

# Tâche 3

## Etude d'impact environnemental sur l'ensemble du procédé

Groupe 1211

15 décembre 2014

Pour implanter un nouveau site industriel de production d'ammoniac, il est indispensable de réaliser une étude sur l'impact environnemental de notre procédé, non seulement en termes de consommation énergétique mais également en rejet de  $CO_2$  et d'autres produits.

## 1 Consommation énergétique

Par consommation énergétique, nous entendons l'énergie consommée par notre procédé pour produire de l'ammoniac.

Les réactions qui nécessitent de l'énergie sont les réactions endothermiques. Or, les seules réactions endothermiques de notre procédé sont les réactions du reformage primaire : pour que celles-ci aient lieu, le réacteur du reformage primaire est relié à un four dans lequel a lieu une réaction exothermique de combustion de méthane qui produit la chaleur nécessaire.

Le méthane est un combustible fossile, et est donc une ressource non renouvelable. Cela fait qu'il a également un impact environnemental de par son extraction.

## 2 Emissions de $CO_2$

### 2.1 Problématique [1] [2]

Au fil des années, le réchauffement climatique est devenu une préoccupation majeure. Car, même si beaucoup de phénomènes naturels sont encore incompris et très complexes, il y a assez de preuves scientifiques pour nous forcer à étudier en profondeur la problématique. Or, nous savons que les émissions de  $CO_2$  constituent une des principales causes de ce réchauffement.

Ce réchauffement a de multiples conséquences pour notre environnement : par exemple, l'Europe centrale, méditerranéenne ou encore les régions du Sud-Est sont les zones plus vulnérables au changement climatique, et sont sujettes à des sécheresses et pénuries d'eau. En outre, à cause de la croissance permanente des activités industrielles de l'Homme, la concentration de  $CO_2$  n'a pas cessé d'augmenter au fil des années.

Une conséquence moins connue de l'impact de l'émission de  $CO_2$  est l'acidification des milieux marins. En effet, les océans absorberaient un tiers des émissions humaines de  $CO_2$ . Cet apport mas-

sif de  $\text{CO}_2$  entraîne une diminution du pH des eaux, ce qui les rend plus acides. Cette acidification a un effet immédiat sur diverses espèces.

D'un point de vue plus pessimiste, le réchauffement climatique rendrait l'absorption du  $\text{CO}_2$  par l'eau plus difficile, mais cela reste un point considéré comme très improbable.

Il nous paraît donc primordial d'analyser notre rejet en  $\text{CO}_2$  lors du procédé, afin de le minimiser.

## 2.2 Rejet de notre procédé

Grâce à notre outil de calcul réalisé auparavant, établissant les flux entrants et sortants de matière et d'énergie, nous sommes à même de calculer notre rejet en  $\text{CO}_2$ .

Celui-ci a lieu à deux moments lors de notre procédé : premièrement, dans le four lors de la combustion du méthane, et deuxièmement, lors de la séparation du  $\text{CO}_2$  et de  $\text{H}_2\text{O}$ .

Chaque jour, pour la production de 1000 tonnes de  $\text{NH}_3$ , le processus rejette 1143 tonnes de  $\text{CO}_2$ , et le four en rejette quant à lui 153 tonnes de  $\text{CO}_2$ .

## 3 Analyse du rejet d'autres produits secondaires

Les autres produits rejetés sont de l'eau et de l'argon.

L'argon est rejeté tout à la fin du procédé, au niveau de la synthèse de l'ammoniac. Il n'a aucun impact sur l'environnement : aucun dommage écologique et aucune conséquence environnementale ne sont connus, en sachant que le procédé rejette 15 tonnes de Ar par jour (pour une production journalière de 1000 tonnes de  $\text{NH}_3$ ), ce qui est négligeable.

L'eau n'est bien entendu pas polluante, mais elle ressort du four extrêmement chaude. Il faut donc éviter son rejet direct dans la nature, qui aurait un impact sur l'écosystème local.

Notre procédé, pour une production quotidienne de 1000 tonnes de  $\text{NH}_3$  à 1000 K, rejette 121 tonnes d'eau et le four en rejette quant à lui 125. Ces chiffres sont une sous-estimation de notre rejet réel d'eau car on ne tient pas en compte le refroidissement.

## 4 Risques d'un éventuel rejet d'ammoniac [3] [4] [5]

Normalement, nous ne rejetons qu'une quantité infime de  $\text{NH}_3$ , au niveau de la purge. Il est assez difficile, avec les données disponibles, d'évaluer exactement la quantité rejetée. Mais il faut minimiser celle-ci au maximum car l'ammoniac a un énorme impact écologique.

En effet, l'ammoniac est un très gros polluant des eaux de surface, des nappes phréatiques et des sols. Il est responsable des pluies acides, de l'acidification des lacs, des cours d'eau, des sols forestiers, etc. Ainsi, de plus en plus de lacs, notamment en Suède, au Canada, en Norvège... deviennent trop acidifiés et parfois "biologiquement morts" : ils deviennent transparents, et si on s'extasie parfois devant une telle transparence, parfois associée à tort à de la "pureté", on n'imagine en fait pas que ces lacs sont en très mauvaise santé et ne contiennent aucune trace de vie aquatique ou végétale.

Plus généralement, l'ammoniac est responsable d'une perte de la biodiversité assez déplorable.

## 5 Recommandations [6] [7]

Voici les solutions que nous proposons pour réduire l'impact de l'activité de production sur l'environnement.

### 5.1 Par rapport au CO<sub>2</sub>

Nous pouvons valoriser le CO<sub>2</sub> en le réutilisant, ce qui évitera du même coup de rejeter celui-ci.

1. *Stockage du CO<sub>2</sub>* [8] [9] : Si le CO<sub>2</sub> est stocké dans le sol, il ne sera donc pas dégagé dans l'atmosphère et n'aura donc aucun impact sur l'environnement.
2. *Production de micro-algues* [10] : Les micro-algues sont des plantes microscopiques qui ont besoin de CO<sub>2</sub> pour se nourrir.
3. *Liquéfaction du CO<sub>2</sub>* : On peut liquéfier le CO<sub>2</sub> pour le réutiliser pour faire des boissons gazeuses par exemple.
4. *Production de formamides* [11] [12] : On peut également convertir le CO<sub>2</sub> en formamides, qui sont des molécules servant à la production de colles, de peintures, de produits textiles, etc.
5. *Conversion du CO<sub>2</sub> en kérosène* [13] [14] : Bien que ce procédé n'est encore seulement qu'à l'état de projet, il est extrêmement prometteur : dans un réacteur solaire à haute température, une lumière concentrée simulant la lumière solaire est utilisée pour convertir du CO<sub>2</sub> et de l'H<sub>2</sub>O en un gaz synthétique, qui sera lui converti par après en kérosène, utilisant le procédé "Fischer-Tropsch".

### 5.2 Par rapport aux produits secondaires

1. *Récupération de l'eau chaude* Nous pouvons récupérer l'eau chaude et la chaleur dégagée et proposer une collaboration avec une entreprise locale, qui pourrait se servir de cette eau pour les radiateurs, pour des douches, etc. Par exemple, nous avons vu lors de la visite de l'usine de biométhanisation de Tenneville qu'ils collaboraient avec une entreprise locale en leur fournissant leur eau chaude pour nettoyer des bâches. Une telle collaboration nous paraît une excellente idée pour valoriser la chaleur produite durant notre procédé.

## Références

- [1] B. BIGOT. *La chimie, une science au cœur des énergies d'avenir*. URL : [http://www.mediachimie.org/sites/default/files/energie\\_Bigot.pdf](http://www.mediachimie.org/sites/default/files/energie_Bigot.pdf) (visité le 11/12/2014).
- [2] *Le monde face au changement climatique*. Planète énergies. 28 avr. 2014. URL : <http://www.planete-energies.com/fr/medias/dossiers/le-monde-face-au-changement-climatique> (visité le 11/12/2014).
- [3] *L'ammoniac, un polluant acide de l'air, des sols et des eaux superficielles*. Association agréée de protection de l'environnement et de défense des consommateurs, Membre de France Nature Environnement et du Bureau Européen de l'Environnement. URL : [http://www.eau-et-rivieres.asso.fr/media/user/File/PDF/Lammoniac\\_polluant\\_des\\_sols.pdf](http://www.eau-et-rivieres.asso.fr/media/user/File/PDF/Lammoniac_polluant_des_sols.pdf) (visité le 11/12/2014).
- [4] P. DAVOUST. *Ammoniac*. URL : <http://www.ecosociosystemes.fr/ammoniac.html> (visité le 11/12/2014).

- [5] *Ammoniac-NH<sub>3</sub>*. Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique. URL : <http://www.citepa.org/fr/pollution-et-climat/polluants/aep-item/ammoniac> (visité le 11/12/2014).
- [6] A. Chauvel P. Leprince Y. Barthel C. Raimbault J-P ARLIE. *Manuel d'évaluation économique des procédés*. Technip, 1976.
- [7] Frank P. LEES. *Loss Prevention in the Process Industries (Vol.1 et Vol.2)*. Butterworth et Co, 1980.
- [8] Director of the series : J. VARET. *CO<sub>2</sub> capture and storage in the subsurface*. BRGM Editions, 2007.
- [9] Elizabeth J. WILSON et David GERARD. *Carbon Capture and Sequestration Integrating Technology, Monitoring and Regulation*. Wiley-Interscience, ...
- [10] *Microalgues et biocatalyse*. Club CO<sub>2</sub>. 28 avr. 2014. URL : <http://www.captage-stockage-valorisation-co2.fr/microalgues-et-biocatalyse> (visité le 11/12/2014).
- [11] *Chimie verte : une méthode simple et efficace pour le recyclage du CO<sub>2</sub>*. CEA. 7 fév. 2012. URL : <http://www.cea.fr/presse/liste-des-communiqués/une-méthode-simple-et-efficace-pour-le-recyclage-77013> (visité le 11/12/2014).
- [12] *Recycler le CO<sub>2</sub> : une nouvelle approche*. Centre national de la recherche scientifique. 3 oct. 2011. URL : <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqué/2309.htm> (visité le 11/12/2014).
- [13] *From sunlight to jet fuel : EU project makes first « solar » kerosene*. European Commission. 28 avr. 2014. URL : <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/sunlight-jet-fuel-eu-project-makes-first-solar-kerosene> (visité le 11/12/2014).
- [14] *Sunlight to jet fuel : European Collaboration SOLAR-JET for the first time demonstrates the entire production path of « solar » kerosene*. Bauhaus Luftfahrt Neue Wege. 28 avr. 2014. URL : <http://www.bauhaus-luftfahrt.net/archive/201esolarer201c-flugkraftstoff-europaeisches-projekt-solar-jet-demonstriert-erstmal-die-produktion-von-kerosin-aus-sonnenlicht> (visité le 11/12/2014).