



# Pollution de l'air

*Santé et  
Environnement, 2<sup>ème</sup>  
année*

Par Fadwa Jbeily &  
Ghaydaa Taha



## Epuration des NO<sub>x</sub> (oxydes d'azote)

- Les oxydes d'azote contribuent à la pollution atmosphérique de manière très substantielle, même s'ils ne sont pas les seuls polluants. Les oxydes d'azote sont principalement deux gaz d'azote différents : le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Le terme NO<sub>x</sub> fait référence à la combinaison des gaz due aux facilités d'interconversion mutuelle qu'ils présentent en présence d'oxygène. Ces deux gaz ne sont pas les seuls, formellement le terme général « oxydes d'azote » englobe les composés suivants: NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y NO<sub>3</sub>, ce dernier étant instable.



# D'où viennent les $\text{NO}_x$ ?

- On estime que 25 % des émissions de  $\text{NO}_x$  dans l'atmosphère sont dues aux industries, les processus industriels générant du  $\text{NO}_x$  en plus grosse quantité étant ceux de la production d'énergie, de la combustion de charbon, pétrole ou gaz naturel et les processus de galvanoplastie et de gravure de métaux. Le  $\text{NO}$  et le  $\text{NO}_2$  se forment lors des processus où, en présence d'azote et d'oxygène dans l'air, des températures supérieures à  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$  sont atteintes.



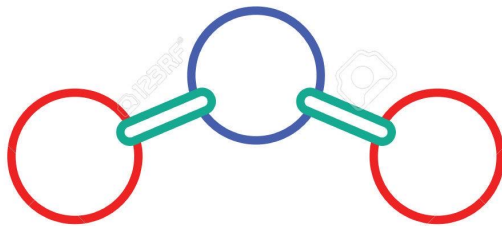
# L'effet des NO<sub>x</sub> sur l'environnement

---

- Tous les oxydes d'azote ont en commun d'être des gaz polluants et leurs émissions ont un impact substantiel sur l'environnement. Les principaux effets qu'ils produisent sont:
- Destruction de l'ozone atmosphérique
- Contribution à l'effet de serre
- Production de pluie acide
- Génération de smog photochimique



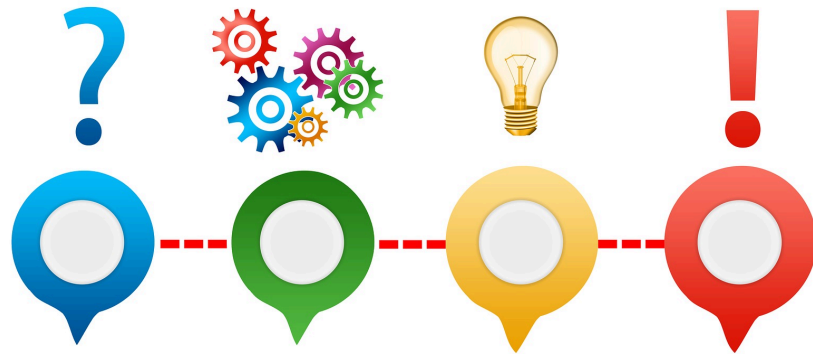
# Comment minimiser la production des NO<sub>x</sub>?



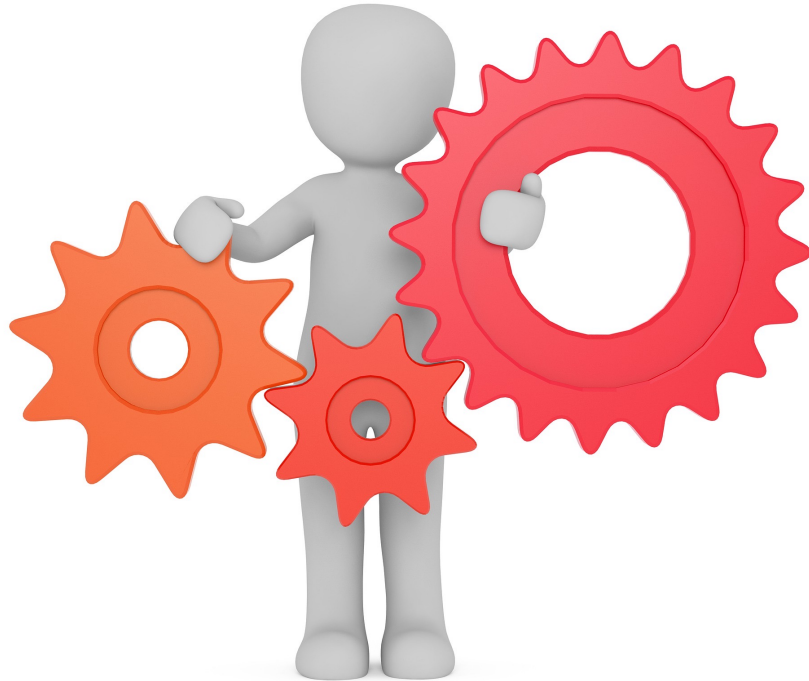
nitrogen dioxide

- Il est donc absolument nécessaire, en premier lieu, de minimiser leur production. Ensuite, de supprimer les oxydes d'azote si leur génération n'a pu être évitée. L'objectif de minimiser leur génération peut être atteint avec trois stratégies différentes:
- En réduisant la température d'exploitation
- En réduisant la durée de résistance des gaz, notamment l'azote, dans la zone de combustion où les températures sont élevées.
- En diminuant le rapport oxygène-combustible. En réduisant l'excès d'oxygène, la génération de NO<sub>x</sub> est considérablement baissée.





- Attention: Toutefois, il est impossible d'éviter complètement la génération d'oxydes d'azote et pour respecter la réglementation toujours plus exigeante, il faut utiliser des techniques qui permettent d'éliminer les NO<sub>x</sub> créés



- Les techniques les plus efficaces et les plus utilisées pour cela sont:
  - Absorption par réaction chimique.
  - Réduction par réaction sélective non catalytique (SNCR)
  - Réduction par réaction chimique catalytique sélective (SCR)

# Absorption par réaction chimique

---

- Cette technique consiste en l'absorption des  $\text{NO}_x$  par une réaction chimique en phase liquide utilisant, généralement, de l'acide sulfurique. Celui-ci réagit avec les oxydes d'azote et forme l'espèce  $\text{HSO}_4\text{NO}$  (acide nitrosylsulfurique), qui reste dans la phase liquide. En cas de forte pression (2 atm) et de basse température (35 °C) les  $\text{NO}_x$  sont absorbées dans la phase liquide. Le processus peut être inversé avec une forte température (180°C) et une basse pression (0,5 atm) ; dans ces conditions, la molécule azotée (désormais acide nitrique à cause de la présence de l'eau) est séparée de l'acide sulfurique, qui peut être réutilisé.
- Ce processus présente l'inconvénient d'obliger à manipuler des réactifs chimiques corrosifs et dangereux, et requiert de l'espace. Les efficacités obtenues ne sont pas élevées, c'est pourquoi la technique est recommandable pour de faibles charges de  $\text{NO}_x$ .





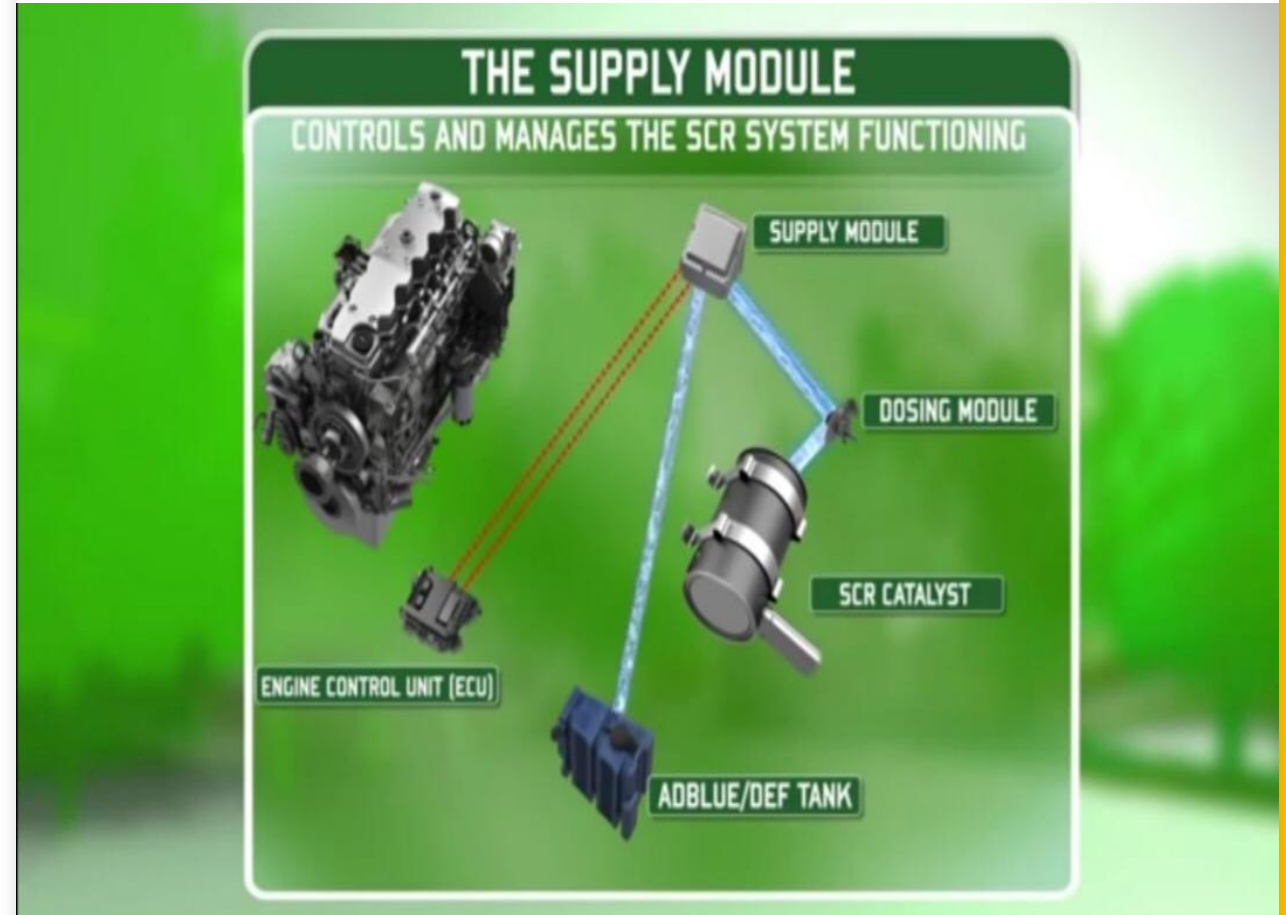
# Réduction par réaction sélective non catalytique (SNCR)

- Cette technique permet de réduire les émissions d'oxydes d'azote en les convertissant en azote par une réaction chimique non catalytique. Pour effectuer cette conversion, sans la présence d'aucun catalyseur, il faut monter la température dans la fourchette 850-1100 °C. La température d'exploitation dépend directement de l'agent réducteur utilisé, les plus courants étant l'ammoniac ou l'urée.
- Cette technique est souvent utilisée dans de petits chauffe-eau industriels, car sur des installations de plus grande taille les coûts de travail dans cette fourchette de températures explosent. La machine de SNCR ne requiert pas un grand espace, elle est facile à installer et à exploiter. Toutefois, l'efficacité de la réduction atteinte est modérée, ce qui fait que la technique est valable pour les cas où les émissions d'oxydes d'azote sont basses.



## Réduction par réaction chimique catalytique sélective (SCR)

- Cette technique repose sur un processus catalytique où les oxydes d'azote sont réduits de manière sélective en présence d'un catalyseur, tandis que l'agent réducteur (ammoniac ou urée) est oxydé en azote. Le fait que la réaction se fasse sur la surface du catalyseur rend possible une température nécessaire comprise dans la fourchette 250-450 °C. La température d'exploitation finira par dépendre de plusieurs facteurs, le catalyseur utilisé étant l'un des paramètres clés.

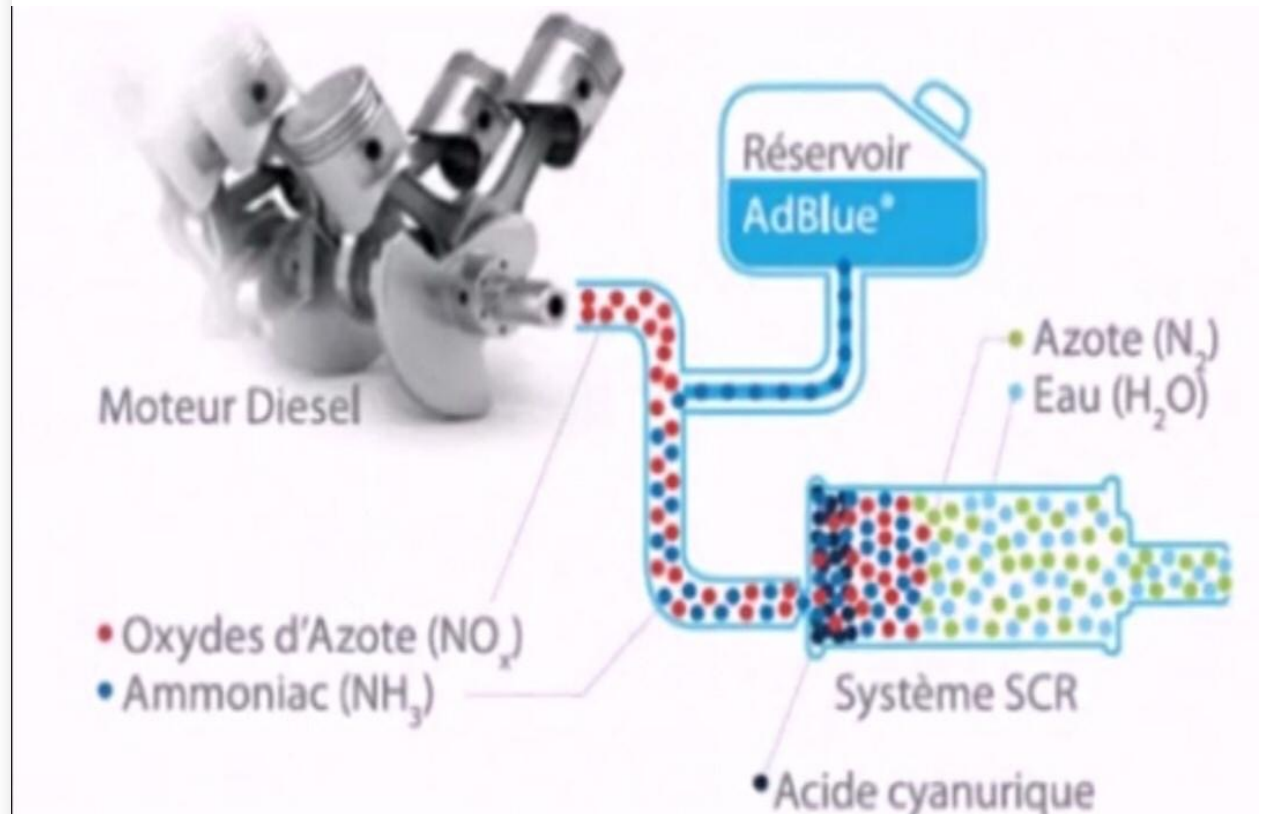




- L'agent réducteur, en pratique, peut être une dissolution aqueuse d'ammoniac, de l'ammoniac liquéfié ou bien une dissolution aqueuse d'urée. Des trois, l'utilisation d'ammoniac liquéfié est l'option la plus économique, ce qui se traduit par des coûts d'exploitation inférieurs. Par contre, la manipulation d'ammoniac liquéfié est beaucoup plus compliquée, à cause de ses caractéristiques, que celle d'une solution aqueuse d'ammoniac ou d'urée. L'utilisation, le stockage et le transport d'ammoniac liquéfié sont soumis à la Directive 96/82/CE (Directive Seveso II). L'ammoniac liquéfié doit être utilisé en suivant un protocole strict de sécurité, parce qu'il est très corrosif et très explosif en présence d'oxygène.

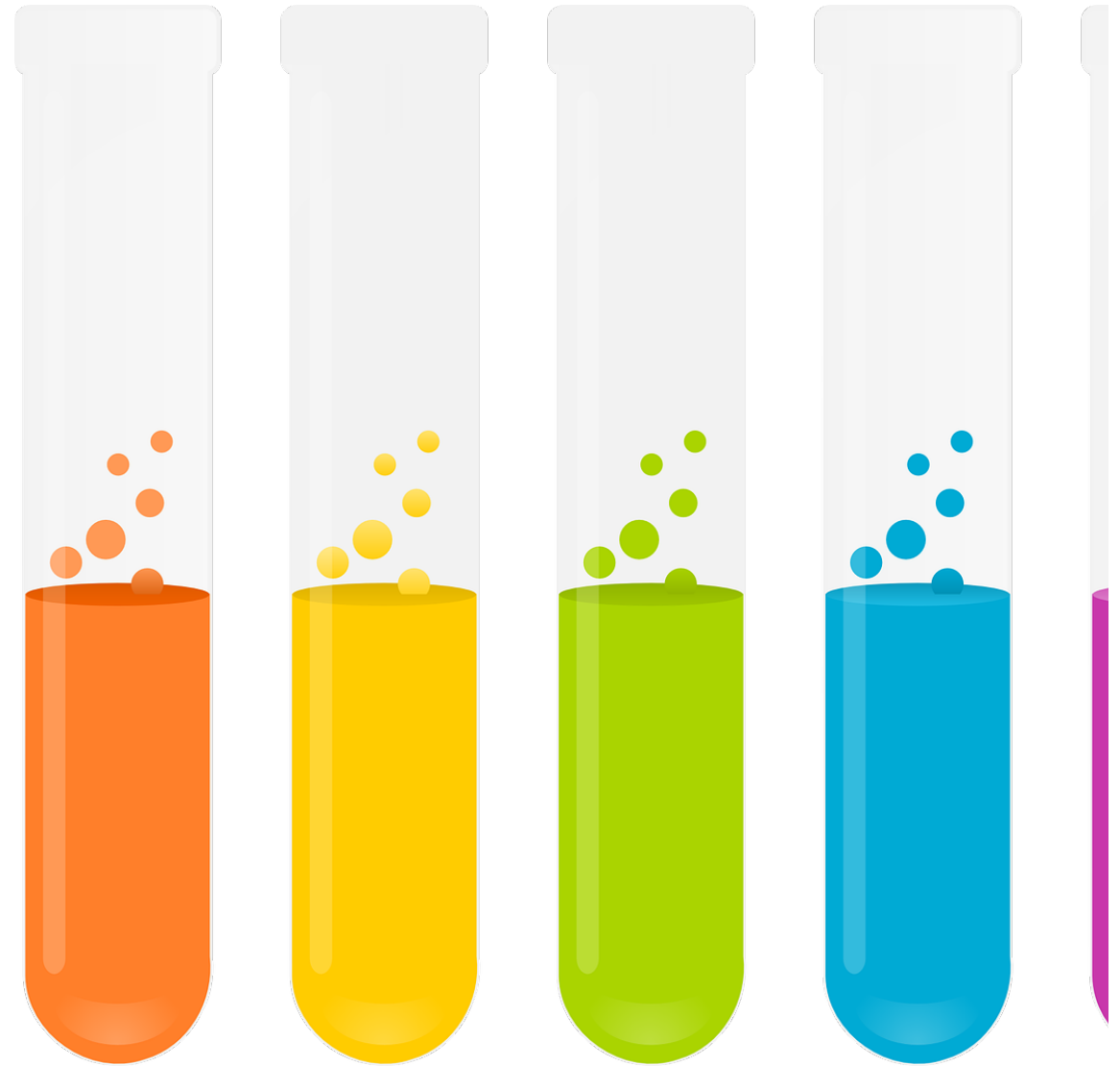


- Au niveau de l'exploitation, plus grande sera la relation  $\text{NH}_3/\text{NO}_x$  alimentée, plus grande sera l'efficacité obtenue. Toutefois, la quantité d'ammoniac n'ayant pas réagi et gaspillé dans le courant de gaz augmentera aussi. Cette perte d'ammoniac n'ayant pas réagi doit être minimisée, car celui-ci réagit en présence d'eau avec le  $\text{SO}_3$ , pour produire du bisulfate d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ), qui est corrosif et qui salit les installations. La clé d'une exploitation optimale est l'alimentation en ammoniac dans une mesure telle que l'on parvienne à un bon rendement tout en minimisant la quantité d'ammoniac n'ayant pas réagi.





- Le choix du catalyseur est déterminant dans le processus, car il influence des paramètres clés comme la température d'exploitation et l'extension de la réaction. Il existe quatre matériaux différents utilisés comme catalyseurs :
  - ❖ Oxydes métalliques (de vanadium, tungstène, molybdène ou chrome) sur une base de dioxyde de titane ( $\text{TiO}_2$ )
  - ❖ Zéolites
  - ❖ Oxydes de fer enveloppés d'une fine couche de phosphate de fer
  - ❖ Charbon actif
- Le choix du catalyseur conditionne aussi directement les coûts d'exploitation, car tous n'ont pas les mêmes propriétés, coût et vie utile



# Example

---





# Avantages et inconvénients

- **LES AVANTAGES**

- Absence de rejet liquide.  
Consommation minimale de réactifs.  
Production minimale de résidus solides.  
Facilité d'adaptation aux évolutions réglementaires.
- Les principaux avantages de la technologie SCR reposent sur le rendement d'élimination de  $\text{NO}_x$ , qui est très élevé, en plus de transformer les  $\text{NO}_x$  en azote sans produire aucun sous-produit ni déchet.

- **L'INCONVÉNIENT**

- L'inconvénient de ce procédé est la présence d'un panache à la cheminée produit par la condensation de la vapeur d'eau contenue dans les émissions gazeuses.



# Conclusion

- L'émission d'oxydes d'azote doit être contrôlée car elle est strictement régulée par la réglementation en vigueur. La première étape pour son contrôle est de minimiser la production de ces gaz. La production qui ne peut pas être évitée devra être correctement traitée avant de libérer les autres gaz dans l'atmosphère. Pour éliminer les  $\text{NO}_x$  la technique la plus efficace est la réduction par réaction chimique catalytique sélective (SCR)



POUR DR.  
ODISSA  
ABOU  
MEHREZ



Et maintenant, nôtres recherche  
est terminée, nous espérons que  
cela vous plaira et nous vous  
remercions de votre aimable  
attention.

FADWA & GHAYDAA