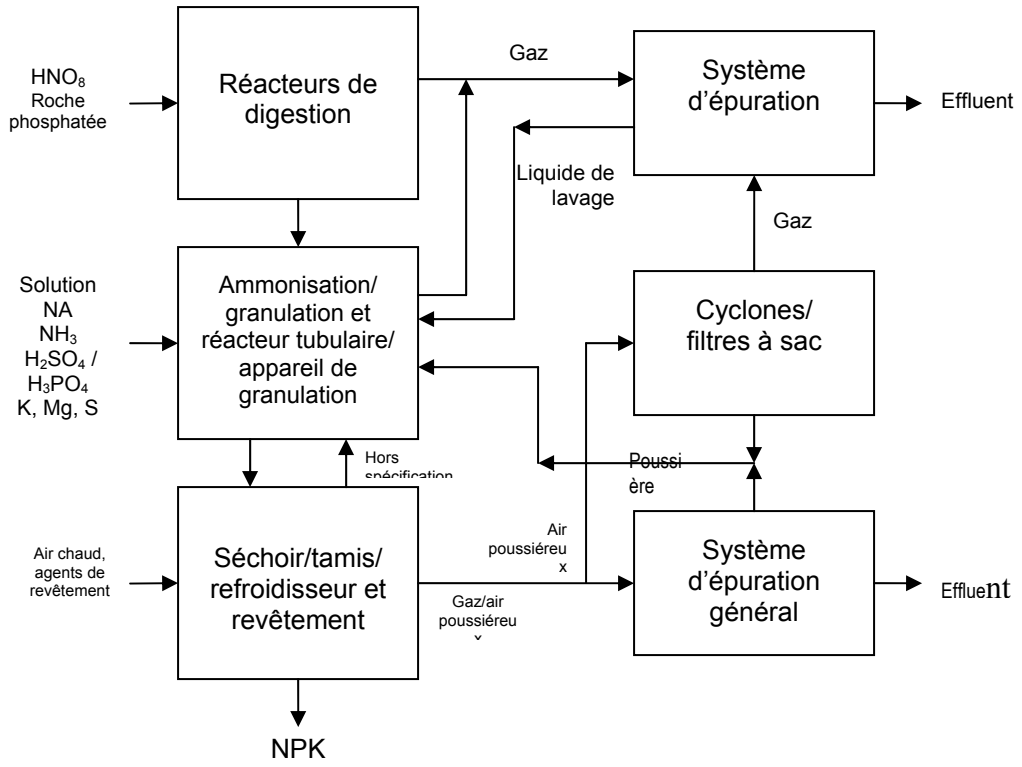
Figure A.3 : filière des acides mélangés