

**Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement
15, Avenue Prince de Liège B- 5100 Jambes**

Guide méthodologique pour l'Évaluation des Incidences sur l'Environnement

FABRICATION ET FACONNAGE DU VERRE PLAT, DU VERRE CREUX ET DES FIBRES DE VERRE



RÉGION WALLONNE

Table des matières

<i>Table des matières</i>	2
<i>Avant-propos</i>	6
<i>Avertissement</i>	8
<i>Méthodologie</i>	9
<i>Introduction – Présentation de l’activité verrière</i>	10
Processus de l’activité verrière	10
La préparation des matières premières	10
La fusion du mélange vitrifiable	11
Le processus de fusion.....	11
Les catégories de fours couramment utilisées	12
Le four à pots.....	12
Le four à bassin	12
Le four journalier.....	12
La nature de l’énergie calorifique des fours verriers	12
Le formage du verre	13
Le verre plat.....	13
Le verre creux.....	14
Les fibres de verre textiles et non textiles et les autres verres	14
Les fibres de verre textiles :.....	14
Les fibres de verre non textiles :.....	14
Les fibres optiques.....	15
Les plats et récipients circulaires peu profonds.....	15
Les tubes en verre :.....	15
Le verre des ampoules :	15
Les verres optiques et les écrans de téléviseurs.....	15
Le verre cellulaire.....	15
Le traitement thermique	15
Le façonnage et la décoration	16
La découpe et l’emballage de la laine de verre.....	16
La découpe des fibres de verre continues	16
La fabrication d’un fil à tisser.....	16
La fabrication de tissus en fibre de verre.....	16
La découpe du verre plat et du verre creux.....	16
La trempe du verre.....	17
Le feuilletage du verre.....	17
Le collage du verre	18
Le thermoformage et le bombage du verre plat.....	18
Le polissage du verre.....	18
Le dépolissage du verre	18
La taille décorative du verre	18
La métallisation des verres	18
Emaillage du verre plat et du verre creux.....	19
<i>Matrice</i>	19
<i>A. La phase de chantier</i>	21
L’air	21
A1.Emission de gaz à effet de serre :	21

A3. Aptitude du site à disperser les polluants :	21
A4. Qualités physico-chimiques de l'air :	21
L'eau	22
A5. Eaux de surface :	22
A6. Eaux souterraines :	22
Le sol et le sous-sol	23
A7. Sensibilité à l'érosion :	23
A8. Qualité et usage du sol :	23
A9. Stabilité :	24
Les biotopes	24
A10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :	24
Les déchets	24
A11. Gestion des déchets :	25
Les ressources naturelles du sol et du sous-sol	25
A12. Gestion rationnelle :	26
La santé / sécurité	26
A13. Maladies et accidents :	26
Le cadre de vie	27
A14. Odeurs :	27
A15. Bruit :	27
A16. Qualité paysagère :	27
Les biens matériels et le patrimoine	27
A17. Valeurs patrimoniales de biens immobiliers :	27
A19. Capacité des équipements et infrastructures publics :	27
<i>B. La morphologie des bâtiments</i>	<i>28</i>
L'eau	28
B5. Eaux de surface	28
B6. Eaux souterraines :	28
Les biotopes	28
B10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :	28
Le cadre de vie	29
B16. Qualité paysagère :	29
Les biens matériels et le patrimoine	29
B17. Valeurs patrimoniales de biens immobiliers :	29
B19. Capacité des équipements et infrastructures publics :	29
<i>C. La modification du relief du sol et la consommation de sol superficiel</i>	<i>30</i>
L'eau	30
C5. Eaux de surface :	30
Le sol et le sous-sol	30
C7. Sensibilité à l'érosion :	30
C8. Qualité et usage du sol :	30
Les biotopes	30
C10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :	30
Le cadre de vie	31
C16. Qualité paysagère :	31
Les biens matériels et le patrimoine	31
C17. Valeurs patrimoniales de biens immobiliers :	31
<i>D. Les prélèvements d'eau</i>	<i>31</i>
L'eau	31
D5. Eaux de surface	31

D6. Eaux souterraines :.....	31
Le sol et le sous-sol.....	32
D8. Qualité et usage du sol :.....	32
Les ressources naturelles du sol et du sous-sol.....	32
D12. Gestion rationnelle :.....	32
Les biens matériels et le patrimoine.....	33
D19. Capacité des équipements et infrastructures publics :	33
<i>E. Les rejets atmosphériques.....</i>	33
L'air	33
E1. Emission de gaz à effet de serre.....	33
E2. Emission de gaz pouvant affecter la couche d'ozone :.....	33
E3. Aptitude du site à disperser les polluants :	39
E4. Qualité physico-chimique de l'air :.....	39
L'eau	41
E5. Eaux de surface :	41
Le sol et le sous-sol.....	41
E8. Qualité et usage du sol :	41
Les biotopes.....	41
E10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :.....	41
Le cadre de vie	43
E16. Qualité paysagère :.....	43
Les biens matériels et le patrimoine.....	43
E17. Valeurs patrimoniales de biens immobiliers :	43
E18. Intégrité paysagère des biens matériels :.....	43
<i>F. Les rejets liquides</i>	44
L'eau	44
F5. Eaux de surface	44
F6. Eaux souterraines :	44
Le sol et le sous-sol.....	45
F8. Qualité et usage du sol :	45
F9. Stabilité :	47
Les biotopes.....	47
F10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :.....	47
La santé / sécurité	47
F13. Maladies et accidents :	47
Les biens matériels et le patrimoine.....	47
F19. Capacité des équipements et infrastructures publics :	47
<i>G. Le stockage et la gestion des déchets / résidus de fabrication.....</i>	48
L'air	49
G4. Qualité physico-chimique de l'air :	49
L'eau	49
G5. Eaux de surface :.....	49
G6. Eaux souterraines :.....	49
Le sol et le sous-sol.....	49
G8. Qualité et usage du sol :.....	49
Les déchets	49
G11. Gestion des déchets :	49
La santé / sécurité	50
G13. Maladies et accidents :.....	50

Le cadre de vie	50
G16. Qualité paysagère :	50
Les biens matériels et le patrimoine.....	50
G19. Capacité des équipements et infrastructures publics :	50
<i>H. Le stockage de matières énergétiques et de processus.....</i>	<i>51</i>
L'eau	52
H5. Eaux de surface :	52
H6. Eaux souterraines :	52
Le sol et le sous-sol.....	52
H8. Qualité et usage du sol :	52
Les déchets	52
H11. Gestion des déchets :	52
<i>I. Les émissions sonores.....</i>	<i>53</i>
Les biotopes.....	53
I10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :	53
Le cadre de vie	53
I15. Bruit :	53
<i>J. Le charroi externe et les transports fixes</i>	<i>54</i>
Les biotopes.....	54
J10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :	54
La santé / sécurité	54
J13. Maladies et accidents :	54
Le cadre de vie	55
J15. Bruit :	55
Les biens matériels et le patrimoine.....	55
J19. Capacité des équipements et infrastructures publics :	55
<i>Références.....</i>	<i>56</i>

Avant-propos

Préalable à une éventuelle autorisation, l'évaluation environnementale est un processus qui vise la prise en compte des incidences d'un projet sur l'environnement tout au long des phases de réalisation dudit projet depuis sa conception jusqu'au réaménagement éventuel du site en passant par l'exploitation. Ensemble des informations fournies par le demandeur, par l'étude d'incidences, par les opinions et réactions des instances et du public susceptibles d'être concernés par le projet, l'évaluation environnementale est, pour l'autorité compétente, un des outils nécessaires à sa prise de décision.

Instrument privilégié du système, l'étude d'incidences doit aider le maître d'ouvrage à concevoir un projet le plus respectueux possible du milieu dans lequel celui-ci s'inscrit, tout en étant acceptable aux plans techniques et économiques. Elle permet, par l'analyse et l'interprétation des relations et interactions entre les facteurs exerçant une influence sur le milieu biophysique, les ressources naturelles et le milieu humain, de mettre en évidence l'ensemble des incidences probables ou prévisibles, subjectives ou objectives, directes ou indirectes, réversibles ou permanentes, qui résultent d'un effet objectif causé par une action et ce à court, moyen et long terme.

De plus, la comparaison et la sélection de solutions de substitution sont intrinsèques à la démarche d'évaluation environnementale ; l'étude d'incidences identifie clairement les objectifs et les critères de choix de la variante privilégiée.

Il apparaît donc que l'étude d'incidences tente de traduire sur une échelle de valeurs souvent subjective les incidences du projet sur l'environnement c'est-à-dire le résultat d'une comparaison entre deux états : l'état de référence ou état initial et l'état final qui résulte d'un effet objectif causé par une action. Inévitablement teintée de subjectivité due notamment

- au degré d'incertitude comme par exemple au niveau de la compréhension du fonctionnement des systèmes techniques, environnementaux ou sociaux ;
- aux choix à opérer au niveau d'une méthodologie d'évaluation environnementale ;
- à la présentation des résultats comme par exemple le choix des échelles ou l'emploi des couleurs dans des graphiques, la classification qualitative des incidences (négligeable, peu significative, importante, réelle,...), cette subjectivité ne pourra, sinon disparaître, au moins être atténuée que si, pour chaque compartiment environnemental étudié, l'étude fait preuve d'un esprit scientifique en matière d'objectivité, de précision, de méthode et que, sous peine d'introduire une distorsion dans la comparaison des incidences positives et négatives, les incertitudes et les choix opérés au niveau des subjectivités sont clairement indiqués ; que les résultats sont justifiés de façon explicite.

Le présent guide méthodologique vise à aider les différents acteurs qui prennent part au système d'évaluation environnementale qu'il s'agisse des concepteurs de projets, des maîtres d'ouvrage, des auteurs d'études d'incidences ou encore des autorités et administrations compétentes, à réaliser un projet conformément à l'un des principes de l'évaluation environnementale selon lequel le moyen le plus efficace d'atteindre un des objectifs de développement durable est de déterminer les effets négatifs sur l'environnement et de les prendre en considération le plus tôt possible dans la phase de planification des projets. Souple et ouvert, ce guide

- recense prioritairement les incidences potentielles spécifiques au secteur d'activité concerné, ce qui implique que les incidences génériques ainsi que les informations générales à fournir obligatoirement dans le cadre d'un processus d'EIE, quel que soit le secteur et quel que soit le projet, sont censées être décrites par ailleurs ; un même projet peut évidemment couvrir des activités relevant de plusieurs guides au contenu sectoriel qui seront dans ce cas intégrés dans l'évaluation globale ; de même, il peut arriver qu'une ou des composante(s) d'un certain processus de fabrication (donc, d'un certain guide) soi(en)t en pratique délocalisée(s) et fasse(nt) par exemple partie(s) intégrante(s) d'un autre atelier ; dans ce cas également, les composantes délocalisées pourront être, suivant le cas d'espèce, intégrées dans l'évaluation globale du projet ;

- répertorie les incidences essentielles pour les prises de décision, en évitant la collecte d'informations inutiles et le gaspillage de ressources ;
- est rédigé d'une manière ouverte et souple afin de se prêter à la "dynamique" des EIE, des réglementations et des technologies de production.
- examine la situation en tenant compte à la fois du régime d'exploitation normal et parfois, lorsque l'environnement risque d'en être notablement affecté, des démarrages, des fuites, des dysfonctionnements, des arrêts momentanés, des ralentissements.
- intègre également, de manière appropriée, des mesures préventives pour assurer la protection de l'environnement, eu égard notamment aux substances ou aux technologies mises en œuvre, à l'exclusion des accidents majeurs et des matières de compétences fédérales (telles que la protection du travail, les normes de produits, les radiations ionisantes,...).

L'adoption d'une politique environnementale et de développement durable et la consultation du public en début de procédure sont présentées comme des objectifs dont le but est d'assurer une meilleure planification du développement et sont basées sur la volonté et la responsabilisation des initiateurs de projets.

Avertissement

Rédigé par la Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE) du Ministère de la Région wallonne sur la base des travaux confiés à des bureaux d'études extérieurs spécialisés dans les domaines techniques et environnementaux du secteur considéré, ce guide ne présente aucun caractère obligatoire ou contraignant de quelque nature que ce soit.

C'est avant tout un document d'aide à l'intention de tous les acteurs concernés à un niveau ou à un autre par le processus d'évaluation environnementale et qui contient des informations indispensables qui leur permettent d'apprécier les incidences majeures potentielles du type de projet considéré sur l'environnement.

Ce guide méthodologique ne se veut pas exhaustif pas plus qu'il ne doit être interprété comme un substitut au contenu des études d'incidences défini par le décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement et ses arrêtés d'application. Par conséquent il ne dispense pas, l'auteur d'étude d'incidences notamment, d'analyser tout autre point pertinent qui prendrait en compte par exemple les caractéristiques techniques propres au projet étudié, les conditions géographiques, topographiques, géologiques ou encore hydrographiques du milieu concerné, les conditions humaines, et sociales ou encore les écosystèmes particuliers situés sur ou à proximité du site d'implantation du projet.

Méthodologie

La méthodologie utilisée pour l'identification des incidences du projet sur l'environnement est basée sur la méthode matricielle développée par la Fondation Universitaire du Luxembourg (F.U.L.)¹.

Cette méthode permet de mettre en relation les hypothèses d'action du projet sur le milieu récepteur exprimées dans les colonnes, ou abscisse, avec les éléments biophysiques et humains constitutifs du milieu récepteur consignés dans les lignes, ou ordonnée, de la matrice.

En abscisse, les principales caractéristiques du projet varient, par définition, d'un projet à un autre mais il y a au moins deux grandes phases qui sont communes à tous et qu'il convient d'analyser :

- la phase de chantier ;
- la phase d'exploitation de l'activité ;

Enfin, le cas échéant, il convient d'analyser :

- la phase de réaménagement après fin d'exploitation.

Parmi ces phases, cinq catégories générales de facteurs de perturbation du milieu ont été identifiées :

- les caractéristiques susceptibles d'effets liées à l'encombrement du projet comme les facteurs de forme de l'immobilier, la consommation de sol ;
- les caractéristiques de consommation de ressources naturelles qui permettent d'identifier et/ou quantifier cette consommation sur les ressources du milieu local et/ou extra local ;
- les rejets et/ou émissions associés au projet ;
- les stockages internes considérés comme de fréquentes sources de risque d'émission accidentelle ou récurrentes ;
- les impacts propres au type de projet considéré.

En ordonnée ont été fixées les composantes du milieu naturel qui sont d'une part le milieu biophysique :

- le climat et l'ozone stratosphérique;
- l'atmosphère;
- l'eau;
- le sol et le sous-sol;
- les biotopes;

et d'autre part, le milieu humain :

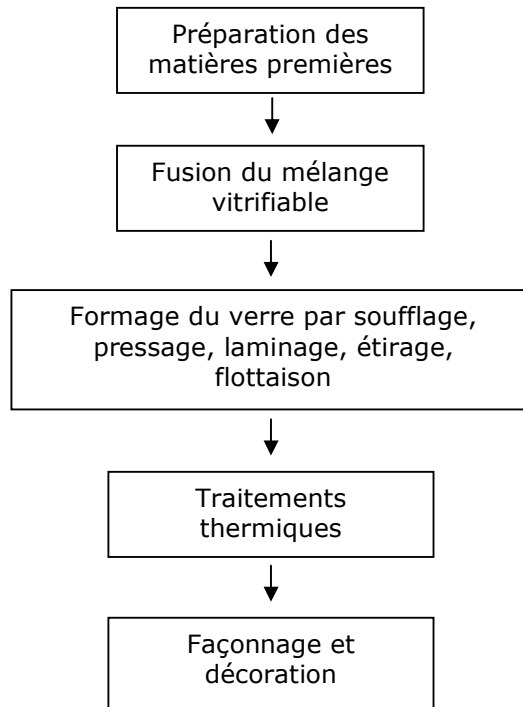
- les déchets;
- les ressources naturelles du sol et du sous-sol;
- la santé/sécurité;
- le cadre de vie;
- les biens matériels et le patrimoine.

Au niveau de la grille ainsi construite, c'est au croisement des lignes et des colonnes que s'expriment les incidences majeures et potentielles du type de projet auxquelles il conviendra de répondre même si, dans le cadre précis du projet étudié, cette analyse s'avère être sans objet.

¹ Fondation Universitaire Luxembourgeoise (1996) : *Conception et expérimentation d'une méthodologie pour l'identification et l'évaluation des incidences d'un projet sur l'environnement* ; Convention Région wallonne – FUL .

Introduction – Présentation de l'activité verrière

Processus de l'activité verrière



La préparation des matières premières

Les matières premières utilisées dans l'industrie du verre sont :

- *Les vitrifiants* : éléments de base qui donnent la structure vitreuse (la silice contenue dans **les sables** par exemple).
- *Les fondants* : éléments qui permettent de diminuer la température de fusion des vitrifiants (**alcalis comme les carbonates de sodium et de potassium par exemple**).
- *Les stabilisants* : éléments qui empêchent la détérioration des verres dans le temps (**la chaux, la magnésie, la dolomie, l'alumine...**).
- *Les affinants* : éléments qui, en présence de chaleur, libèrent une grande quantité de gaz. Ces dégagements gazeux entraînent avec eux les bulles du verre en fusion et favorisent l'homogénéisation de celui-ci. **Le sulfate de sodium, le nitrate de sodium ou de potassium** sont souvent employés à cet effet.
- *Les colorants* : les **oxydes de fer, de chrome, de nickel, de manganèse, de cobalt, de cuivre** sont responsables des différentes colorations que peut avoir un verre.
- *Les agents opacifiant* : éléments utilisés pour rendre les verres opaques (exemple : **le fluor et les phosphates**).

Le verre sodocalcique représente la majorité de la production pour les secteurs du verre creux (bouteilles essentiellement) et du verre plat (vitrage pour les bâtiments et pour les automobiles).

Le charbon, coke : le carbone est le réducteur le plus utilisé, en verrerie, pour régler le redox des verres. 4 types de produits sont utilisés : fines d'anhracite, coke broyé et tamisé, coke de pétrole granulé, fuel mélangé à la composition.

D'autres produits d'addition peuvent être rajoutés pour donner aux verres des propriétés particulières :

- la présence d'une quantité importante d'**oxyde de bore** dans le mélange aura pour effet de diminuer le coefficient de dilatation du verre, augmentant ainsi sa résistance au choc thermique (**verre borosilicate**). L'oxyde de bore est également utilisé dans la fabrication des fibres de verre;
- l'ajout d'**oxydes de zinc, de baryum et de bore** dans le mélange permet d'obtenir des verres qui résistent bien au choc thermique et qui ne réagissent pas avec les solutions acides et basiques (**verre neutre** utilisé par le secteur pharmaceutique par exemple) ;
- les **oxydes de plomb** sont utilisés pour la fabrication du cristal. Leur présence contribue à donner au verre un bel aspect de brillance et améliore la sonorité du verre. Ils sont aussi présents dans les verres destinés aux secteurs de l'électronique et de l'optique. D'autres métaux lourds (As, Sb, Te, Ge...) sont également utilisés pour augmenter l'indice de réfraction **des verres dits « d'oxydes lourds »** et étendre la transmission dans l'infrarouge ;
- les éléments chalcogènes (S, Se, Te) peuvent former eux-mêmes des phases vitreuses. Ils peuvent être associés à d'autres éléments (As, Ge, Ag, Sb, B, Li...). **Les verres chalcogénés** sont utilisés pour leurs propriétés optiques et électriques (photoconductivité) ;
- les éléments halogénés (F, Cl, Br, I) rentrent dans la composition des **verres oxyhalogénés et chalcahalogénés** ;
- **Les fluorures** peuvent également être considérés comme éléments vitrifiant et rentrent dans la composition **des verres fluorés**. Ils sont aussi employés dans la fabrication des fibres continues pour leurs capacités à faciliter le formage des fibres et à limiter la casse des filaments.

Les verres neutres, chalcogénés, oxyhalogénés, chalcahalogénés, fluorés, d'oxydes lourds sont appelés «verres **spéciaux** ».

Le verre, récupéré et recyclé, rentre également comme matière première dans le mélange vitrifiable. Dénommé «calcin », ce verre fond à plus ou moins 1000°C au lieu de 1500°C pour les matières premières habituelles. Son utilisation permet donc d'économiser de l'énergie et des matières premières minérales.

La quantité de verre recyclé entrant dans le mélange dépend de la catégorie du produit verrier à fabriquer. Les usines de production de verre creux fonctionnent avec des mélanges vitrifiables comportant plus de calcin que les usines fabriquant du verre plat.

L'opération de préparation des matières premières consiste à peser minutieusement celles-ci, à les mélanger soigneusement de manière à homogénéiser le mélange. Le taux d'humidité le plus favorable pour la fusion est également adapté pendant cette étape de la production.

Les installations de pesée, d'homogénéisation et de transport peuvent être entièrement automatisées.

La fusion du mélange vitrifiable

Le processus de fusion

Le processus de fusion se divise en 3 étapes successives.

1. l'élaboration

Le mélange doit être transformé en un liquide dépourvu d'inclusions cristallines. Au alentour de 1000°C, les premières réactions de fusion et de décomposition commencent à se produire mais il faut monter entre 1200 et 1500°C pour s'assurer que les matières moins fusibles puissent réagir avec les matières en fusion et être digérées par la phase liquide.

2. l'affinage

Dans le mélange vitrifiable en fusion, il est nécessaire d'expulser les bulles de gaz provenant des différentes réactions chimiques mais également de l'air situé entre les matières premières et de l'évaporation de l'eau. Cette étape nécessite la présence d'affinants dans le mélange de départ (voir page 2), une élévation de la température (pour diminuer la viscosité du verre fondu) et parfois une agitation mécanique ou l'insufflation d'air.

3. le conditionnement

Après la fusion et l'affinage, le verre doit être homogénéisé chimiquement et thermiquement. Les variations de composition causent des défauts permanents lors de la production tandis que les variations de températures occasionnent des problèmes lors de l'étape de formage du verre.

Il existe plusieurs catégories de fours et il se peut qu'une verrerie regroupe quelques-uns de ces systèmes de fusion affectés à la production de différents produits verriers.

Les catégories de fours couramment utilisées

Le four à pots

Le mélange vitrifiable est fondu dans des creusets appelés « pots ». Il y a plusieurs pots par four. Le processus de fusion s'effectue sur un cycle de 24 heures et le four peut être utilisé en continu ou périodiquement. Les fours à pots ont l'avantage de permettre la fusion, économique, de petite quantité de verre (3 à 8 tonnes par jour). La fusion de différents types de verre peut être réalisée en même temps, dans un même four.

Le four à bassin

Le mélange vitrifiable est fondu dans une grande cuve dénommée « bassin ». La cuve est constituée de blocs réfractaires posés sans liant (le verre qui se fige dans les joints assure l'étanchéité). La matière, enfournée à une extrémité du bassin (amont), passe successivement dans une zone de fusion, puis dans une zone d'affinage (surchauffée) et enfin dans la zone de conditionnement. Les fours à bassin fonctionnent en continu et ont une durée de vie d'une dizaine d'années.

Le four journalier

Il s'agit d'un compromis entre un four à bassin fonctionnant en continu et un four à pots fonctionnant périodiquement.

Le four journalier possède un bassin de petite dimension dans lequel le processus de fusion s'effectue sur un cycle de 24 heures, en discontinu. Le mélange vitrifiable est fondu, affiné et conditionné dans la nuit. Ce type de four permet la fusion de petites quantités de verre, sans devoir instaurer un travail à pause et sans avoir les inconvénients du four à pots (changement des pots et les limites des températures).

Le four journalier, de même que le four à pots, est utilisé lorsque la formulation des produits verriers à concevoir change régulièrement.

La capacité de production des fours varie entre 3 et 1000 tonnes de verre par jour.

La nature de l'énergie calorifique des fours verriers

Les sources d'énergie utilisées dans l'industrie du verre sont :

- le gaz naturel
- le mazout (fuel)
- l'électricité : la chaleur est produite par effet joule lorsque le courant passe dans la masse du verre. La cuve, en matériaux réfractaires, est supportée par une charpente en acier sur laquelle des électrodes sont insérées.

Les fours fonctionnant à l'aide des énergies fossiles sont généralement équipés de 2 brûleurs : 1 pour le gaz naturel et l'autre pour le mazout.

Les fours mixtes combinent un système de chauffage à la flamme et un système de chauffage à l'électricité. Dans la majorité des cas, l'essentielle de l'énergie de fusion est produite par la combustion de l'énergie fossile tandis que la chaleur dégagée par l'effet Joule vient souvent en appoint.

L'oxygène, nécessaire à la combustion de l'énergie fossile, est principalement apporté par l'air ambiant (composé essentiellement d'azote et d'oxygène). Celui-ci est parfois enrichi avec de l'oxygène pur.

Pour obtenir des températures suffisamment élevées dans les fours, il est impératif de préchauffer l'air de combustion. Pour réaliser des économies d'énergie, les gaz chauds issus des fours passent par des systèmes de **régénération** ou de **recupération** thermique.

Système de régénération : les gaz brûlés passent dans une chambre (régénérateur) dotée d'un garnissage réfractaire absorbant la chaleur. Il y a deux régénérateurs par four. Le chauffage des chambres n'a lieu que d'un seul côté à la fois. Toutes les 20 minutes, la combustion est inversée et l'air (comburant) est passé à travers la chambre précédemment chauffée par les gaz brûlés. Ce système permet d'obtenir des températures de préchauffage de 1400°C.

Système de récupération : des échangeurs thermiques (récupérateurs) assurent le préchauffage continu de l'air (comburant) par la circulation des gaz brûlés. Les températures de préchauffage atteintes sont limitées aux alentours de 800°C. Ce système est principalement utilisé lorsque la taille de l'exploitation est trop faible pour pouvoir rendre un système de régénération économiquement rentable.

Les consommations énergétiques dépendent de la capacité de production des fours et de la qualité du verre à produire. L'énergie nécessaire pour la fusion d'un kilogramme de verre varie entre 3700 et 6000 kJ (pour des températures de fusion qui varient entre 1200°C et 1500°C).

Le formage du verre

Les différents procédés de mise en forme permettent de classifier les produits verriers en 3 grandes catégories :

- Le verre plat (verre à vitre, miroirs...)
- Le verre creux (bouteilles, bocaux, flacons, objets de décoration...)
- Les fibres de verre textiles et non textiles et les autres verres (verre cellulaire, verre optique, verre de télévision, tube et ampoule...).

Le verre plat

En Belgique, la production du verre plat est essentiellement réalisée suivant le procédé «float glass». Le verre fondu s'écoule sur un bain d'étain liquide. Plusieurs paires de rouleaux, refroidis par eau et disposées de chaque côté de la feuille de verre, permettent de donner au ruban la longueur et la largeur désirées. Le débit d'alimentation en verre fondu et la vitesse de rotation des rouleaux jouent sur l'épaisseur du verre plat.

De densité plus faible, le verre fondu flotte sur la surface parfaitement plane du métal et toutes les irrégularités d'épaisseurs sont automatiquement nivelées. Le rôle de l'étain liquide est de supporter le verre à des températures telles qu'il serait normalement marqué de façon permanente par une surface solide.

L'opération se déroule sous atmosphère neutre ou réductrice (à l'aide de dihydrogène) pour éviter l'oxydation de l'étain et donc les possibilités de souillure de la surface du verre.

D'une extrémité à l'autre du bain, la température du verre va se réduire progressivement.

La mise en forme du verre par étirage (procédés Fourcault, Pittsburgh, Libbey-Owens) est une ancienne méthode qui ne se pratique plus que pour des applications spécifiques (exemple : verre extramince). Les fours alimentent directement les étireuses. Le principe de ces procédés est d'immerger dans le bain de fusion une pièce réfractaire présentant en son milieu une fente verticale (barre d'étirage). Le verre passe, sous une légère pression, au travers de la fente et forme une feuille stable et sans rétrécissement. En faisant varier la profondeur d'immersion de la barre d'étirage dans le bain de fusion et en jouant sur la vitesse d'étirage, il est possible de modifier l'épaisseur du verre.

Contrairement à la technique du « float glass », le verre étiré devra subir une étape supplémentaire de polissage pour le rendre parfaitement plat.

Le verre creux

A la sortie du four, un mécanisme de cisaillement permet au verre d'être distribué sous la forme de gouttes (ou paraisons). Un mélange d'eau et d'huile soluble est vaporisé sur le système de coupe pour éviter qu'il ne surchauffe et pour éviter que le verre reste collé à lui. La mise en forme se fait suivant le procédé **soufflé-soufflé** ou **pressé-soufflé**.

Procédé soufflé-soufflé :

Sous l'effet d'un flux d'air, la goutte est comprimée dans un premier moule (ébaucheur) pour donner au produit sa forme extérieure primitive. Un contre soufflage dans l'ébaucheur donnera au verre sa forme intérieure primitive. Cette ébauche de produit est transférée dans un second moule (finisseur) dans lequel le vide est créé. La forme définitive de l'article est obtenue en lui injectant de l'air de refroidissement à l'intérieur.

Procédé pressé-soufflé :

C'est sous l'effet d'un poinçon (le plongeur), et non d'un contre soufflage, que la forme intérieure primitive de la goutte est réalisée dans l'ébaucheur. L'ébauche de l'article est transférée vers le moule finisseur où la forme définitive sera donnée selon le même processus que les articles soufflés-soufflés.

Pour améliorer les performances mécaniques des produits verriers creux, un traitement de surface peut être appliqué juste après l'étape de formage : « hot end coating ». Ce traitement consiste à déposer (par vaporisation) sur le verre, encore chaud, une fine couche d'oxyde d'étain ou d'oxyde de titane.

Des lubrifiants sont appliqués manuellement et automatiquement sur les moules pour éviter que le verre ne reste collé à eux.

Les équipements de mise en forme du verre creux nécessitent un lavage et une maintenance périodiques.

Les rebus de production sont refroidis par eau et sont souvent recyclés dans le bain de fusion.

Les fibres de verre textiles et non textiles et les autres verres

Les fibres de verre textiles :

Les fibres de verre textiles sont employées pour la confection de tissus et dans le renforcement de certains matériaux. En sortie de four, le verre est **étiré** mécaniquement à travers plusieurs filières disposées à sa base. Tous ces filaments continus sont enroulés sur des bobines tournant à grande vitesse. Ils sont refroidis rapidement sous l'action combinée de jets d'air et de pulvérisation de fines gouttelettes d'eau. Une première solution aqueuse de résines est projetée sur les filaments pour accroître leur résistance à l'abrasion ou faciliter leur association avec d'autres matériaux (en renforcement des plastiques par exemple).

Les fibres de verre non textiles :

Les fibres de verre non textiles sont généralement employées dans les applications d'isolation thermique ou acoustique et dans les techniques de filtration. Elles peuvent être mises en forme par **étirage centrifuge**, par **étirage par soufflage**, par **étirage centrifuge et soufflage**.

Étirage centrifuge : le verre fondu coule sur un disque qui tourne à grande vitesse. Il est projeté sous forme de fibres qui sont récupérées sur un tapis transporteur.

Étirage par soufflage : le verre fondu s'écoule par des filières et est projeté sous forme de fibres grâce à une soufflerie axiale de fluide chaud. Les fibres de verre sont collectées sur un tapis transporteur.

Étirage centrifuge et soufflage axial combiné : le verre fondu coule sur un disque qui tourne à grande vitesse et dont un des bords est perforé de trous de faible diamètre. La force centrifuge crée un

premier étirage sous forme de fil. Une soufflerie de gaz chauds ou de vapeur d'eau surchauffée agit perpendiculairement à la plaque de centrifugation et provoque la formation des fibres.

Dans le cas de production de fibres de verre, l'étape de formation des filaments continus et de la laine de verre est suivie d'une étape de polymérisation et de séchage des liants organiques. Le chauffage s'effectue dans un four (ou étuve), généralement à l'aide de la combustion de gaz ou à l'aide d'électricité ou encore indirectement à l'aide d'air chaud.

Les fibres optiques

Les fibres optiques sont fabriquées au départ d'un tube en verre (préforme) possédant les propriétés géométriques et optiques qui devront être celles de la fibre optique in fine. Cette préforme est suspendue à plusieurs mètres de haut. Un four, chauffé à plus ou moins 2000°C permet la formation d'une goutte (l'amorce) à l'extrémité de la préforme. L'amorce est ensuite étirée et forme la fibre optique. Une fois refroidie, une résine synthétique et colorée est appliquée sur la fibre. Au départ d'une préforme de 6 à 7 cm de diamètre et d'1 mètre de long, il est possible d'obtenir plus de 300 km de fibres optiques ayant une épaisseur de quelques centaines de microns. Facilement manipulable et presque incassable, la fibre est enroulée autour de bobines.

Les fibres optiques permettent de véhiculer des débits élevés d'informations (images, sons...) en convertissant des signaux électriques en signaux lumineux.

Les plats et récipients circulaires peu profonds

La paraison est déposée dans un moule qui est mis en rotation. Sous l'action de la force centrifuge engendrée par la vitesse, le verre épouse la forme du moule.

Les tubes en verre :

Les tubes en verre (tubes d'éclairage, seringues, capsules, etc) sont formés par extrusion et acheminés vers le four de recuit. Certains petits flacons et ampoules pharmaceutiques sont fabriqués à partir d'un tube de verre déjà élaboré qui sera réchauffé puis modelé.

Le verre des ampoules :

Le verre sortant du four de fusion est laminé entre deux cylindres. Un des cylindres est composé de cavités qui forment, sur le ruban de verre, une série d'empreintes de la forme d'une loupe. De l'air est immédiatement soufflé sous pression dans chacune des empreintes. Les «paraisons» ainsi formées sont façonnées dans des moules tournants (disparition des traces du moule et obtention d'un verre fin). Les ampoules, toujours accrochées au ruban de verre, sont décrochées et placées sur la chaîne de distribution alimentant les fours de recuit.

Les verres optiques et les écrans de téléviseurs

A sa sortie du four de fusion, le verre est découpé en paraisons de poids bien défini. Celle-ci est déposée dans un moule préchauffé et une **presse** lui donne sa forme. Le produit est démoulé et conduit vers les fours de recuit.

Le verre cellulaire

Un mélange de verre broyé et d'agents moussants (le carbone par exemple) est placé dans des moules et envoyé dans un four-tunnel. Le carbone en s'oxydant forme des bulles de gaz et provoque l'expansion de la matière. On obtient ainsi la structure cellulaire du matériau. Le verre cellulaire est démoulé et acheminé vers les fours de recuit.

Ce type de verre est un très bon isolant thermique, imperméable à l'eau et d'une stabilité dimensionnelle appréciable. Il peut être également présenté sous forme de granulés qui, incorporés à du ciment, donnent un matériau léger et isolant.

Le traitement thermique

Pendant le refroidissement du verre, les différences de températures qui peuvent se créer dans sa masse génèrent des déformations inégales et donc des tensions qui le fragilisent. Le but de ce traitement thermique est de limiter ces tensions à des valeurs acceptables.

La « recuisson » s'effectue dans un long four soumis à un gradient thermique bien déterminé. Les produits verriers évoluent sur un tapis transporteur ou sur des rouleaux.

Le verre est chauffé jusqu'à une température permettant d'obtenir une relaxation des contraintes indésirables et y est maintenu durant le temps nécessaire à une bonne homogénéisation des températures dans la masse du produit.

Le verre est ensuite refroidi lentement pour éviter l'apparition d'un gradient thermique. Lorsqu'il n'y a plus de risque d'apparition de contraintes permanentes, le verre est refroidi plus rapidement.

Les fours utilisés pour cette phase sont appelés « arche de recuisson » si le verre se présente sous la forme de récipients (bouteilles, gobelets, etc...) et « étenderie de recuisson » si le verre se présente sous la forme d'un ruban.

A l'entrée des étenderies de recuisson, dans lesquelles les produits verriers évoluent sur rouleaux, du SO₂ est envoyé de chaque côté du ruban de verre, fournissant ainsi un traitement de surface pour protéger le verre contre les dommages pouvant être causés par les rouleaux.

Ces fours de recuit sont généralement chauffés par la combustion de gaz naturel ou par effet joule (électricité).

Pour prévenir les dommages qui risquent d'apparaître au cours des manipulations futures du verre, un traitement de lubrification peut être appliqué sur certain verre creux, à la fin du refroidissement : « cold end coating ». Il s'agit de pulvériser sur le verre refroidi une solution aqueuse contenant de l'acide oléique et des produits à base de polyéthylène.

Souvent, le « hot end coating » et le « cold end coating » sont combinés. La fine couche d'oxyde métallique, appliquée après l'étape de formage, agit comme un substrat pour retenir les molécules du lubrifiant organique à la surface du verre. La combinaison de ces traitements permet aux verres d'avoir une bonne protection contre les éraflures.

Le façonnage et la décoration

Les procédés qui suivent ne constituent pas une liste exhaustive mais sont généralement les plus utilisés.

La découpe et l'emballage de la laine de verre

Après le fibrage, une solution aqueuse de résine (liant) est pulvérisée sur les fibres. Il se forme, sur la bande transporteuse, un matelas qui est ensuite chauffé en étuve pour polymériser les liants.

Les produits sont ensuite découpés longitudinalement et transversalement et conditionnés sous la forme de rouleaux, de panneaux, de coquilles isolantes ou mises en sac sous forme de laine. Certains produits sont cousus ou collés sur du papier bitumé, des feuilles d'aluminium...

La découpe des fibres de verre continues

Les filaments continus sont déroulés puis introduits dans une machine mettant en rotation des cylindres coupants.

La fabrication d'un fil à tisser

Les filaments continus sont rassemblés en un fil qui sera soumis à une torsion (procédé similaire à celui employé dans l'industrie textile). Si les filaments n'ont pas été préalablement séchés, ils le seront pendant l'opération de torsion. Le fil formé est enroulé sur une bobine.

La fabrication de tissus en fibre de verre

Les filaments continus sont découpés et écrasés avant d'être déposés sur une toile métallique. Une solution aqueuse de liants organiques est appliquée sur le treillis. Le tissu, ainsi formé, est séché dans un four avant d'être enroulé sur un tambour.

La découpe du verre plat et du verre creux

Les techniques les plus utilisées pour découper le verre plat aux dimensions requises sont : le **découpage au laser**, le **découpage au jet d'eau** et le **découpage par « rayage-rompage »**.

La technique de découpe au laser peut entraîner, au niveau du tracé, une légère altération du verre. La température du laser est responsable de cette modification. Lorsque les contraintes du cahier des charges, relatives aux propriétés du verre, sont très strictes, la découpe au jet d'eau est privilégiée.

La technique la plus rapide et la plus simple est celle du « rayage-rompage ». Le rayage est obtenu à l'aide d'un matériau dur (carbure de tungstène par exemple) et le rompage est réalisé par l'application d'une pression de chaque côté de la ligne de rayage.

Le décalottage des verres creux consiste à couper la partie qui relie la paraison au dispositif de soufflage. Cette opération peut s'effectuer de différentes manières :

- le coupage à chaud qui consiste en une fusion du verre à l'endroit de la ligne de coupe
- le coupage par choc thermique : contact de la partie préchauffé du verre avec une pointe froide
- le coupage par rayage de la circonférence. La propagation de la fissure se fait par choc thermique. Cette opération doit être suivie par un meulage.

La trempe du verre

la trempe thermique

Pour augmenter la résistance mécanique d'un verre plat, celui-ci peut subir un traitement thermique particulier. Le verre formé est chauffé, si nécessaire, jusqu'à une température légèrement plus basse que sa température de ramollissement puis il est refroidi rapidement. L'utilisation de l'eau ou d'huile comme agents réfrigérants n'est pas idéale dans le sens où le refroidissement est beaucoup trop violent et provoque l'apparition de givre sur le verre. Actuellement, le volume à tremper est refroidi entre deux caissons à busettes par lesquels de l'air est soufflé perpendiculairement aux faces du volume.

Ce traitement brutal confère au verre une meilleure résistance en flexion, compression et torsion. On obtient ainsi un **verre trempé**. Les défauts tels que les fissures superficielles ne peuvent plus s'ouvrir sous l'effet d'un choc et lorsque le verre se brise, il se fragmente en de multiples petits morceaux moins coupants. En refroidissant différemment la zone centrale et la zone périphérique du verre, il est possible de conserver une certaine visibilité en cas d'éclatement (trempe différenciée).

Le verre qui a subi une trempe thermique ne peut plus être découpé.

Les fours de trempe utilisés sont de deux types : les fours « à suspension » et les fours « à plat ».

Dans les fours «à suspension », le verre est suspendu verticalement. Les attaches peuvent laisser des traces ou entraîner de légères déformations du verre.

Dans les fours «à plat », le verre est entraîné à plat sur un coussin d'air ou sur des rouleaux.

Généralement, ces fours de trempe sont chauffés électriquement mais la combustion de gaz peut aussi assurer l'apport calorifique nécessaire.

La trempe chimique

La trempe chimique consiste à modifier la composition chimique de la surface de l'objet en verre. Il est possible de remplacer les ions Na⁺ de la surface par d'autres ions alcalins plus gros. La conséquence de ce traitement est une violente mise en compression des faces du verre. La diminution de la teneur en oxyde de sodium peut être obtenue en mettant l'objet dans une atmosphère d'oxyde de soufre ou d'eau ou en immergeant l'objet dans une solution de sels fondus afin d'effectuer un échange de cations.

La trempe chimique n'empêche pas la découpe ultérieure du verre et permet de tremper des verres très minces. Par contre, il entraîne inévitablement le vieillissement du produit verrier.

Le feuilletage du verre

Une feuille de polymère peut être glissée entre 2 feuilles de verre plat est assurer leur liaison. On obtient un **verre feuilleté**. De très fins fils électriques peuvent aussi être incorporés entre les feuilles. En cas de bris, les fragments restent collés à l'intercalaire en polymère, ce qui permet d'éviter les risques de blessures, de conserver l'effet d'écran et la visibilité. La superposition de plusieurs couches verre/polymère permet d'obtenir des vitres de haute protection contre l'effraction et les projectiles.

Le collage du verre

Des feuilles de verre sont soudées par leurs bords en double ou triple vitrage, en laissant entre elles un espace rempli d'air ou de gaz. Les différents modes de scellement sont : le collage (à l'aide d'adhésifs) d'un intercalaire métallique renfermant un déshydratant, la soudure directe d'un profilé au verre, la soudure par rabattement d'un des verres.

Le thermoformage et le bombage du verre plat

Le thermoformage consiste à déposer une plaque de verre au-dessus d'un moule et à la chauffer dans un four. Sous l'effet de la chaleur, le verre se ramolli et épouse la forme du moule. Le verre est ensuite refroidi lentement.

Le bombage consiste à suspendre une plaque de verre entre deux supports métalliques. Elle est chauffée à une température suffisamment élevée (au-dessus de 600°C) pour qu'elle se cintre sous l'effet de la gravitation. Le verre est ensuite refroidi lentement.

Dans un four de bombage ou de thermoformage, l'apport calorifique est assuré par un chauffage électrique ou par la combustion de gaz naturel.

Le polissage du verre

Lorsque les surfaces ne sont pas parfaitement planes et présentent des imperfections, le verre est poli à l'aide de différents abrasifs. Pour polir le verre des écrans de télévision, des objectifs et des miroirs, on utilise de l'oxyde de cérium très finement divisé. On peut également polir le verre avec de l'oxyde de fer, de l'oxyde de zirconium et avec de la silice.

Le dépolissage du verre

Le sablage peut être employé pour dépolir le verre. Dans ce cas, le sable est projeté par air comprimé. Des caches peuvent être posés sur le verre afin de préserver les parties de la pièce dont on désire garder la transparence.

L'aspect satiné du verre peut être obtenu par dépolissage à l'acide fluorhydrique.

La taille décorative du verre

Cette opération peut être effectuée à l'aide d'une meule diamantée. La taille peut être manuelle (pour les objets d'art) ou automatisée (pour la production d'objet en grande série).

Le verre peut également être légèrement sculpter avec du sable projeté par air comprimé.

Il existe aussi la technique de gravure du verre à l'acide. Elle consiste à plonger le verre dans un bain d'acide fluorhydrique qui va attaquer le verre. Les parties du verre qui doivent rester intacts sont préalablement enduites avec un vernis protecteur.

La métallisation des verres

Les miroirs qui sont utilisés couramment sont fabriqués à partir d'une plaque de verre dont la face postérieure est recouverte par une couche réfléchissante (l'aluminium en général). Une seconde couche de cuivre ou de plomb, appelée le tain, est appliquée par-dessus la couche réfléchissante. Le verre sert de support et de protection à la couche d'aluminium et le tain rend le miroir complètement opaque. La lumière traverse donc le support en verre avant d'être réfléchi sur la couche d'aluminium. Il est possible de voir à travers un côté d'un miroir si celui-ci ne possède pas de couche de cuivre ou de plomb (miroir sans tain) et que la couche métallique réfléchissante est suffisamment mince.

Les miroirs qui sont utilisés dans les appareils de haute technologie (astronomie, optique) sont fabriqués à partir d'une plaque en verre ou en céramique et dont la face antérieure sert de support à la couche réfléchissante. Ici, la lumière ne traverse pas d'autre milieu et est réfléchi directement (pas de phénomènes de réfraction et de dispersion).

Pour diminuer fortement les reflets provenant de la réflexion de la lumière sur certains verres, un traitement antireflet est parfois nécessaire. Il consiste à déposer, sur le verre, une mince couche de matériaux (fluor de magnésium, dioxyde de titane, dioxyde de silicium ou autres oxydes métalliques). Les ondes lumineuses qui sont partiellement réfléchies par le verre et par la couche antireflet peuvent alors se neutraliser (sous certaines conditions d'amplitudes et de longueurs des ondes).

Ce type de traitement est devenu indispensable pour beaucoup d'instruments d'optique (instruments de bord, instruments d'horlogerie).

Les écrans tactiles capacitifs utilisent un écran de verre à la surface duquel est déposée une fine couche métallique conductive. En touchant l'écran, l'utilisateur crée un couplage capacitif avec le champ électrique et tire une petite quantité de courant au point de contact.

Le dépôt de ces couches métalliques se fera généralement par évaporation sous vide. Une autre technique consiste à bombarder (avec des électrons) la source de métal ce qui a pour effet d'arracher les atomes qui viendront se fixer sur le support de verre.

Emaillage du verre plat et du verre creux

Il s'agit d'appliquer sur le verre des poudres d'émaux miscibles à l'eau ou à l'huile. L'émaillage peut avoir un but esthétique (décoration, publicité), servir de marquage (repères), limiter l'ensoleillement...

Les différents produits utilisés et les techniques d'émaillage sont renseignés dans le cahier sectoriel de la Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie intitulé : « Emaillage et décoration du verre et de la céramique ».

Les différentes étapes pour l'émaillage des verres sont les suivantes :

- la préparation des émaux ;
- la préparation du verre : nettoyage aux détergents, rinçage et séchage. Ce prétraitement s'applique surtout pour le verre plat ;
- l'application des émaux par pulvérisation ou par sérigraphie;
- le séchage
- la cuisson

Matrice

Voir page suivante

FABRICATION ET FACONNAGE DU VERRE PLAT, DU VERRE CREUX ET DES FIBRES DE VERRE

DOMAINES				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		ELEMENTS CONSTITUTIFS DU MILIEU	PRINCIPAUX CRITERES D'EVALUATION DES INCIDENCES & OBJECTIFS DE QUALITE	Phase de chantier	Morphologie des bâtiments	Modification du relief du sol / consommation de sol superficiel	Prélèvements d'eau	Rejets atmosphériques	Rejets liquides	Stockage et gestion des déchets / résidus de fabrication	Stockage de matières énergétiques et de processus	Emissions sonores	Charroi externe et transports fixes
A I R	CLIMAT ET OZONE STRATO-SPHERIQUE	Emissions de gaz à effet de serre	1	X				X					
		Emissions de gaz qui appauvrissent la couche d'ozone	2					X					
	ATMOSPHERE	Aptitude du site à disperser les polluants	3	X				X					
		Qualités physico-chimiques de l'air	4	X				X		X			
E A U X	EAUX DE SURFACE	Débit annuel moyen du milieu récepteur	5	X	X	X	X	X	X	X	X		
		Objectifs de qualité (caractérisation)											
	EAUX SOUTERRAINES	Caractérisation de la couche aquifère	6	X	X		X		X	X	X		
		Objectifs de qualité											
S O L	SOL	Sensibilité à l'érosion	7	X		X							
		Qualité et usage du sol	8	X		X	X	X	X	X	X		
	SOUS-SOL	Stabilité	9	X					X				
B I O T O P E S	AQUATIQUES	Qualité biologique		X	X	X		X	X			X	X
	TERRESTRES	Maillage écologique	10	X	X	X		X	X			X	X
	SOUTERRAINES	Valeur patrimoniale du milieu naturel concerné		X	X	X		X	X			X	X
	DECHETS	Gestion des déchets	11	X						X	X		
	RESSOURCES NATURELLES DU SOL ET DU SOUS-SOL	Gestion rationnelle	12	X			X						
S A N T E / S E C U R I T E	CADRE DE VIE	Maladies et accidents	13	X					X	X			X
		AMBIANCE OLFRACTIVE	Odeurs	14	X								
		AMBIANCE AUDITIVE	Bruit	15	X								X
		VISUEL	Qualité paysagère	16	X	X	X		X		X		
H U M A N I T E	INTEGRITE	BIENS MATERIELS	Valeurs patrimoniales des biens immobiliers	17	X	X	X		X				
		ET PATRIMOINE	Intégrité physique des biens matériels	18					X				
		Capacité des équipements & infrastructures publics	19	X	X		X		X	X			X

A. La phase de chantier

La phase de chantier a des incidences sur :

- l'air
- l'eau
- le sol et le sous-sol
- les biotopes
- les déchets
- les ressources naturelles du sol et du sous-sol
- la santé et la sécurité
- le cadre de vie
- les biens matériels et le patrimoine

L'air

A1. Emission de gaz à effet de serre :

Les fumées, provenant essentiellement des différents moteurs des équipements de chantier et de la combustion illégale des déchets (pouvant être souillés par des substances dangereuses), émettent dans l'air de faibles quantités de NOx, SOx, CO, hydrocarbures, Composés Organiques Volatils, dioxines...

Les travaux de coffrage, de peinture, l'application de revêtement de protection sur les métaux et sur le bois, engendrent aussi de faibles émissions de COV.

Les opérations de soudure peuvent générer, en très faible quantité, des gaz toxiques (CO, gaz acides...).

A3. Aptitude du site à disperser les polluants :

Identifier les éléments du voisinage susceptibles de subir les impacts des polluants gazeux et des retombées de poussières (activités, habitat, patrimoine bâti, etc.) en fonction des conditions climatiques (vent, température) et topographiques locales.

A4. Qualités physico-chimiques de l'air :

Les principales incidences d'un chantier de construction, sur la qualité physico-chimique de l'air, est la poussière générée par les opérations de démolition, le remplissage des silos à ciment (lorsque le béton est fabriqué sur chantier), les opérations de sablage, le transport et le déchargement de matériaux ; les poussières générées par le roulage des engins et l'action du vent sur les surfaces découvertes, essentiellement par temps sec et venteux et le stockage de déchets de construction

Moyens d'action pour limiter ces impacts :

La seule manière de limiter ces émissions est de choisir des produits contenant moins de solvant, de favoriser l'emploi d'huiles végétales, d'interdire la combustion des déchets sur chantier (particulièrement en ce qui concerne les déchets souillés par des substances dangereuses), de remplacer, petit à petit, l'ancien matériel par des nouveaux équipements moins polluants.

L'installation d'un système de dépoussiérage permet de limiter les poussières engendrées par le remplissage des silos à ciment. Cet achat est reproductible sur les chantiers où sont implantées des centrales à béton et pourrait être imposé en site urbain.

L'aspersion d'eau, lors d'une opération de démolition, est la seule technique de réduction des poussières. Les concasseurs mobiles peuvent aussi être munis d'un système d'aspersion des gravats.

Les voies d'accès temporaires peuvent être recouvertes de granulats et arrosées. Les routes, en sortie de chantier doivent être nettoyées et les camions transportant des matériaux poussiéreux doivent être bâchés.

L'eau

A5. Eaux de surface :

A6. Eaux souterraines :

Les principaux fluides polluants utilisés sur les chantiers de construction sont :

- les huiles de décoffrage pulvérisées sur les banches à béton ;
- les laitances (fortement basiques) de béton, issues du lavage des bennes ou des centrales à béton ;
- les peintures, les solvants, les enduits de protection qui sont employés dans les travaux de finition ou de pré-traitement des métaux, du bois... ;
- les carburants et les lubrifiants utilisés par les engins de chantier ;
- les eaux nécessaires aux lavages des matériaux ou des machines de chantier ;
- les eaux utilisées pour réduire les émissions de poussières dans l'air ;
- les eaux nécessaires aux infrastructures d'accueil du personnel (cabane de chantier, cantine, WC...).

Les eaux de ruissellement peuvent être polluées par des matériaux terreux et des fines poussières.

En cas de rejets directs, ces effluents liquides peuvent contaminer les eaux de surfaces, pénétrer dans le sol et polluer les eaux souterraines. Il s'agit de risque de pollutions organiques et minérales.

En cas de rejets directs dans le réseau d'assainissement, les laitances des bétons (très chargées en matières en suspension) peuvent entraîner le colmatage du réseau. Les solvants, lubrifiants et autres produits dangereux sont susceptibles de perturber le fonctionnement des stations d'épuration.

Le pompage des eaux dans les excavations peut provoquer un rabattement de la nappe phréatique. Les excavations peuvent aussi ouvrir des brèches dans les couches de sol étanches qui séparent des réseaux aquifères différents et permettre à des polluants de surface d'atteindre des couches plus profondes.

Le pompage des eaux dans les excavations peut provoquer un rabattement de la nappe phréatique. Les excavations peuvent aussi ouvrir des brèches dans les couches de sol étanches qui séparent des réseaux aquifères différents et permettre à des polluants de surface d'atteindre des couches plus profondes.

Moyens d'action pour limiter ces impacts :

La réduction des rejets polluants passe par :

- le choix des produits moins nocifs pour l'environnement. Par exemple, il existe des huiles de décoffrage à base végétale qui sont plus facilement biodégradables que les huiles minérales. Le choix peut aussi se porter sur des peintures, des vernis, des solvants et des colles hydrodiluables ou pauvres en solvant ou sur des produits labellisés «environnement » ;
- des précautions à prendre en matière de stockage des produits et des déchets. Les aires d'entreposage et de transvasement de liquides potentiellement polluants doivent être couvertes et munies d'une zone de rétention étanche. Les vidanges des moteurs ou d'huiles hydrauliques doivent, si possible, ne pas se faire sur le chantier sauf si celui-ci dispose d'une zone de récupération et de stockage de ces huiles. Les différents liquides usagés, destinés à être traités ou éliminés, doivent être collectés dans des bacs ou fûts spécifiques et ne peuvent pas être mélangés ;
- le choix de techniques limitant les rejets. Les effluents pollués doivent être prétraités (bac de décantation, lit de sable, autres filtres) avant d'être rejetés. Ainsi, sur les gros chantiers, les laitances des bétons peuvent être récupérées dans des bacs de

décantation et l'eau claire surnageante peut être rejetée ou mieux réutilisée dans la fabrication de béton frais. La pulvérisation des huiles de décoffrage à une distance optimale et l'utilisation de pulvérisateurs adaptés et maintenus en bon état de fonctionnement permettent de diminuer les quantités d'huiles nécessaires. Le développement de systèmes de coffrage sans huile semble intéressant à suivre.

Le sol et le sous-sol

Les rejets directs d'effluents liquides pollués, dont il est question au point précédent, sont également susceptibles de contaminer le sol et le sous-sol, de même que l'enfouissement illégal de déchets dangereux.

Les matériaux issus des travaux d'excavation et de déblai sont souvent réutilisés pour des opérations de remblai (épandage et compactage). Si certaines terres de déblai sont contaminées, elles peuvent, lors d'un remblayage, entraîner la pollution d'un sol sain. Il importe donc de les séparer des déblais non contaminés et de les assainir in-situ ou ex-situ par des traitements biologiques, physico-chimique, thermiques.

Les risques de déstabilisation du sous-sol sont faibles, mais il faut toujours garder à l'esprit que le pompage d'eau dans les excavations profondes peuvent provoquer des perturbations au niveau de la structure du sol.

L'importance du phénomène d'érosion sur un chantier de construction dépend essentiellement de l'importance des travaux de déblaiement, de remblaiement, d'égalisation des terres, de la nature du sol, de la couverture végétale sur et aux alentours du chantier. Le charroi lourd, utilisé pour les gros chantiers, risque de compacter le sol et de réduire sa perméabilité favorisant ainsi le ruissellement en surface et donc l'érosion.

A7. Sensibilité à l'érosion :

- Evaluer l'augmentation des risques d'érosion et de glissement de terrains après modification du relief (creusement, dénivèlement, etc.) et/ou de la couverture végétale, entraînant un ruissellement d'eaux pluviales non collectées sur le site:
 - risques sur le site,
 - risques en contrebas du site (présence de sols nus en flanc de coteau tels labours, coupes forestières à blanc, etc.),
 - risques au niveau des berges des milieux aquatiques récepteurs.
- Prévoir les mesures permettant de limiter les risques d'érosion du sol.

A8. Qualité et usage du sol :

- Identifier les surfaces de sol affectées au projet et au chantier :
 - aires de travail,
 - voies d'accès,
 - parkings,
 - baraquements.
- Evaluer les quantités et la qualité des terres mises en œuvre (déblais et remblais) et identifier l'origine ou la destination de celles-ci.
- Identifier la présence de citernes enterrées, conduites et câbles souterrains dont l'intégrité devra être préservée dans le cadre de la mise en œuvre du chantier, et informer les intervenants extérieurs.
- Prévoir les mesures permettant :
 - de limiter les risques de pollution du sol et du sous-sol par des hydrocarbures (épanchements accidentels, vidange de lubrifiant, entretien, etc.) et autres substances toxiques (peintures, solvants, etc.).
 - de confiner et récupérer les épanchements.

A9. Stabilité :

- Aborder le problème de stabilité du sol et du sous-sol (tassement, glissement, effondrement de terrain lié à la présence de karsts ou de failles actives, à un rabattement de la nappe, etc.) qui pourrait affecter les conditions de stabilité des bâtiments existants et à réaliser dans le cadre du projet.
- Prévoir les mesures permettant d'assurer la stabilité des ouvrages

Les biotopes

A10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :

Les zones construites peuvent provoquer des dommages directs et indirects sur la qualité biologique et sur le maillage écologique. Les dommages directs sont essentiellement causés par le défrichage et par les travaux de terrassement (nivellement du terrain, excavation, forage...).

La compaction des sols, les éventuels pompages d'eau et systèmes de drainage peuvent avoir une influence négative sur la préservation d'une partie de la faune et de la flore terrestres.

Une pollution du sol et des eaux par des hydrocarbures, des métaux lourds, des solvants, des adjuvants pour béton, des matières en suspension, etc, peut contribuer à l'altération des écosystèmes aquatiques et terrestres et à une bioaccumulation de polluants tout au long de la chaîne alimentaire.

Les différentes pollutions et nuisances mentionnées ci-dessus ont, sans nul doute, un impact négatif sur la **valeur patrimoniale du milieu** naturel.

Il est impératif, pour les nouvelles et anciennes exploitations, de prendre toutes les mesures visant à prévenir, réduire et traiter les pollutions de l'air, du sol, de l'eau ainsi que les autres nuisances environnementales.

Moyens d'action pour limiter ces impacts :

Avant d'éliminer la végétation existante il est impératif de s'assurer qu'elle n'est pas protégée. Pour préserver le maillage écologique, des plantations d'arbres et d'arbustes, les plus adaptées au milieu, peuvent être envisagées aux alentours du chantier. Le but étant de remplacer les niches écologiques détruites et d'assurer les prochaines liaisons entre les différents habitats du milieu naturel.

Les itinéraires des engins de chantier et l'emplacement des aires de stockage doivent être choisis pour éviter, dans la mesure du possible, la compaction des endroits sensibles et permettre la préservation des espèces végétales de valeur.

Le déplacement des terres doit se faire, si possible, sur les distances les plus courtes.

Des mesures permettant de limiter les pollutions de l'air, des eaux et du sol ont déjà été discutées précédemment.

Les mesures à prendre pour limiter le bruit sont présentées dans le chapitre consacré au « cadre de vie ».

Les déchets

Les principaux déchets d'un chantier de construction sont :

1. les déchets inertes :

- les terres et matériaux de terrassement ;
- les gravats de béton et de ciment ;
- les gravats de maçonnerie ;

2. les déchets non dangereux :

- les déchets de bois non souillés ;
- les déchets métalliques ;

- les déchets de plâtre ;
- les déchets de verre ;
- les déchets de plastique provenant des emballages ou des jutes de matériaux de construction ;
- les déchets de papier/carton provenant essentiellement des emballages ;

3. Les déchets dangereux :

- les restes des anti-corrosifs, des adjuvants, des ignifugeants, des hydrofugeants, des produits antirouilles, des solvants, des diluants, des détergents, des peintures, des huiles...
- les emballages plastiques et métalliques souillés par les produits dangereux ;
- les déchets d'amiante.

A11. Gestion des déchets :

Avant de s'intéresser à l'évacuation des déchets, il est primordial d'essayer d'en réduire la quantité et la nocivité. Pour cela, il faut :

- réduire, lorsque c'est possible, les déchets d'emballage en favorisant l'achat de matières en vrac et en grandes quantités ;
- privilégier les fournisseurs permettant le retour des emballages (palettes consignées, bidons réutilisables...) et lorsque ce n'est pas possible, demander aux fournisseurs d'éviter les emballages excessifs ;
- bien gérer les approvisionnements (quantité, fréquence, conditionnement) pour limiter les pertes ;
- privilégier le calepinage et, si possible, la livraison d'éléments déjà découpés (limitation des chutes)
- favoriser, dans la mesure du possible, l'utilisation de matières moins polluantes : huiles végétales, peintures, vernis, solvant, colles hydrodiluables ou pauvres en solvant, produits labellisés «environnement »...
- Les stockages des déchets susceptibles de contenir des produits polluants doivent être réalisés sur des aires étanches et aménagées pour la récupération des eaux de ruissellement ;

La séparation des différentes catégories de déchets permet de trouver plus facilement des filières de recyclage, de valorisation énergétique et d'élimination. Le tri des déchets à la source est facile et efficace si la gestion des déchets sur le chantier a été correctement planifiée. D'un point de vue environnemental, les filières de réutilisation, de recyclage (internes ou externes) et de valorisation énergétique, sont à privilégier par rapport à la mise en Centre d'Enfouissement Technique.

Les ressources naturelles du sol et du sous-sol

Indirectement, les chantiers de construction utilisent des produits dont la fabrication nécessite le prélèvement d'une quantité non négligeable de ressources naturelles : fabrication de ciment, de chaux, de plâtre, de produits céramiques (briques, tuiles), de produits métalliques...

Les ressources naturelles, consommées directement sur les chantiers, sont :

- les eaux utilisées pour la fabrication du béton, pour le lavage des matériaux et des machines de chantier, pour réduire les émissions de poussière, pour les infrastructures d'accueil du personnel (cabane de chantier, cantine, WC)... ;
- les terres de remblai et de déblai ;
- les granulats ;
- le bois ;

- les énergies fossiles.

A12. Gestion rationnelle :

- Identifier les approvisionnements en énergie : électricité, gaz.
- Identifier les approvisionnements en eau.

Moyens d'action pour limiter ces impacts :

La consommation d'eau peut être réduite si le personnel est sensibilisé à bien fermer les robinets, à signaler toutes fuites, à éviter les nettoyages inutiles. Il existe des systèmes de limitation des débits aux valeurs strictement nécessaires, disponibles à moindre coût.

Une partie des eaux de pluie et de pompage ainsi que les eaux usées traitées in situ peuvent être récupérées et réutilisées.

Pour limiter les évacuations de terre, il faut essayer d'arriver à un équilibre entre les terres de déblai et les terres de remblai.

Une partie des granulats nécessaires à la fabrication des bétons, à la réalisation de chemins pour les engins de chantier peuvent provenir des centres de tri et de concassage de déchets inertes.

La santé / sécurité

A13. Maladies et accidents :

Les principales nuisances perçues par le personnel de chantier sont le bruit, la nocivité des produits et des techniques, les poussières et les vibrations.

Les niveaux de bruit sur un chantier peuvent altérer rapidement, et souvent de manière irréversible, les capacités auditives des ouvriers, provoquer des troubles du sommeil et rendre agressif. Les travaux exposant les travailleurs à des niveaux de bruit supérieurs à 85 dB(A) nécessitent une surveillance médicale spéciale de ceux-ci. Les lésions occasionnées par l'utilisation de matériels bruyants (chargeuses, pelles mécaniques, marteaux piqueurs, vibreurs à béton, compresseurs, pistolets de scellement, scies électriques, etc.), peuvent être considérées comme maladies professionnelles.

Moyens d'action pour limiter ces impacts :

La manière la plus efficace pour se protéger reste le port de protections auditives (casque antibruit, bouchons d'oreille). La limitation du bruit passe par le choix de matériels moins bruyants (nouvelles machines homologuées, matériels insonorisés, machines alimentées à l'électricité, etc.), par le choix de techniques moins bruyantes (utilisation de pieux forés, au lieu de pieux battus, pour la réalisation des fondations, utilisation de banches à écrous serrés à la clé au lieu d'écrous à ailettes, réalisation de réservations bien dimensionnées pour éviter les reprises ultérieures du béton sec au marteau piqueur, utilisation de matériaux prédécoupés en ateliers pour éviter les découpes sur chantier). La réduction des nuisances sonores peut également se faire en limitant la durée des opérations les plus bruyantes. La multiplication des sources sonores n'entraîne pas une augmentation proportionnelle du bruit : par exemple deux marteaux piqueurs, émettant chacun 90 dB(A), produisent, en fonctionnant simultanément, environ 93 DB(A).

Sur les chantiers, sont mis en œuvre des matériaux, des produits et des techniques pouvant parfois présenter des risques vis à vis des ouvriers, surtout lorsque ces mises en œuvre se répètent régulièrement pendant leur carrière.

Moyens d'action pour limiter ces impacts :

Recenser ces matériaux avant le début des travaux permet de les remplacer par d'éventuels substituts moins nocifs ou de mieux organiser la protection des travailleurs. Par exemple, les colles à base de solvants organiques peuvent être remplacées par des colles à base de résines acrylique, les peintures en phase aqueuse sont moins nocives que les peintures glycérophtaliques (polluantes et dégageant une forte odeur), les huiles à base végétale peuvent remplacer les huiles minérales de décoffrage (plus polluantes et malodorantes). Des masques respiratoires peuvent être portés.

Les poussières générées par le trafic des engins sur le chantier, par la centrale à béton, par la découpe des différents matériaux de construction, par les opérations de démolition, peuvent entraîner des gênes respiratoires chez les travailleurs.

Réglementer l'accès des visiteurs.

Le cadre de vie

A14. Odeurs :

Les nuisances olfactives pour les riverains d'un chantier de construction sont normalement très faibles et concernent surtout les ouvriers appelés à pulvériser des huiles minérales de décoffrage, à effectuer des travaux de finition (peintures et autres revêtements de surface des matériaux métalliques, du bois, etc.), à réaliser des opérations de soudure...

La combustion, illégale, de déchets sur chantiers peut émettre des fumées malodorantes et nocives pour la santé des riverains.

A15. Bruit :

Il a été montré, précédemment, que les nuisances sonores produites par un chantier de construction pouvaient être conséquentes pour le bien être des riverains. Les plaintes concernant le bruit sont les plus fréquentes et il est donc impératif de bien informer les riverains sur la durée du chantier, sur les étapes les plus bruyantes et les dispositions prises pour limiter au maximum cette pollution (voir le paragraphe sur la limitation du bruit sur chantier).

A16. Qualité paysagère :

La disparition d'une partie de la végétation, les palissades qui entourent le chantier et qui sont mal entretenues ou couvertes de graffitis, l'accumulation de dépotoirs sauvages, ont un effet visuel négatif sur les riverains.

L'entretien des palissades, ou mieux, le choix de la mise en place d'une clôture grillagée permettant, par la même occasion, de suivre l'évolution du chantier, peuvent contribuer à limiter la pollution visuelle. De même, l'élimination régulière des dépôts sauvages aura aussi un impact positif et permettra d'éviter leur extension.

Les biens matériels et le patrimoine

A17. Valeurs patrimoniales de biens immobiliers :

La poussière et les vibrations émises principalement pendant les travaux de terrassement, de fondation, de démolition, de concassage, le trafic des engins lourds et l'emploi de machines vibrantes et tournantes peuvent salir et dégrader légèrement les biens immobiliers. Les vibrations qui peuvent causer des dégâts aux bâtiments sont celles qui dépassent 5 mm/s (seuil 50 fois plus élevé que le seuil de sensibilité d'une personne). La plupart des vibrations sont donc généralement plus gênantes pour les personnes que pour les bâtiments (sauf pour les constructions mal fondées et mal conçues).

A19. Capacité des équipements et infrastructures publics :

Suivant la taille et l'emplacement de l'usine, le trafic, généré par les rotations des camions de livraison et par les engins de chantiers, peut avoir des impacts négatifs sur les infrastructures routières. Des problèmes de saturation et de salissure du réseau ainsi que des problèmes de parking peuvent se poser.

Il est parfois utile d'étudier les horaires de livraison afin que ceux-ci gênent le moins possible la circulation des riverains. Un changement du plan local de circulation peut parfois s'avérer nécessaire.

Il est possible de réduire les salissures des routes (qui peuvent être dangereuses pour la circulation) en empierrant la rampe de sortie du chantier, en prévoyant un nettoyage régulier de la portion de route qui donne accès à cette rampe et en veillant à l'étanchéité des bennes des camions transportant des matériaux boueux ou poussiéreux.

B. La morphologie des bâtiments

Ce vecteur de modification n'est à considérer que dans le cadre d'un nouveau projet ou d'une modification significative d'installations existantes.

On entend par morphologie les caractéristiques de forme et d'aspect (superficie, volume, taille, architecture) des divers bâtiments, équipements, installations et stockages de matières liés au projet, y compris les installations externes faisant partie intégrante de celle-ci (comme la mise en place de voies d'accès au site, l'installation ou le prolongement de lignes électriques, les éléments de jonction de transport fixe comme conduites de gaz, bandes transporteuses et convoyeurs,... dans la mesure toutefois où ces installations externes ne font pas l'objet d'une EIE spécifique) pouvant interférer avec la qualité paysagère locale ou s'y intégrer.

La morphologie des bâtiments a des incidences sur :

- l'eau
- les biotopes
- le cadre de vie
- les biens matériels et le patrimoine

L'eau

B5. Eaux de surface

B6. Eaux souterraines :

- Estimer :
 - les incidences physiques potentielles sur les sources et nappes à faible profondeur,
 - la superficie des surfaces au sol imperméabilisées dans le cadre du projet,
 - les volumes d'eau pluviale collectés au niveau du projet (voiries, toitures),
 - la diminution de la réalimentation des eaux souterraines (suppression de l'infiltration des eaux de pluie),
 - la modification d'écoulement (ruissellement et réseau d'égouttage public) vers les eaux de surface.
- Identifier le circuit d'évacuation des eaux pluviales vers les eaux de surface en ce compris via la présence d'un bassin d'orage ou d'une citerne de récupération pour utilisation sur le site :
- Etudier les capacités d'absorption des eaux pluviales issues du site par les milieux récepteurs (cours d'eau ou conduite de dimension suffisante).

Les biotopes

B10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :

Identifier les impacts des éléments du projet (bâtiments, aire de stockage, voie d'accès, parking, etc.) sur le biotope :

- abattage d'arbres ou de haies remarquables,
- atteinte à des éléments biologiques possédant une valeur écologique ou patrimoniale (habitats/espèces rares ou protégés, élément du maillage écologique, effet de coupure, etc.).
- proximité de zones protégées (réserves naturelles, sites de grand intérêt biologique, zones Natura 2000, etc.).

Le cadre de vie

B16. Qualité paysagère :

Modification paysagère due à la modification du relief du sol, à la consommation de sol et de son couvert végétal (suite aux travaux d'implantation).

Identifier la morphologie (dimensions, formes, couleurs, matériaux) des éléments du projet :

- nouveaux bâtiments,
- cheminées,
- installations,
- voies d'accès,
- aires / quai de chargement / déchargement / stationnement,
- bandes transporteuses,
- silos et réservoirs de stockage en plein air,
- aire de stockage de déchets en plein air,
- etc.

Dégradation visuelle du milieu par la présence de déchets et résidus de fabrication affectant la propreté du site (cette incidence est à estimer en termes d'appréciation des dispositifs d'atténuation prévus par le demandeur - collecte et gestion des déchets et résidus de fabrication tels que fûts, emballages divers, pneus usagés,...).

Compatibilité des changements paysagers et/ou des éventuelles mesures d'intégration avec les divers usages récréatifs ou culturels du milieu récepteur (atteinte paysagère de proximité pouvant affecter la qualité d'attraction et par là, la fréquentation du milieu). L'impact visuel nocturne de l'éclairage du site et de ses abords.

Renforcement de l'incidence visuelle en cas de proximité d'un site d'intérêt paysager (proximité d'éléments classés du patrimoine, d'un centre récréatif ou culturel, d'un itinéraire RAVeL, etc.)

Moyens d'action pour limiter ces impacts :

Prévoir les mesures optimisant l'intégration paysagère du projet (verdurisation et plantation du site et des accès, architecture et couleurs des constructions, propreté du site).

Les biens matériels et le patrimoine

B17. Valeurs patrimoniales de biens immobiliers :

Renforcement de l'incidence liée à la vision directe de l'établissement en cas de proximité d'un patrimoine.

B19. Capacité des équipements et infrastructures publics :

Identifier les voies d'accès au site et les aires de stationnement sur le site (camions, véhicules personnels) pour que ceux-ci n'empiètent pas sur le domaine public. Si ceci ne peut être évité, les dispositions réglementaires nécessaires devront être prévues (à voir avec la commune).

Vérifier la compatibilité du projet avec les prescriptions d'occupation du sol (plan de secteur, schéma de structure communal, plan communal d'aménagement).

S'assurer que les capacités d'égouttage et d'épuration du réseau public sont suffisantes pour permettre l'évacuation et le traitement des eaux usées du projet.

Envisager, le cas échéant, les mesures à prendre pour éviter des problèmes de saturation des milieux récepteurs ou de pollution de ceux-ci.

C. La modification du relief du sol et la consommation de sol superficiel

Ce vecteur de modification n'est à considérer que dans le cadre d'un nouveau projet ou d'une modification significative d'installations existantes.

On entend par modification du relief du sol et consommation de sol superficiel, les modifications topographiques et les prélèvements de terres et autres matériaux liés au sol (dans l'ordre : couvert végétal, sol, sous-sol) occasionnés par la mise en place du projet proprement dit ainsi que des installations externes faisant partie intégrante de celui-ci (comme la mise en place de voies d'accès au site, l'installation ou le prolongement de lignes électriques, les éléments de jonction de transport fixe comme conduites de gaz, bandes transporteuses et convoyeurs,...), dans la mesure toutefois où ces installations externes ne font pas l'objet d'une EIE spécifique.

La modification du relief du sol et la consommation de sol superficiel ont des incidences sur :

- l'eau
- le sol et le sous-sol
- les biotopes
- le cadre de vie
- les biens matériels et le patrimoine

L'eau

C5. Eaux de surface :

Suite à l'imperméabilisation ou la modification végétale de la surface occupée par le bâtiment et installations annexes, absorption par le système hydrique récepteur de l'augmentation du ruissellement des eaux pluviales. Ces dernières peuvent entraîner des modifications du milieu aquatique récepteur.

L'auteur d'étude étudiera tant au niveau qualitatif des eaux (charge) qu'au niveau quantitatif (débit, volume, etc) les possibles modifications du milieu récepteur et, en fonction du résultat de cette étude, proposera si nécessaire des solutions de substitution propres à réduire ou éviter ces impacts.

Le sol et le sous-sol

C7. Sensibilité à l'érosion :

Développement ou augmentation de phénomènes d'érosion des sols et/ou de berges suite à l'augmentation du ruissellement des eaux pluviales du site non collectées (modification du relief et/ou suppression du couvert végétal). Cette incidence est à apprécier en termes de présence de terrains nus (labours, coupes forestières,...) en contrebas du projet et d'écoulement des eaux dans un cours d'eau récepteur de faible dimension.

C8. Qualité et usage du sol :

Le défrichage des terres, la consommation de sol pour l'érection des bâtiments, voies d'accès, installations connexes sont notamment des facteurs qui peuvent contribuer à modifier la qualité et usage du sol.

L'auteur étudiera les éventuelles alternatives qui pourraient être compatibles avec l'industrie

Les biotopes

C10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :

Eventuelle modification des biotopes présents (atteintes aux biotopes fragiles et patrimonialement reconnus, empiétement ou destruction d'habitats ou d'espèces protégées, effets de rupture des systèmes biologiques présents) engendrée par les différents travaux ou aménagements affectant le sol et son couvert végétal (déboisement, défrichage, excavation, abattage d'arbres ou de haies protégées,...)

Le cadre de vie

C16. Qualité paysagère :

Modification paysagère due à la modification de relief du sol, à la consommation de sol et de son couvert végétal (voir B.16).

Les biens matériels et le patrimoine

C17. Valeurs patrimoniales de biens immobiliers :

Renforcement de l'incidence paysagère en cas de proximité ou d'atteinte directe à un patrimoine classé et répertorié.

D. Les prélèvements d'eau

On entend par prélèvements en eau les puisages directs par le demandeur sur les réserves naturelles disponibles (nappes, eaux de surface,...) et les puisages indirects via les réseaux d'adduction d'eau potable, nécessaires aux besoins du projet (eau de refroidissement, eau de procédé, eau potable,...) et susceptibles d'induire des perturbations pour les autres utilisateurs ou gestionnaires. Ce facteur de modification est fortement dépendant des conditions locales.

Les prélèvements d'eau ont des incidences sur :

- l'eau
- le sol et le sous-sol
- les ressources naturelles du sol et du sous-sol
- les biens matériels et le patrimoine

L'eau

La consommation totale d'eau par tonne de verre produit peut varier considérablement d'une installation à une autre. Les opérations qui consomment les plus grandes quantités d'eau sont : le **refroidissement** (pour différentes parties des fours, pour les compresseurs d'air, les groupes électrogènes, certains produits verriers comme les filaments continus, les rebuts de fabrication en verre...), **les bains de trempe** et les **traitements ultérieurs** (la découpe, le polissage, le perçage, le nettoyage des verres, la préparation des résines, des émaux...).

Une grande partie des eaux de refroidissement peut être **réutilisée** pour les mêmes opérations **ou détournée** à d'autres fins :

- humidification du mélange vitrifiable (pour éviter la formation de poussières) ;
- refroidissement des gaz de fumées ;
- humidification des dérivées de la chaux sur les installations de désulfuration...

D5. Eaux de surface

D6. Eaux souterraines :

Evaluer

- les besoins en eau :
 - sanitaires,
 - lavage,
 - refroidissement,
 - procédé,

- bains de trempe et de traitement.
- l'origine possible des eaux :
 - captage d'eau de surface (potabilisable ou non potabilisable),
 - captage d'eau souterraine (potabilisable ou non potabilisable),
 - réseau public de distribution,
 - eau pluviale ;
- les débits d'eau nécessaires, en évitant le surdimensionnement non justifié des équipements d'approvisionnement et en vérifiant la capacité du réseau de distribution public à satisfaire les besoins du projet et des autres usagers (débit, pression).

Estimer l'impact d'un éventuel captage :

- d'eau souterraine : modification significative du niveau piézométrique, interférence avec des captages voisins ;
- d'eau de surface : modification du régime hydrique, répercussion sur des activités exercées en aval, éventuel traitement de l'eau avant utilisation et déchets induits par ce traitement.

Moyens d'action pour limiter ces impacts :

Certaines eaux peuvent être réutilisées ou orientées vers d'autres opérations.

De nombreuses usines s'orientent vers des **circuits fermés** et minimisent ainsi les quantités puisées et les rejets dans le milieu naturel. La consommation peut alors être réduite à la compensation des quantités perdues par évaporation et par les purges du circuit.

Des inspections régulières des canalisations permettent de détecter et de réparer rapidement les éventuelles fuites.

Des dispositifs «économie d'eau» tels que les commandes manuelles à pédale, les boutons poussoirs avec ressort de rappel ou électro-vannes commandées manuellement, visent à supprimer les écoulements d'eau continus.

Des systèmes de limitation des débits aux valeurs strictement nécessaires sont disponibles et sont peu coûteux. Ces dispositifs présentent cependant l'inconvénient de fournir des débits variables en fonction de la pression du réseau de distribution en eau. Lorsque ces variations ne sont pas souhaitées, il convient d'installer, en complément, des régulateurs de débit ou des régulateurs de pression à clapet et/ou à membrane.

La maîtrise et la bonne gestion des consommations impliquent **le contrôle régulier des quantités d'eau consommées** aux différents postes. Il est indispensable de mesurer les volumes ou les débits d'eau. Il existe des compteurs équipés d'un émetteur d'impulsions électriques permettant d'agir sur une électrovanne de coupure d'eau ou sur une alarme indiquant que la consommation d'eau est dépassée.

Le sol et le sous-sol

D8. Qualité et usage du sol :

Les prélèvements d'eau peuvent modifier, par appauvrissement des possibilités d'irrigation, les qualités et usages des sols situés en aval ou autour du projet.

L'auteur analysera les besoins des différentes parties intéressées par la ressource eau.

Les ressources naturelles du sol et du sous-sol

D12. Gestion rationnelle :

L'auteur d'étude s'attachera à vérifier que les équipements mis en place pour la consommation d'eau requise par le projet correspondent aux besoins de celui-ci sans être surdimensionnés. L'EIE

comportera un examen des diverses possibilités d'approvisionnement en eau et d'utilisation rationnelle des eaux (voir D6).

Les biens matériels et le patrimoine

D19. Capacité des équipements et infrastructures publics :

Dans le cas où l'approvisionnement en eau du projet est réalisé par connexion à un réseau public d'adduction d'eau, il conviendra de vérifier la capacité de ce réseau à satisfaire tant les besoins du projet que ceux des autres usagers en débit et pression.

E. Les rejets atmosphériques

Les rejets atmosphériques ont des incidences sur :

- l'air
- l'eau
- le sol et le sous-sol
- les biotopes
- le cadre de vie
- les biens matériels et le patrimoine

L'air

Le changement climatique

E1. Emission de gaz à effet de serre

E2. Emission de gaz pouvant affecter la couche d'ozone :

Les fours verriers nécessitent de gros apports énergétiques et ne doivent pas être considérés comme les installations de combustion classiques. Les fumées sont constituées des produits provenant de la combustion des énergies fossiles mais aussi des gaz issus de la décomposition des matières premières enfournées. Principalement du CO₂, des NO_x, des SO_x, des fluorures, des chlorures et des poussières.

On notera que dans certains cas, les émissions de CO peuvent être significatives.

Certains gaz générés contribuent à l'**effet de serre**, caractérisé par un réchauffement climatique global de la planète (cfr. Protocole de Kyoto, 1992). D'autres ont des incidences négatives vis-à-vis de **la couche d'ozone** (ozone stratosphérique) parmi lesquels les halons, largement utilisés par le passé comme agent d'extinction d'incendies, et les chlorofluorocarbones (CFC) et hydrochlorofluorocarbones (HCFC) précédemment utilisés dans les systèmes de conditionnement d'air. Un calendrier d'interdiction de ces gaz est en œuvre au niveau européen (Règlement européen n°2037/2000 du 29.06.2000).

- Examiner la contribution du projet à la problématique des gaz à effet de serre (CO₂ essentiellement) en évaluant les quantités globales et unitaires² de GES³ produits.
- Identifier les gaz utilisés dans les systèmes de conditionnement d'air et d'extinction d'incendies.
- Choisir des équipements contenant des fluides frigorigènes à potentiel de réchauffement global faible (R-32, R-407C ou R-410A par exemple) et des systèmes d'extinction d'incendies dépourvus de halons (inergen, argonite®, FM200®, etc.).

² Quantité unitaire = Quantité de GES produit par unité de produit fabriqué.

³ GES = Gaz à effet de serre

Hormis les fours de fusion, les autres fours (fours de recuisson, fours de trempe, fours de thermoformage et de bombage, étuves/fours de séchage des produits à base de fibre de verre, fours de cuisson des verres émaillés...) émettent aussi du CO₂, des NO_x, des SO_x, des fluorures, des chlorures, des poussières et des métaux.

La réduction des émissions dans le secteur verrier se fait par des actions visant à éviter ou réduire la formation des polluants (mesures primaires) et par des actions qui consistent à les éliminer par un traitement approprié (mesures secondaires).

Moyens pour réduire la formation et les émissions de CO₂

Mesures primaires

Il est impossible de réduire la formation de CO₂. Lors de la combustion, le carbone présent dans le combustible se retrouvera automatiquement sous forme de gaz carbonique (ou de CO en cas de combustion incomplète). Pour diminuer les émissions de CO₂, il n'existe qu'une méthode primaire très simple : réduire la consommation d'énergie fossile. Pour cela il existe quelques techniques :

- Isolation thermique des fours : elle a conduit, ces dernières années, à une forte diminution des consommations énergétiques dans le secteur verrier. Cette technique a cependant ses limites car un four trop isolé surchauffe énormément et peut conduire à la détérioration rapide des réfractaires. Il faut également savoir que les réfractaires de la cuve ne sont pas scellés et que c'est le verre, qui en se refroidissant et en se solidifiant entre les briques, assure le rejointoiement. En cas de surchauffe des fours, la chaleur des réfractaires empêcherait le verre de se solidifier et ce dernier coulerait entre les briques ;
- utilisation des fours à régénérations ou à récupération ;
- utilisation de fours à oxycombustion : la suppression de l'azote de l'air qui ne participe plus à la combustion réduit le volume de fumées et améliore le rendement thermique des fours. Néanmoins il ne faut pas oublier, en faisant le bilan énergétique global, que la fabrication de l'oxygène est une opération qui consomme aussi de l'énergie.
- l'utilisation de calcin dans le mélange vitrifiable : ce verre recyclé fond à plus ou moins 1000°C au lieu de 1500°C pour les matières premières habituelles. Son utilisation permet donc d'économiser de l'énergie.

L'utilisation de l'électricité pour produire de la chaleur permet d'éviter les émissions liées à la combustion des énergies fossiles sur le site d'exploitation. Néanmoins, le coût élevé de l'électricité rend cette solution inaccessible pour un grand nombre de secteur verrier (dont la production de verre sodocalcique). Il faut aussi prendre en compte le fait que le bilan global d'émission n'est pas forcément plus favorable à l'environnement si l'électricité est produite à partir des énergies fossiles, surtout pour les émissions de CO₂

Les NO_x

Les hautes températures nécessaires à la conception d'un verre de qualité favorisent la formation d'oxydes d'azote (NO_x = NO et NO₂). Les fours de verrerie produisent essentiellement du NO et peu de NO₂. Lors de la combustion, le NO peut se former de différentes manières :

- l'azote moléculaire et l'oxygène présents dans l'air (comburant) réagissent pour former du NO : « **NO thermique** » ;
- des molécules azotées organiques présentes dans le mazout se libèrent, principalement sous forme de HCN et de NH₃. Ces molécules réagissent avec l'oxygène (apporté par l'air) pour former du NO : « **NO du combustible** » ;
- le gaz naturel contient parfois de l'azote moléculaire dont l'oxydation peut également conduire à la formation de NO.

Au contact de l'atmosphère, le monoxyde d'azote s'oxyde très rapidement en **dioxyde d'azote**.

Les émissions de NOx sont également provoquées par la décomposition des substances azotées présentes dans le mélange vitrifiable (par exemple dans le cas d'utilisation de nitrates comme affinant).

Les hautes températures atteintes dans les fours verriers empêchent la formation de protoxyde d'azote (N₂O : gaz à effet de serre).

Moyens d'action pour réduire la formation et les émissions de NO_x

Mesures primaires

La production de chaleur par électricité, lorsqu'elle est économiquement possible, reste le système de chauffe le moins polluant au niveau du site d'exploitation.

Les techniques visant à réduire la formation de NOx au niveau des fours reposent sur le principe de l'abaissement de la température de la flamme ou sur la réduction de l'apport d'oxygène dans la partie la plus chaude du foyer. Certaines des technologies qui suivent peuvent être combinées :

- la réduction du rapport air/combustible ;
- abaissement de la température de préchauffage ;
- recirculation des gaz de combustion : les fumées, refroidies et évacuées par le générateur de chaleur, sont réinjectées au niveau des brûleurs. L'air comburant est ainsi dilué et est donc moins riche en Oxygène. La température de la flamme est, elle aussi, plus basse. Toutes ces conditions entraînent une diminution des émissions de NOx ;
- la combustion étagée : elle consiste à avoir une zone réductrice en début de flamme (zone la plus chaude) puis une zone oxydante fonctionnant en excès d'air. Dans un foyer comportant plusieurs brûleurs, ceux de la partie inférieure sont sous alimentés en air tandis que ceux de la partie supérieure sont suralimentés en air. Cette technique permet une réduction des NOx de 40 à 50 %, voir 70 % avec le gaz naturel mais ne sont applicables qu'aux grandes installations et génèrent des émissions excessives de CO et d'imbrûlés ;
- l'utilisation des brûleurs « bas NOx » ;
- l'oxycombustion : technique visant à remplacer l'air de combustion (et donc l'azote qui le compose) par de l'oxygène. La formation de NOx thermiques est ainsi fortement réduite. L'oxycombustion est techniquement applicable à l'ensemble de l'industrie verrière mais est encore jugée, par les secteurs du verre plat et de la verrerie domestique, comme une technologie comportant un risque financier élevé.
- L'utilisation de l'électricité pour produire de la chaleur permet d'éviter les émissions liées à la combustion des énergies fossiles sur le site d'exploitation. Néanmoins, le coût élevé de l'électricité rend cette solution inaccessible pour un grand nombre de secteur verrier (dont la production de verre sodocalcique). Il faut aussi prendre en compte le fait que le bilan global d'émission n'est pas forcément plus favorable à l'environnement si l'électricité est produite à partir des énergies fossiles.

Mesures secondaires

- La réduction chimique par le combustible : cette technique consiste à injecter du combustible dans le courant des gaz brûlés pour réduire chimiquement les NOx en N₂ : $\text{CH}_4 + 2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Les deux techniques qui ont été développées dans l'industrie du verre sont le procédé 3R et le Reburning. Elles permettent d'atteindre des niveaux de rejet inférieurs à 500 mg/Nm³ pour une augmentation de la consommation énergétique de 6 à 10 %. Les inconvénients de cette méthode sont l'augmentation de la consommation de combustible et la production de fumées fortement réductrices qui pourrait avoir une influence sur la durée de vie des réfractaires des régénérateurs.

- La réduction catalytique sélective (RCS). Elle consiste à faire réagir le NO avec de l'ammoniac aux alentours de 400°C : $\text{NO} + \text{NH}_3 + \text{O}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$. La plupart de ces applications dans l'industrie du verre nécessitent un système comprenant un dépoussiérage et un lavage des gaz acides. La RCS permet d'atteindre des niveaux d'émissions inférieurs à 500 mg/Nm³. La méthode de réduction catalytique sélective présente l'inconvénient de devoir stocker et manipuler de l'ammoniac, substance dangereuse pour l'environnement et appartenant à la liste des produits soumis à la Directive européenne « seveso ».
- La réduction non catalytique sélective (RNCS) se base sur le même principe que la RCS mais se déroule à température plus élevée (800 à 1100°C) et ne nécessite pas de catalyseur. La RNCS est réalisée sans opération de dépoussiérage ni de lavage des gaz acides. La technique est en principe applicable à tous les procédés verriers (nouvelles usines et usines existantes). La principale difficulté est d'introduire le réactif en un point du circuit des gaz brûlés où la température est suffisante pour que la réaction se fasse. Cette difficulté se pose plus particulièrement pour les fours à régénération car les températures idéales à la réaction se retrouvent dans une zone (du régénérateur) qui change de niveau en fonction des conditions d'exploitation. Les fours à récupérateurs conviennent mieux à la RNCS. Comme pour la RCS, la méthode de réduction non catalytique sélective présente l'inconvénient de devoir stocker et manipuler de l'ammoniac, substance dangereuse pour l'environnement et appartenant à la liste des produits soumis à la Directive européenne « Seveso ».

Les SO_x

Les émissions d'oxydes de soufre proviennent de l'oxydation du soufre présent dans le combustible mais également de la décomposition des composés soufrés introduits dans le mélange vitrifiable (par exemple, les sulfates utilisés comme affinants).

Moyens d'action pour réduire la formation et les émissions de SO_x

Le soufre présent dans le combustible est responsable d'une grande partie des SO_x émis au niveau d'une verrerie. La part des SO_x émanant des matières premières présentes dans le bain (les sulfates par exemple) dépend du type de verre à produire mais elle est en général inférieure à la part des SO_x produite par la combustion du mazout lourd.

Mesures primaires

Un des principaux moyens pour réduire la formation des SO_x est de choisir un combustible ne contenant pas ou très peu de soufre : le gaz naturel, le mazout TBTS (plus cher que le mazout BTS ou HTS). Il existe différentes catégories de mazout, classées en fonction de leur teneur en soufre : <1%, <2%, <3% et >3%. Le choix d'utilisation d'un mazout à faible teneur en soufre n'engendre aucun autre surcoût que celui lié à l'augmentation du prix du combustible.

Si le gaz naturel ne contient normalement pas de soufre, il est important de savoir qu'il présente l'inconvénient de générer plus de NO_x. A capacité de fusion égale, les températures atteintes avec le gaz naturel sont plus élevées et donc le risque de formation de NO_x est plus grand. Le choix d'utiliser du gaz au lieu du mazout nécessite parfois des modifications sur les anciennes installations (des brûleurs par exemple).

L'utilisation de l'électricité pour produire de la chaleur permet d'éviter les émissions liées à la combustion des énergies fossiles sur le site d'exploitation. Néanmoins, le coût élevé de l'électricité rend cette solution inaccessible pour un grand nombre de secteur verrier (dont la production de verre sodocalcique). Il faut aussi prendre en compte le fait que le bilan global d'émission n'est pas forcément plus favorable à l'environnement si l'électricité est produite à partir des énergies fossiles.

Un autre moyen de réduire la formation des NO_x est de limiter, dans la mesure du possible, les matières à base de soufre dans le mélange vitrifiable (essentiellement les sulfates utilisés comme agent d'affinage et comme agent oxydant).

Mesures secondaires

La principale mesure pour diminuer le rejet de SO_x est de désulfurer les fumées grâce à des procédés d'épuration par voie sèche ou par voie semi-sèche. Les deux systèmes reposent sur le même principe suivant : introduire un absorbant dans le courant des gaz brûlés pour qu'il réagisse avec les SO_x et forme un composé solide qui sera éliminé par un système de dépolluage (électrofiltres ou filtres à manches).

Dans le procédé d'épuration par voie sèche, l'absorbant est une poudre (Ca(OH)₂ ou NaHCO₃ ou Na₂(CO)₃). Dans le procédé semi-sec, l'absorbant (Na₂CO₃ ou CaO ou Ca(OH)₂) est ajouté sous forme d'une suspension ou d'une solution et l'eau qui s'évapore entraîne un refroidissement des gaz.

Ces absorbants sont aussi efficaces pour éliminer d'autres gaz acides (HF et HCl).

Certaines usines choisissent de recycler en interne les poussières collectées sur les filtres (comprenant aussi les poussières sulfatées). L'objectif est de remplacer, dans le mélange vitrifiable, une partie des sulfates par les poussières des filtres. Si la quantité de soufre introduite par le recyclage des poussières est incompatible avec le type de verre à fabriquer (par exemple les verres réduits à faible teneur en SO₃) Il faudra se résigner à choisir une filière d'évacuation externe.

Le système de désulfuration à la chaux par voie sèche et à 400°C est le plus répandu car il est économique. Le système semi-sec est plus efficace mais aussi plus coûteux.

Les fluorures (exprimés sous forme HF) et les chlorures (exprimés sous forme HCl)

Les fluorures et les chlorures, que l'on retrouve dans les effluents gazeux, proviennent des impuretés présentes dans les matières premières ou des agents intentionnellement ajoutés pour donner des caractéristiques particulières au produit verrier.

Les composés fluorés sont utilisés pour la fabrication des fibres de verre continues, verres opales...

L'acide fluorhydrique utilisé dans certaines applications de nettoyage, de dépolissage et de gravure du verre est aussi une source d'exposition aux fluorures.

Des composés chlorés peuvent être introduits dans le mélange vitrifiable par la soude ou les matières premières chargées de sel (par exemple, le chlorure de sodium est employé dans la fabrication de certains verres spéciaux). La teneur en chlore dans les gaz des fumées est relativement élevée pour les installations utilisant des huiles lourdes comme combustibles.

Le traitement « hot end coating » du verre creux, utilisant du chlorure d'étain ou de titane, peut engendrer des fumées et des vapeurs contenant du HCl et des composés métalliques.

De faibles quantités de **vapeurs d'étain** peuvent provenir du bain de flottaison du verre plat.

Les techniques de gravure du verre à l'acide fluorhydrique peuvent être la cause d'émissions de gaz fluorés.

Moyens d'action pour réduire la formation et les émissions de fluorures et de chlorures.

Mesures primaires

Les émissions de HF et de HCl proviennent généralement de la volatilisation des fluorures et des chlorures présents comme impuretés ou comme matières premières dans le mélange vitrifiable. Parmi les agents opacifiant, les composés fluorés (fluorure de sodium ou de calcium) sont souvent utilisés alors que l'oxyde d'étain ou de cérium sont moins toxiques et peuvent jouer le même rôle.

Il est possible de limiter la formation de HF et de HCl par une meilleure sélection des matières premières (dans la mesure du possible).

Mesures secondaires

Les unités de désulfuration, lorsqu'elles sont employées pour limiter les émissions de SO_x, servent aussi à neutraliser les composants acides HF et HCl.

Les poussières et métaux lourds.

Tous les secteurs de l'industrie du verre utilisent des matières premières en poudre, granulaires ou pulvérulentes. Les stockages et les manutentions de ces matières peuvent engendrer des **émissions de poussières** non négligeables.

Des poussières sont également émises lors du formage, de la découpe et de la manipulation **des laines de verre**. La plupart de ces particules sont trop grosses pour être respirables et ne sont pas de forme fibreuse. Lors de ces opérations, quelques fibres, plus petites et donc plus dangereuses, se retrouvent en faible concentration dans l'air et sont respirables par l'homme.

Au niveau de la fusion, lorsque les fumées se refroidissent au contact des réfractaires des régénérateurs, il y a condensation des constituants volatils du mélange vitrifiable qui se solidifient sous forme de fines poussières.

Suivant le type de verre à produire, les composants dans les fumées ne sont pas les mêmes et donc la composition des poussières est différente.

Pour la production de verre sodocalcique (le verre le plus courant), les poussières sont composées essentiellement de sulfate de sodium non toxique. Pour la fabrication de verre borosilicate, on retrouvera essentiellement des borates dans les poussières.

Lorsque la combustion n'est pas bien menée, il y a un risque de voir apparaître des imbrûlés (suies).

La fusion de verres spéciaux (verre neutre, verre au plomb, verre optique...) entraîne la formation de poussières contenant des **métaux lourds**. Les principaux métaux lourds émis par l'industrie du verre sont : le plomb, le zinc, le cadmium, le sélénium, l'arsenic, l'antimoine, le vanadium, le nickel, le chrome et le cobalt.

Certaines opérations de façonnage du verre (taille, polissage, sablage, perçage...) sont aussi susceptibles d'engendrer des émissions de poussières et de métaux lourds (pour les verres spéciaux).

La métallisation du verre, la pulvérisation d'émaux et la cuisson des produits verriers émaillés sont également des sources d'émissions de métaux lourds dans l'air.

Moyens d'action pour réduire la formation et les émissions de poussières et métaux lourds

Mesures primaires

Les émissions de poussières dans l'atmosphère peuvent être réduites en jouant sur la conduite des feux et en remplaçant les anciens fours par des nouveaux.

L'utilisation des émaux à faible dégagement de plomb ou des émaux sans plomb doit être préconisée dès que cela s'avère possible techniquement. Des émaux sans baryum ont également été mis au point et peuvent être employés pour décorer des objets qui ne seront pas soumis à d'importantes contraintes mécaniques.

Lorsque ces techniques restent insuffisantes, elles sont complétées par des mesures secondaires.

Mesures secondaires

Le principe de l'**électrofiltre** est de charger électriquement les particules de poussières et de les séparer du flux gazeux sous l'effet du champ électrique créé. Cette technique permet de retenir efficacement les poussières de granulométrie 0,1 µm à 10 µm. L'utilisation d'électrofiltre peut se faire dans toutes les anciennes et nouvelles installations de production de verre et les plus performants permettent d'atteindre un niveau de rejet de l'ordre **de 20 mg/Nm³**.

Le principe du **filtre à manches** est d'utiliser une membrane en tissu, perméable aux gaz mais pas aux particules de poussières. Ils permettent des niveaux d'émissions en permanence inférieurs à **10mg/Nm³** dans les anciennes et nouvelles installations. Ils sont très appréciés dans les installations qui rejettent des poussières de métaux et pour lesquelles un faible taux d'émissions est exigé. Les filtres à manches peuvent cependant se colmater dans certaines applications et ne sont donc pas toujours préférés aux électrofiltres.

Les Composés Organiques Volatils

Ils regroupent les hydrocarbures aliphatiques, aromatiques, halogénés ou oxygénés.

Dans le processus de fabrication des fibres de verre, des COV sont émis lors de la pulvérisation et du séchage des liants organiques mais également, dans une moindre mesure, lors des traitements «hot end et cold end coatings » du verre creux. La lubrification des machines de mise en formes du verre creux représente une faible source d'émission de composés organiques dans l'air.

La cuisson du verre émaillé entraîne l'apparition de COV dans les fumées : benzène, aldéhydes, formaldéhydes, phénols...

Moyens d'action pour réduire la formation et les émissions de COV.

Mesures secondaires

Trois processus sont applicables pour traiter les gaz venant de la partie des fours où sont émis les composés organiques volatils :

- l'incinération : elle se déroule à l'intérieur ou à l'extérieur du four émettant les composés organiques volatils. L'incinération n'est justifiée que pour de grandes quantités de solvants riches en matières organiques ou après concentration par adsorption sur du charbon actif. La chaleur dégagée lors de la combustion peut être récupérée et servir aux opérations de séchage ou de préchauffage. L'inconvénient de l'incinération c'est qu'elle peut produire des gaz de combustion polluants (CO et NOx). L'incinération détruit les solvants et ne permet donc pas de les réutiliser ;
- l'absorption par un liquide : le flux gazeux à épurer passe au travers d'une solution (l'eau en générale) dans laquelle les solvants pourront se dissoudre. L'inconvénient d'un tel système est la production d'un liquide résiduaire qu'il faudra traiter avant rejet ;
- L'adsorption par un solide (généralement le charbon) : Cette méthode est la seule qui permette de traiter les émissions de solvants en vue de leur récupération et de leur réutilisation. La structure microporeuse du charbon actif accroît l'adsorption des molécules de solvant sur la surface carbonée. Le charbon actif se présente sous forme de granule ou de tissu synthétique. L'adsorption des solvants se fait sur un lit adsorbant fixe, fluidisé ou rotatif. Les procédés utilisés pour la désorption et la régénération du charbon actif sont l'injection de vapeur d'eau, d'air chaud, d'azote chaud ou l'application d'un vide. Les solvants désorbés sont récupérés par condensation associée à une décantation ou une distillation. Lorsque la quantité de solvant à récupérer est faible, il vaut mieux confier les étapes de régénération du charbon actif et de récupération des solvants à un centre agréé. Si la quantité de solvant à récupérer en vue d'une réutilisation est importante, l'investissement d'une installation de récupération des solvants peut se justifier.

L'atmosphère

E3. Aptitude du site à disperser les polluants :

E4. Qualité physico-chimique de l'air :

Les émissions rejetées sous forme de poussières, gaz, vapeurs ou aérosols sont susceptibles d'engendrer des nuisances dont l'impact sera, selon la localisation et les conditions particulières liées à l'implantation et aux caractéristiques de l'industrie, soit locales, régionales, nationales et dans certains cas internationales.

Il faut distinguer :

1. les poussières issues d'actions mécaniques :

- refroidissement des produits par circulation d'air,
- transport de matières et combustibles (convoyeur, camions),
- manutention de produits fins,

- vidage / remplissage de silos de stockage,
- action du vent sur les aires de stockage de matériaux,
- charroi sur pistes non asphaltées,
- etc.

2. les polluants :

- gazeux (CO₂, NO_x, SO₂, CO, composés organiques volatiles, acides chlorhydrique et fluorhydrique,),
- particulaires (poussières, métaux lourds⁴),

issus des processus :

- de combustion (fours, moteurs de véhicules, chauffage des bâtiments),
- de fusion ,
- de stockage de combustibles fossiles (émission de COV).

Parmi ces émissions, certaines sont :

- canalisées (rejets aux cheminées après dépoussiérage),
- tandis que les autres sont de type diffuse (chute de matériaux, envolées de poussières sous l'action du vent, rejets diffus tout au long du procédé).

Sur les sites produisant ou manipulant des produits pulvérulents, les impacts des émissions diffuses sur le voisinage peuvent être aussi, si pas plus importants, que les émissions canalisées, en raison de l'empoussiérage du site. Une attention particulière doit être portée à cet aspect.

On distingue également les émissions continues (fusion) des émissions ponctuelles (manutention, entretien des systèmes de dépoussiérage).

Pour les émissions canalisées :

Caractériser les rejets (quantités totales et unitaires de polluants rejetés) en fonction :

- des caractéristiques des matières et combustibles entrants,
- des conditions de fonctionnement des installations (normales et transitoires : démarrage, paliers, dysfonctionnement, entretien, etc.),
- de l'efficacité et de la disponibilité des systèmes de dépoussiérage et/ou de dépollution mis en place,
- des valeurs de référence (normes et valeurs guides) à l'émission applicables.

D'une manière générale, si les particules lourdes ont tendance à retomber aux alentours du site de production, la dispersion des particules fines et des polluants gazeux dans l'atmosphère va dépendre des critères suivants.

- Le vent : une zone peu venteuse favorisera l'accumulation des polluants tandis que leur dispersion dans l'atmosphère augmentera avec la vitesse et la turbulence du vent.
- La turbulence atmosphérique : les situations dépressionnaires (basses pressions) correspondent, en général, à une turbulence de l'air assez forte et donc à des bonnes conditions de dispersion. En revanche, les situations anticycloniques peuvent engendrer des pics importants de pollution.
- La température : la chaleur augmente la volatilité de certains gaz. La température diminue avec l'altitude et donc les polluants émis au niveau du sol ont tendance à ce

⁴ Voir notamment la Décision de la Commission du 17 juillet 2000 concernant la création d'un registre européen des émissions de polluants (EPER) conformément aux dispositions de l'article 15 de la directive 96/61/CE du Conseil relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (IPPC) ; dans cette décision, huit métaux lourds doivent faire l'objet d'un reporting en cas de dépassement de charges annuelles émises : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn.

dispenser verticalement. Par contre, en hiver, si le ciel est bien dégagé et que le rayonnement terrestre nocturne a été important, la température au sol peut être inférieure à celle située à une centaine de mètres d'altitude de sorte que les polluants se retrouvent bloqués sous une couche d'inversion thermique. Pour peu qu'il n'y ait pas de vent, le pic de pollution sera important.

- La topographie locale : dans les vallées, les masses d'air ne se déplacent pas dans le même sens le jour et la nuit. Il faut savoir qu'elles se déplacent toujours du plus froid vers le plus chaud. Pendant la journée, les pentes se réchauffent plus rapidement et ce phénomène crée un courant qui remonte la vallée et entraîne avec lui les polluants émis dans l'air. La nuit, ce phénomène s'inverse : l'air froid s'écoule le long des pentes et s'accumule au fond de la vallée, tout en descendant. La pollution évacuée dans la journée est alors ramenée dans la vallée la nuit.

L'eau

E5. Eaux de surface :

Les industries du verre peuvent avoir un impact systématique sur l'eau par le biais des rejets atmosphériques. Ceux-ci peuvent en effet contenir des poussières ou des vésicules qui, une fois dans l'air, sont entraînées vers le sol par les précipitations ou par condensation.

L'auteur d'étude vérifiera les moyens mis en œuvre pour éviter les possibilités de contamination des eaux suite aux retombées de poussières, aérosols organiques, susceptibles de perturber les qualités et usages des eaux de surface et la capacité du projet à respecter les réglementations relatives à la protection des eaux.

Le sol et le sous-sol

E8. Qualité et usage du sol :

Evaluer les risques de contamination du sol (et du sous-sol suite à l'infiltration des eaux de pluie) par des retombées de polluants atmosphériques générés par les activités sur le site dans le voisinage et en particulier au niveau de zones sensibles (zones écologiques notamment).

Les biotopes

E10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :

Impacts liés au phénomène d'acidification

Les émissions de SO_x et de NO_x, générées par les différents fours (fusion, cuisson, façonnage à chaud), contribuent aux phénomènes d'acidification des sols et des eaux de surface.

Il est important de signaler que ce phénomène ne se limite pas aux frontières d'une ville, d'une région ou d'un pays et que la contribution du secteur verrier est à relativiser en comparaison de celles liées aux transports routiers et au secteur de la transformation de l'énergie.

Néanmoins, chaque secteur industriel doit prendre toutes les mesures visant à réduire l'émission de SO₂ et les NO₂.

Les oxydes de soufre et d'azote subissent, dans l'air, des transformations chimiques, et donnent naissance à des composés acides transportables sur de longues distances.

Ces composés finissent par retomber, au sol ou dans le milieu aquatique, sous forme de sédimentations sèches ou de retombées humides acides (pluie, brouillard, neige).

L'acidification peut entraîner un affaiblissement du système de défense des végétaux. La décoloration, la défoliation et l'apparition de nécroses sur les plantes sont les principaux symptômes qui touchent la végétation.

L'acidification des eaux de surface provoque un **abaissement du pH** et un **risque d'eutrophisation**. L'eutrophisation est liée à une fertilisation des eaux par un apport important d'azote. Cela crée un développement anormal de micro-algues qui, une fois mortes, se déposeront dans le fond des lacs et des rivières. Leur décomposition nécessite alors beaucoup d'oxygène et risque d'entraîner une

diminution de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau et par conséquent l'asphyxie de nombreuses espèces.

Impacts des émissions de métaux lourds

Les risques d'émission dans le milieu naturel sont à prendre en compte lors des opérations de fusion, de traitement thermique et de façonnage du verre (essentiellement pour les verres spéciaux et les verres émaillés).

Les métaux lourds s'avèrent **toxiques** lorsqu'ils s'accumulent dans les différents écosystèmes (**air, eau, sol**).

Ils peuvent avoir des **effets négatifs sur les végétaux**.

La contamination de la flore et de la faune peut entraîner des problèmes de santé et conduire à un risque de **bioaccumulation** le long de la chaîne alimentaire.

Impacts de la pollution par l'ozone troposphérique

La troposphère se situe entre le sol et la stratosphère.

L'ozone troposphérique (O₃) est un polluant secondaire qui doit son existence à la transformation des NO_x et des COV qui se retrouvent dans l'air.

La contribution du secteur verrier à la formation d'ozone troposphérique est faible en comparaison du rôle joué par les transports routiers ou encore par les industries utilisant beaucoup de solvants.

Ces polluants, qui sont émis par les différents fours (fusion, traitement thermique, façonnage à chaud, cuisson des produits émaillés), contribuent, tout de même faiblement, à la production d'O₃.

L'ozone troposphérique peut engendrer **des effets négatifs sur la croissance ou la maturation des végétaux** : dépérissement forestier, affaiblissement de la résistance aux maladies, diminution des rendements agricoles...

Impacts des émissions de fluorures

Les fluorures émis sous forme gazeuse ou particulaire, par les fours verriers, se déposent, en général, au voisinage de la verrerie.

Une faible émission n'aura aucun impact négatif sur les biotopes.

S'ils sont émis en trop grande quantité, ils auront tendance à s'accumuler dans les couches superficielles du sol. Les fluorures sont en grande partie insolubles et donc peu disponibles pour les plantes.

Cependant, leur présence, en concentration élevée dans le sol, un pH acide ou la présence d'argile ou de matières organiques augmentent la teneur de fluorures en solution et favorisent leur fixation par le système racinaire des plantes.

La plupart des fluorures, sous forme gazeuse, peuvent pénétrer dans les tissus végétaux par les stomates et s'accumuler dans les feuilles. Cette accumulation peut finalement aboutir à l'apparition de nécroses.

Les fluorures peuvent se retrouver dans les eaux, être absorbés par les organismes aquatiques et s'accumuler dans leur exosquelette ou leurs tissus osseux.

Les animaux qui boivent de l'eau un peu trop fluorée et qui mangent des végétaux ayant accumulés des quantités anormales de fluorures, risquent d'avoir des problèmes osseux, des problèmes dentaires.

Une baisse de la production laitière a déjà été constatée chez les animaux ayant consommés régulièrement un herbage intoxiqué par les fluorures.

Pour les verreries qui produisent des verres opales ou des verres fluorés, une attention particulière devra être apportée aux émissions dans le milieu naturel. Sinon le risque de contamination des biotopes par les fluorures reste faible.

Moyens d'action pour limiter ces impacts :

Les pollutions possibles du milieu naturel, principalement par les opérations de fusion, de façonnage et de décoration de certains verres spéciaux et le bruit engendré pendant la fusion et la mise en forme des produits verriers ont, sans nul doute, un relatif impact négatif sur la valeur patrimoniale du milieu naturel.

La mesure à prendre pour réduire cet impact est de choisir, pour la fabrication et le façonnage des produits verriers spéciaux, des sites industriels :

- situés sur les sols de moins bonne qualité, peu ou pas appropriés à l'agriculture ;
- présentant peu d'intérêt pour la protection/préservation des espèces ;
- dépourvus de réserves d'eaux souterraines ou dont les eaux souterraines sont protégées par d'épaisses couches imperméables ou par des sols à forte capacité de filtration ;
- soumis à des conditions climatiques et géographiques favorisant l'évacuation des polluants atmosphériques. Ainsi il faut éviter de construire une verrerie sur le trajet des vents dominants, par rapport à un lieu à protéger. Elle ne doit pas être placée en amont d'un obstacle important qui est susceptible de créer des turbulences et de rabattre, vers le sol, une partie des fumées. Une vallée, dans l'axe du vent, constitue un canal de rassemblement pour les fumées ;
- situés à une distance suffisante des habitations et des zones agricoles.

Il est impératif, pour les nouvelles et anciennes exploitations, de prendre toutes les mesures visant à prévenir, réduire et traiter les pollutions de l'air, du sol, de l'eau ainsi que les nuisances acoustiques. Ces mesures ont été exposées dans les points précédents.

Le cadre de vie

E16. Qualité paysagère :

Les retombées de poussières sur les éléments végétaux et les biens matériels du voisinage peuvent présenter un impact visuel par les salissures qu'elles génèrent.

Prévoir le nettoyage des camions sortant du site et le balayage des voiries internes au site afin d'en garantir la propreté.

Les biens matériels et le patrimoine

E17. Valeurs patrimoniales de biens immobiliers :

E18. Intégrité paysagère des biens matériels :

Les polluants atmosphériques peuvent porter atteinte à l'intégrité du patrimoine bâti (empoussiérage, dépôt de suies, pluies acides).

Tenir compte des éléments classés du patrimoine bâti présents dans le voisinage, et notamment ceux qui se trouvent sous les vents dominants.

F. Les rejets liquides

Cette rubrique concerne tous les rejets liquides, à l'exception des eaux pluviales du site non collectées et, en tant que tels, des déchets et résidus de fabrication liquides, relatifs au projet et susceptibles d'engendrer des pollutions canalisées ou diffuses du milieu naturel.

Les eaux de refroidissement et de lavage peuvent être polluées par les fines de verre et par des huiles (huiles solubles de refroidissement, huiles de lubrification des machines...).

Des problèmes plus importants de **contamination, organique et minérale**, peuvent toutefois se poser dans le rejet des eaux usées industrielles des secteurs de fabrication des verres spéciaux, de la laine de verre, des filaments continus et des verres domestiques (surtout le verre au plomb et les verres cristallins).

Lors de la mise en forme, la vitesse de déplacement des fibres de verre textiles favorise la projection des liants organiques dans l'enceinte de travail. Une partie de ces résines sera collectée et évacuée avec les eaux usées de lavage des locaux.

Les eaux de ruissellement provenant des zones de stockage des déchets peuvent s'écouler vers des eaux de surfaces ou pénétrer dans le sol et polluer des eaux souterraines. Ce type de pollution peut aussi arriver à partir des lieux de stockage et de manipulation des produits polluants.

Le déversement des eaux usées industrielles et des eaux usées domestiques (eaux des sanitaires, de cuisines...) dans les égouts ou les eaux de surfaces sont soumises à **autorisation**. Certaines entreprises déversant des eaux usées seront amenées à les traiter pour respecter les conditions fixées dans leur autorisation de déversement.

Les particules toxiques (métaux lourds), émises par les différents fours verriers et retombées au sol, sont susceptibles, sous l'effet de précipitations de se retrouver dans les eaux de surface.

Les rejets liquides ont des incidences sur :

- l'eau
- le sol et le sous-sol
- les biotopes
- la santé et la sécurité
- les biens matériels et le patrimoine

L'eau

F5. Eaux de surface

F6. Eaux souterraines :

Les rejets d'effluents liquides peuvent être canalisés (point de rejet clairement identifié) ou diffus (ruissellement).

Pour les rejets canalisés :

- Estimer :
 - la nature des eaux rejetées
 - pluviales,
 - usées domestiques,
 - industrielles (lavage, laboratoire, atelier mécanique, garage, etc.),
 - de refroidissement (paliers des fours essentiellement),
 - leurs débits,

- les points de rejet (eau de surface, réseau d'égouttage public, puits perdu, etc.) ;
- Tenir compte de la présence éventuelle d'une zone de prévention éloignée de captage d'eau souterraine à proximité du site.
- Dresser les plans des réseaux d'évacuation des eaux.
- Caractériser les rejets (paramètres physico-chimiques et biologiques) et confronter les résultats aux valeurs fixées dans les autorisations⁵.
- Prévoir des mesures permettant d'éviter une contamination des eaux souterraines et de surface par prétraitement ou traitement des effluents avant rejet :
 - séparateur d'hydrocarbures,
 - décanteur/débourbeur,
 - unité individuelle de traitement des eaux usées domestiques et performance de celle-ci,
 - etc.

Pour les rejets diffus :

- Recenser les risques de contamination des eaux souterraines et de surface par :
 - des épanchements accidentels ou le mauvais états des canalisations,
 - le ruissellement d'eau contaminée,
 - des lixiviats⁶ provenant des aires de stockage des matières et combustibles ou des déchets.
- Prévoir des mesures permettant d'éviter une contamination des eaux souterraines et de surface :
 - aires imperméables et étanches avec système de récupération des effluents pour les zones où sont manipulés ou stockés des hydrocarbures, des huiles ou des substances toxiques,
 - etc.

Le sol et le sous-sol

L'étape de fusion engendre une quantité non négligeable de poussières toxiques dont une partie des polluants peut retomber au sol.

Néanmoins, la pollution des sols par les effluents liquides et gazeux peut être considérée comme faible aux alentours des verreries modernes. Une attention particulière doit être apportée aux verreries produisant des verres spéciaux.

Les règles à respecter pour l'aménagement des zones de livraison, de stockage et de manipulation des produits et des déchets dangereux ont déjà été abordées dans le point relatif à la protection des eaux.

F8. Qualité et usage du sol :

Les épanchements et le ruissellement d'hydrocarbures, de produits polluants ou d'eau souillée peuvent être à l'origine d'une contamination du sol et du sous-sol.

- Identifier les zones autres que les aires de stockage, susceptibles d'être à l'origine d'un écoulement d'hydrocarbures, d'huiles, de produits toxiques (peintures, solvants, etc.) ou d'eau souillée par une ou plusieurs de ces substances au niveau des :
 - garages,

⁵ Conditions générales, sectorielles, particulières (Classe 1 et 2), voire intégrales et complémentaires (Classe 3), notamment fonction du milieu récepteur et de la qualité initiale de l'eau du milieu récepteur en cas de rejet en eau de surface.

⁶ On entend par lixiviats des eaux potentiellement contaminées par ruissellement sur des matières, combustibles, produits ou déchets ou par percolation à travers ceux-ci.

- ateliers,
- transformateurs et/ou condensateurs à l'huile ou PCB,
- stockages de substances dangereuses.
- Vérifier les mesures prises pour éviter la contamination du sol et du sous-sol :
 - cuve de rétention,
 - aire imperméabilisée et étanche avec système de récupération des effluents pour les zones où sont manipulés ou stockés des hydrocarbures, des huiles ou des produits toxiques, ainsi qu'au niveau des aires de chargement / déchargement,
 - citerne à double paroi,
 - etc.
- Evaluer les risques de contamination du sol et du sous-sol par des écoulements d'eaux usées (écoulements non canalisés, puits perdus, portion d'égout percée, etc.), en fonction notamment de la nature du sous-sol (à préciser).

Moyens d'action pour limiter ces impacts :

Mesures primaires

La meilleure façon de protéger le milieu aquatique est de limiter ou de supprimer les rejets d'eaux usées dans celui-ci.

Les verreries peuvent s'orienter, lorsque c'est possible, vers **des systèmes de circulation fermée des eaux** avec épuration sur site.

Il existe des techniques **d'émaillage à sec** qui, lorsqu'elles sont applicables, permettent d'éliminer la consommation d'eau nécessaire à cette application (pas de pollution du milieu aquatique).

Il convient d'étudier les possibilités de réduire la quantité de métaux lourds dans quelques matières premières. Ainsi, les émaux avec plomb peuvent parfois être remplacés par **des émaux à faible dégagement de plomb ou par des émaux sans plomb**.

Des prescriptions sont à respecter en matières de livraison, de stockage et de manipulation des produits et des déchets dangereux pour l'homme et l'environnement :

- le stockage et la manipulation de produits dangereux ou polluants, solides, liquides ou liquéfiés doivent être réalisés sur des aires étanches et associées à un réservoir de rétention des fuites éventuelles ;
- les stockages des déchets susceptibles de contenir des produits polluants doivent être réalisés sur des aires étanches et aménagées pour la récupération des eaux de ruissellement ;
- les aires de chargement et de déchargement de véhicules-citernes doivent être étanches et reliées à des rétentions correctement dimensionnées ;
- les produits récupérés en cas d'accident (et ne pouvant être réutilisés) doivent être éliminés comme des déchets.

Mesures secondaires

Différents types de traitement permettent de limiter **la pollution organique** avant les rejets dans le milieu aquatique. Les plus répandus sont :

- les traitements biologiques en aérobie et en anaérobie qui permettent la digestion des composés organiques biodégradables par des bactéries. Le floc biologique issu de cette digestion piège les matières colloïdales non biodégradables et le tout forme alors une boue qui sera décantée et séparée de la phase liquide. Cette phase liquide ne contient plus que les matières dissoutes non biodégradables ;

- Les traitements physico-chimiques qui sont efficaces pour le traitement des eaux polluées par des substances organiques qui se biodégradent difficilement ou pas du tout. Ces traitements consistent en une coagulation des particules en microflocons, une neutralisation, une floculation qui transforment les microflocons en macroflocons et une sédimentation sous forme de boue saturée en eau.

Il existe des traitements physico-chimiques visant à neutraliser et précipiter **les métaux lourds** sous forme d'une boue.

Les effluents contenant du chrome hexavalent sont **pré-traités** (en milieu acide, par un agent réducteur dérivé du soufre) dans le but de réduire le Cr^{6+} en Cr^{3+} . Cette réduction permettra au métal de se prêter plus facilement à la formation de composés insolubles lors de l'étape de **neutralisation et de précipitation**. Ce pré-traitement n'est pas nécessaire si les effluents ne contiennent pas de Cr^{6+} .

La transformation des ions métalliques en composés insolubles se fait par un ajustement de pH. L'insolubilisation des métaux lourds nécessite souvent l'ajout d'agents de précipitation basiques. Selon le type de base utilisée, les métaux sont précipités sous forme d'hydroxydes, de carbonates, de sulfures...

La précipitation est suivie des étapes de coagulation, de floculation et de décantation pour éliminer les composés insolubles sous forme d'une boue.

Les effluents liquides les plus concentrés pourront être stockés dans des cuves et pompés régulièrement par des entreprises agréées pour leur transport et pour leurs traitements ultérieurs.

F9. Stabilité :

Les activités visées par le présent guide ne sont pas susceptibles de générer des problèmes de stabilité des sols.

Il convient toutefois de s'assurer des caractéristiques géotechniques des sols, et d'établir des constructions en fonction des résultats de ces investigations. Notamment, certaines activités à risques nécessitent l'installation de dalles étanches : il convient d'évaluer la portance des sols afin d'éviter des tassements qui pourraient induire des pertes d'étanchéité par fissuration de la dalle et déchirement des éventuelles membranes, ou pourraient provoquer des inversions de pente perturbant la récolte des eaux contaminées. En cas de tassement, la stabilité des cuves et réservoirs aériens pourrait également être affectée.

Les biotopes

F10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :

Identifier les éléments faunistiques et floristiques susceptibles d'être affectés.

La santé / sécurité

F13. Maladies et accidents :

Risques de maladies par utilisation de l'eau de surface en aval du projet si les effluents déversés contiennent des polluants toxiques. A ce sujet, l'auteur devra vérifier que techniquement toutes les dispositions sont prises pour éviter la dispersion des polluants reconnus comme tels par des institutions scientifiques reconnues. Analyse des différentes solutions techniques possibles pour éviter cette incidence.

Les biens matériels et le patrimoine

F19. Capacité des équipements et infrastructures publics :

L'auteur d'étude s'assurera de la capacité quantitative et des performances qualitatives des réseaux et infrastructures publics éventuellement mobilisés pour l'assainissement et l'épuration des rejets liquides du projet, compte tenu de l'évolution prévisible de la demande en matière d'épuration au niveau des systèmes épuratoires mobilisés.

G. Le stockage et la gestion des déchets / résidus de fabrication

Les verreries génèrent deux catégories de déchets :

- les déchets industriels propres à beaucoup d'entreprises ;
- les déchets spécifiques aux verreries.

Les déchets industriels propres à la plupart des entreprises sont essentiellement des déchets d'emballage et de conditionnement (palettes, caisse en bois, fûts métalliques, emballages papiers/cartons/plastiques,...) et des déchets de maintenances (ferrailles, chiffons usés, huiles, lampes défectueuses...).

Les déchets spécifiques aux verreries ne représentent pas de grandes quantités.

Il s'agit:

- des déchets de préparation (avant cuisson) : ils sont considérés comme non dangereux sauf s'ils contiennent des substances dangereuses (répertoriées dans le catalogue wallon des déchets) ;
- des rebuts de fabrication : les déchets de verre qui ne contiennent pas de substances dangereuses (répertoriées dans le catalogue wallon des déchets) sont considérés comme étant inertes. Certaines usines recyclent, en interne, leurs propres rebuts de fabrication ou utilisent les déchets provenant de la collecte des verres ménagers ;
- des petites particules de verre : à priori non dangereuses, elles seront considérées comme déchets dangereux si elles contiennent des métaux lourds ;
- des boues de polissage et de meulage : si ces boues ne contiennent pas de substances dangereuses (répertoriées dans le catalogue wallon des déchets), elles seront classées non dangereuses ;
- des boues et des gâteaux de filtration issus de l'épuration des fumées : elles sont classées suivant le même principe appliqué aux boues de polissage et de meulage ;
- des poussières récoltées sur les systèmes de dépoussiérage : elles sont considérées comme non dangereuses sauf si elles contiennent des substances dangereuses (répertoriées dans le catalogue wallon des déchets);
- des boues provenant de l'épuration in situ des effluents liquides : elles sont classées suivant le même principe appliqué aux boues de polissage et de meulage ;
- des réfractaires usés provenant des fours : le catalogue wallon des déchets (2002) ne considère pas les réfractaires des fours verriers comme étant inertes. Ils sont classés comme déchets non dangereux ou comme déchets dangereux s'ils ont été en contact prolongé avec les fumées. Les déchets réfractaires sont produits lors de la démolition des fours verriers arrivant au bout d'une campagne qui dure de 8 à 10 ans. Cette opération mérite une attention toute particulière car il ne s'agit pas de mélanger les réfractaires dangereux avec les non dangereux. Il existe pour cela des entreprises spécialisées dans le démontage sélectif des fours et le recyclage d'une grande partie des déchets réfractaires.

Le stockage et la gestion des déchets / résidus de fabrication ont des incidences sur :

- l'air
- l'eau
- le sol et le sous-sol
- les déchets
- la santé et la sécurité
- le cadre de vie
- les biens matériels et le patrimoine

L'air

L'atmosphère

G4. Qualité physico-chimique de l'air :

S'assurer d'un point de vue technique de la capacité du projet à, au moins, respecter les normes en vigueur.

L'eau

G5. Eaux de surface :

G6. Eaux souterraines :

Les épanchements accidentels et les eaux potentiellement polluées peuvent être à l'origine d'une contamination des eaux de surface et souterraine.

Voir § ci-dessous – Sol et sous-sol.

Le sol et le sous-sol

G8. Qualité et usage du sol :

Les épanchements accidentels et les lixiviats peuvent être à l'origine d'une contamination du sol et du sous-sol.

- Identifier les zones de stockage :
 - d'huiles et graisses usagées,
 - de déchets liquides, boueux, pâteux et solides.
- Evaluer les risques de contamination du sol et du sous-sol par des épanchements accidentels ou des lixiviats, en fonction notamment de la nature du sous-sol.
- Vérifier les mesures prises pour éviter la contamination des sol et sous-sol :
 - cuve de rétention,
 - aire imperméabilisée et étanche avec système de récupération des effluents,
 - etc.

Les déchets

G11. Gestion des déchets :

- Identifier les types de déchets produits :
 - huiles usagées et chiffons huileux,
 - solvants,

- piles,
 - lampes TL,
 - déchets d'entretien (ferrailles, courroies transporteuses, manches de filtres, poussières des filtres, réfractaires usés, etc),
 - déchets d'emballage (papiers/cartons, plastiques, métalliques, palette en bois),
 - déchets de laboratoire,
 - boues de curage (décanteur, séparateur d'hydrocarbures),
 - déchets ménagers et assimilés.
- Distinguer les déchets dangereux des autres déchets.
 - Quantifier les volumes de déchets produits et définir le mode de gestion de ceux-ci (collecte, stockage, valorisation dans la production, évacuation, recyclage, valorisation énergétique, élimination en CET), notamment en fonction de leur dangerosité.
 - Identifier l'importance de la valorisation et du recyclage des déchets par rapport à la mise en décharge et à l'incinération.
 - Garantir une fréquence d'évacuation des déchets suffisante et éviter tout abandon de déchets sur le site.
 - Assurer le respect des prescriptions légales en matière de détention et de gestion de déchets dangereux (registre des déchets dangereux produits, déclaration de détention de déchets toxiques et dangereux et/ou d'huiles usagées, bordereau de transport de déchets toxiques et dangereux,...) et non dangereux (déclaration annuelle des déchets non ménagers).

La santé / sécurité

G13. Maladies et accidents :

- Assurer le transport et la manutention des déchets dangereux conformément à la réglementation ADR⁷.
- Evaluer les dispositifs de sécurité mis en place sur le site pour protéger les ouvriers et les visiteurs lors de la manutention des déchets dangereux produits sur le site.

Le cadre de vie

G16. Qualité paysagère :

Assurer la propreté du site et éviter tout aspect de chancre industriel ou de dépôt non contrôlé de déchets.

Les biens matériels et le patrimoine

G19. Capacité des équipements et infrastructures publics :

L'auteur d'étude s'assurera que, dans le cadre de l'élimination des déchets, les équipements et infrastructures publics éventuellement mobilisés sont suffisants

Moyens d'action pour limiter ces impacts :

Mesures primaires

Avant de s'intéresser à l'évacuation des déchets, il est primordial d'essayer d'en **réduire la quantité et la nocivité**. Pour cela, il faut :

- réduire, lorsque c'est possible, les déchets d'emballage en favorisant l'achat de matières en vrac et en grandes quantités ;

⁷ Le nouvel ADR a été publié au Moniteur belge le 25 avril 2002.

- privilégier les fournisseurs permettant le retour des emballages (palettes consignées, bidons réutilisables...) et lorsque ce n'est pas possible, demander aux fournisseurs d'éviter les emballages excessifs ;
- bien gérer les approvisionnements (quantité, fréquence, conditionnement) pour limiter les pertes ;
- contrôler la qualité pour détecter rapidement les anomalies du système de production, y apporter (lorsque c'est possible) une correction et ainsi réduire au maximum les rebuts de fabrication ;
- limiter, dans la mesure du possible, l'introduction de matières polluantes : les fluorures peuvent être remplacés par d'autres agents fondants moins polluants tandis que l'arsenic et le tellure ne sont plus que rarement utilisés comme agents d'affinage. les émaux avec plomb peuvent, parfois, être remplacés par des émaux sans plomb. Une bonne sélection des matières premières permet également de limiter la présence d'impuretés polluantes...

Mesures secondaires

- Les stockages des déchets susceptibles de contenir des produits polluants doivent être réalisés sur des aires étanches et aménagées pour la récupération des eaux de ruissellement ;
- la séparation des différentes catégories de déchets permet de trouver plus facilement des filières de recyclage, de valorisation énergétique et d'élimination. Le tri des déchets à la source est facile et efficace si la gestion des déchets au sein de l'entreprise est correctement planifiée. D'un point de vue environnemental, les filières de réutilisation, de recyclage (internes ou externes) et de valorisation énergétique, sont à privilégier par rapport à la mise en Centre d'Enfouissement Technique ;
- le recyclage du calcin dans l'industrie verrière est une pratique courante. Il provient soit des rebuts de fabrication des verres, soit de la collecte du verre ménager. Les rebuts de production des fibres de verre textiles et des verres spéciaux ne sont pas recyclés en interne. Le calcin recyclé permet de réaliser des économies de matière première et des économies d'énergie (avec réduction des émissions de CO₂, NO_x, SO_x) ;
- le démantèlement sélectif des fours verriers permet de séparer les réfractaires dangereux, non dangereux et inertes. Ce tri donne la possibilité d'éviter la mise en Centre d'Enfouissement Technique d'une grande partie d'entre eux (90 %) et de faciliter leur recyclage (en réemploi, en remblais, dans les mortiers, dans les pièces en béton...). Il n'y a pas en Wallonie de société spécialisée dans le démantèlement sélectif et le recyclage des réfractaires des fours verriers. Les verreries wallonnes font appels aux sociétés étrangères.

H. Le stockage de matières énergétiques et de processus

Les sources d'énergie utilisées en verrerie sont encore en grande partie des combustibles fossiles non renouvelables. En moyenne, 75 % de la demande énergétique totale d'une unité de fabrication de verre est absorbée par l'opération de fusion.

Les principales techniques employées pour réduire cette consommation ont déjà été abordées précédemment:

- utilisation des fours à régénération ou à récupération ;
- oxycombustion ;
- fusion électrique ;
- bonne maîtrise de la combustion

- utilisation des calcins ;
- isolation optimale des fours.

Le stockage de matières énergétiques et de processus ont des incidences sur :

- l'eau
- le sol et le sous-sol
- les déchets

L'eau

H5. Eaux de surface :

H6. Eaux souterraines :

Vérification de la conformité aux normes en vigueur concernant le stockage des matières énergétiques et de processus en tenant compte de situations à risques (zones inondables,...) afin de limiter tout risque de pollution des eaux. Il convient d'analyser la compatibilité de ces risques de pollution avec l'éventuelle présence à l'aval de zones d'objectif de qualité ou d'usages de la ressource hydrique (zone de baignade, zone de prise d'eau, pisciculture, pêche,...)

Les épanchements accidentels et les lixiviats peuvent être à l'origine d'une contamination des eaux de surface et souterraines.

Voir également le § suivant : Le sol et le sous-sol.

Le sol et le sous-sol

H8. Qualité et usage du sol :

Les épanchements accidentels et les lixiviats peuvent être à l'origine d'une contamination du sol et du sous-sol.

- Identifier les zones de stockage :
 - d'hydrocarbures,
 - d'huiles neuves,
 - de produits chimiques (peintures, solvants, etc.),
 - de matières et combustibles.
- Evaluer les risques de contamination du sol et du sous-sol par des épanchements accidentels ou le ruissellement d'eau pluviale souillée, en fonction notamment de la nature du sous-sol.
- Vérifier au niveau des zones de manutention et/ou stockage d'hydrocarbures, huiles et substances dangereuses ou toxiques les mesures prises pour éviter la contamination du sol et du sous-sol :
 - cuve de rétention,
 - aire imperméabilisée et étanche avec système de récupération des effluents,
 - citerne à double paroi,
 - etc.

Les déchets

H11. Gestion des déchets :

Eviter les envols de matériaux pouvant, le cas échéant, se retrouver dans l'environnement

I. Les émissions sonores

Les nuisances acoustiques peuvent être importantes durant les phases de **fusion**, de **mise en forme**, de **refroidissement** du verre et dans **les locaux des compresseurs**.

Dans les bassins de fusion et dans le silo d'alimentation (où la vitesse de l'air est élevée), le niveau de bruit peut atteindre 110 dB(A). Les gros ventilateurs amenant l'air nécessaire à la combustion et les brûleurs sont responsables d'une nuisance acoustique non négligeable.

Les machines (à commande pneumatique) de mise en forme du verre creux sont extrêmement bruyantes (niveau supérieur à 90 dB(A)). Il est difficile de capoter ces machines car elles doivent être lubrifiées régulièrement et les moules doivent pouvoir être nettoyés facilement. Une nouvelle conception du tracé des conduites d'air permet, de nos jours, d'améliorer quelque peu la situation.

Le bruit engendré par les ventilateurs, durant le refroidissement du verre, peut être réduit grâce à des enveloppes insonorisantes et à une construction judicieuse.

Pour éviter les nuisances acoustiques, les verreries doivent se situer en dehors des zones d'habitation ou à une distance telle que le niveau de bruit émis dans ces zones ne dépasse pas les normes en vigueur.

Les émissions sonores ont des incidences sur :

- les biotopes
- le cadre de vie

Les biotopes

110. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :

Identifier les éléments faunistiques et floristiques ainsi que les habitats intéressants présents dans l'environnement et susceptibles d'être affectés par le bruit généré.

Le cadre de vie

115. Bruit :

Identifier les activités du site qui génèrent du bruit :

- activités continues : fours, ventilateurs d'extraction des fumées, ventilateurs de refroidissement, bruit de bouche de cheminée, bandes transporteuses, etc.
- activités ponctuelles : broyeurs, nettoyage des filtres de traitement des fumées, charroi lourd, opération de chargement / déchargement, etc. ;
- Déterminer le type de bruit occasionné (stable, fluctuant, intermittent, impulsif, occasionnel).

Caractériser le niveau de bruit perçu dans l'environnement⁸ :

- généré par le site (cas du renouvellement de permis),
- attendu (cas d'une augmentation de la production, d'une extension, d'une modification du process ou d'un nouveau projet),

et comparer par rapport :

- à la situation initiale en cas d'une augmentation de la production, d'une extension, d'une modification du process ou d'un nouveau projet,

⁸ Voir pour ce faire l'AGW du 4 juillet 2002 fixant les conditions générales d'exploitation des établissements dans le cadre du permis d'environnement.

- aux valeurs de référence (période de jour, de nuit et intermédiaire ; voir AGW du 4.07.2002 fixant les conditions générales d'exploitation des établissements dans le cadre du permis d'environnement).

Tenir compte :

- des plages horaires des activités,
- des lieux spécifiques des différentes activités par rapport au voisinage,
- de la direction des bruits émis,
- de la topographie,
- de la proximité de zones d'habitat.

Envisager les solutions permettant de limiter ou confiner les bruits générés :

- Bardage insonorisant autour des installations,
- Capotage de moteurs,
- Caissons isolants,
- Silencieux ou chicane à la bouche des conduits d'aération / de ventilation,
- Configuration des bâtiments,
- Disposition générale du site,
- etc.

J. Le charroi externe et les transports fixes

Le charroi externe et les transports fixes ont des incidences sur :

- les biotopes
- la santé et la sécurité
- le cadre de vie
- les biens matériels et le patrimoine

Les biotopes

J10. Qualité biologique, maillage écologique, valeur patrimoniale :

Identifier les éléments faunistiques et floristiques ainsi que les habitats intéressants présent dans l'environnement et susceptibles d'être affectés par le charroi de poids lourds.

La santé / sécurité

J13. Maladies et accidents :

Assurer le transport des déchets et matières dangereuses conformément à la législation en vigueur.

Optimaliser la sécurité des usagers de la route à hauteur des accès au site :

- bonne visibilité,
- signalisation,
- bonne condition de débouché des véhicules sur la voirie publique,
- choix des itinéraires en vue de réduire les nuisances dans les zones habitées et d'assurer une meilleure sécurité,
- etc.

Le cadre de vie

J15. Bruit :

Tenir compte de l'impact :

- du transport de matériaux par bande transporteuse,
- du charroi des camions de livraison et d'expédition,
- des opérations de chargement/déchargement,
- lors de l'évaluation du niveau de bruit généré par le site.

Estimer la part de chaque mode de transport (voie routière, ferroviaire, fluviale) associé à l'approvisionnement du site en matières premières et combustibles, et à l'expédition des produits finis et des déchets.

Estimer le charroi associé au transport du personnel.

Tenir compte :

- des plages horaires et pics d'activité,
- du niveau de trafic initial,
- du pourcentage de charroi lourd initial et généré,
- des itinéraires, zones traversées (d'habitat, de loisirs, rurale, etc.) et points sensibles (école, hôpital, maison de retraite, etc.).

Optimaliser les itinéraires pour limiter les impacts du charroi lourd pour les riverains.

Prévoir les mesures permettant de limiter les risques vis à vis de la sécurité des riverains.

Les biens matériels et le patrimoine

J19. Capacité des équipements et infrastructures publics :

Les usines, produisant plusieurs centaines de tonnes de verre par jour, consomment beaucoup de matières premières. Les infrastructures routières, existantes ou à construire, doivent être conçues pour permettre un approvisionnement régulier par des poids lourds. Dans le cas contraire, il y a un risque important de saturation du réseau routier et les nuisances environnementales qui en découlent ne sont pas à négliger. Le volume du trafic peut être réduit si l'entreprise bénéficie de la présence d'une voie navigable et d'une installation portuaire sur son site.

La demande énergétique d'une installation de production de verre étant importante (surtout durant la phase de fusion), les réseaux de distribution de gaz et d'électricité doivent être capables de répondre à cette demande.

Le processus de fabrication du verre, s'il est bien maîtrisé et s'il fait appel à des systèmes fermés de circulation, est faible consommateur d'eau. L'usine qui ne désire pas investir dans un système d'épuration sur site, doit s'assurer qu'elle a accès à un réseau d'égouttage relié à une station publique et que cette station a bien la capacité de traiter ses effluents liquides pollués.

Références

- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Reference Document on Best Available Techniques in Glass Manufacturing Industry – Commission Européenne – décembre 2001.
- Manuel sur l'environnement : Etude et évaluation des effets sur l'environnement de la fabrication du verre – Documentation du Ministère Allemand de la Coopération Economique et du Développement (GTZ).
- Industrie du verre et environnement : évolution, contraintes et opportunités - Revue Verre, Vol.2, n°2, G. TACKELS – 1996.
- Les principales matières premières verrières – Revue Verre, Vol.4, n°6, J.P. HOUDAER – 1998.
- Brochure de présentation du verre et de ses applications – Fédération des Industries du Verre (FIV) – 1999.
- Technologies et environnement : Emaillage et décoration du verre et de la céramique – Cahier Sectoriel du Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie – 1997.
- Etat de l'environnement wallon 2000 – Ministère de la Région Wallonne, Direction générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement.
- Le traitement thermique en verrerie – Document issu des journées d'informations sur le verre pour le gaz de France – S.A. CNUD (Belgique) – 1992.
- Chloride emission from glass melting furnaces – Glastech. Ber. 65, n°11, ARNO P.M. TER BEEK and ERIC J.M.C.THOLE – 1992.
- Deposits and Condensation from Flue Gases in Glass Furnaces – RUDOLF GERARDUS CATHERINA BEERKENS.
- Particulates and Fine Dust Removal (Processes and Equipment) – Pollution Technology Review n°34 – 1977.
- ECO-Guide Professionnel : Chantier du bâtiment – ECO-Conseil, institut européen pour le conseil en environnement – 2000.
- Management des risques environnementaux dans les métiers de la construction : Guide MARCO – 2001.
- Réseau Pédagogique : Médecine du travail – www.med.univ-rennes1.fr