

# ACIDE NITRIQUE 2024

## Matières premières

L'ammoniac et le dioxygène de l'air. Les consommations sont, pour une tonne d'acide nitrique à 100 %, de 280 à 290 kg d'ammoniac et de 3 600 à 3 800 Nm<sup>3</sup> d'air.

## Fabrication industrielle

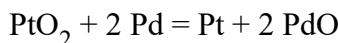
Elle est réalisée en 3 étapes, selon le procédé Ostwald mis au point en 1901 et utilisé industriellement dès le début du XX<sup>ème</sup> siècle.

**L'oxydation de NH<sub>3</sub> a lieu à 800-900°C, en présence de catalyseurs (platine rhodié à 5-10 %).**



La réaction stœchiométrique nécessiterait une teneur de 14 % en volume d'ammoniac dans l'air, teneur située, à la pression atmosphérique, entre les limites d'explosivité du mélange gazeux. En conséquence, la teneur employée est plus faible. Par exemple, pour les procédés à haute pression, la teneur en ammoniac est inférieure à 11 %.

Le catalyseur est constitué de plus de 50 toiles de platine rhodié de plus de 4 m de diamètre, 1024 mailles/cm<sup>2</sup>, avec un fil d'environ 0,07 mm de diamètre. Les pertes en platine varient entre 25 et 40 mg/t de HNO<sub>3</sub> pur. Elles sont dues à un effet mécanique, dans ce cas elles augmentent avec la pression, et à l'oxydation du platine en PtO<sub>2</sub>. Le platine perdu par effet mécanique est en partie récupéré dans des filtres. Celui qui est oxydé peut être, en partie, récupéré par ajout de toiles de palladium sur lesquelles l'oxyde de platine est réduit selon la réaction :



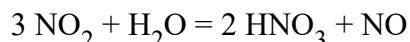
A une température supérieure à 750°C, l'oxyde de palladium est décomposé en palladium qui forme un alliage métallique avec le platine. Ainsi, plus de 80 % du platine et 30 % du rhodium peuvent être récupérés. La durée moyenne de vie du catalyseur est comprise entre 3 et 18 mois.

La durée du contact réactifs-catalyseur est très brève : 10<sup>-3</sup> s.

Le rendement est d'environ 96 % de NH<sub>3</sub> converti en NO.

**La 2<sup>ème</sup> étape** consiste à oxyder avec le dioxygène de l'air NO en NO<sub>2</sub> ou en dimère N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (à la température ambiante,  $\Delta_r H^\circ = -56,5 \text{ kJ/mole}$  de NO).

**La 3<sup>ème</sup> étape** est l'absorption du dioxyde d'azote ou du dimère dans l'eau qui est favorisée par une pression élevée :



NO co-produit est réoxydé en NO<sub>2</sub> puis à nouveau absorbé.

L'acide produit a une concentration comprise entre 50 et 68 % en masse (composition de l'azéotrope qui bout à 121°C).

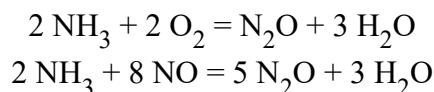
De l'acide plus concentré, jusqu'à 99 %, qui concerne environ 10 % de la production mondiale, peut être obtenu soit par distillation et déshydratation à l'aide d'acide sulfurique concentré, soit directement. Dans ce cas, on passe par la formation de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> liquide dans lequel est envoyé le dioxygène de l'air et l'acide dilué sous une pression élevée d'environ 50 bar.

## Deux variantes de procédé :

- Monopression avec une moyenne pression (4 à 8 bar) ou une haute pression (de 8 à 14 bar). L'oxydation et l'absorption ont lieu à la même pression. L'investissement est moindre mais la capacité de l'installation (600 t/j maximum en HNO<sub>3</sub> 100 %) est limitée par la taille de la colonne d'absorption qui deviendrait trop importante. Les rejets dans l'atmosphère (de 500 à 1000 ppm) d'oxydes d'azote sont importants, ce qui nécessite leur traitement.
- Bipression. L'oxydation de NH<sub>3</sub> est réalisée à moyenne pression (4 à 6 bar), puis l'absorption à haute pression (10 à 12 bar). C'est le procédé le plus répandu en Europe. Ses avantages sont une moindre consommation de platine (25 mg/t HNO<sub>3</sub> 100 %), des capacités élevées (1000 à 2000 t/j en HNO<sub>3</sub> 100 %), un rendement d'absorption élevé (99,5 %) et des rejets faibles d'oxydes d'azote.

**Émissions d'oxydes d'azote** : l'oxyde de diazote (N<sub>2</sub>O) présente l'inconvénient de posséder un potentiel d'effet de serre 298 fois supérieur à celui de CO<sub>2</sub>. Les oxydes NO et NO<sub>2</sub> (notés NO<sub>x</sub>) participent à l'acidification des pluies et sont des précurseurs d'ozone. Par ailleurs, NO<sub>2</sub> est toxique, 40 fois plus que le monoxyde de carbone, et NO est irritant pour les voies respiratoires et réduit le pouvoir oxygénateur du sang.

Lors de la combustion de l'ammoniac il se forme de l'oxyde de diazote selon les réactions suivantes :



Les émissions moyennes de N<sub>2</sub>O varient pour le procédé monopression de 9 kg par t de HNO<sub>3</sub> 100 % pour la haute pression à 5 kg pour la moyenne pression. Pour le procédé bipression, les émissions sont, en moyenne, de 2 kg de N<sub>2</sub>O/t de HNO<sub>3</sub> 100 %. En France, en 2011, la moyenne de production est comprise entre 1,5 et 2 kg N<sub>2</sub>O/t d'acide. En Europe, en 2017, les usines de production d'acide nitrique ont libéré dans l'atmosphère l'équivalent de 3,6 millions de t de CO<sub>2</sub>, représentant 5,5 % de l'ensemble des gaz à effet de serre produits, en Europe. Aux États-Unis, N<sub>2</sub>O contribue à 4,6 % du total des émissions de gaz à effet de serre, en équivalent CO<sub>2</sub>, et la production d'acide nitrique est la 3<sup>ème</sup> source de production de N<sub>2</sub>O, avec 6 % du total soit 19 millions de t d'équivalent CO<sub>2</sub>. Depuis 2012, en France, les émissions de N<sub>2</sub>O ne doivent pas dépasser 1,85 kg de N<sub>2</sub>O/t de HNO<sub>3</sub> 100 %.

Différentes techniques sont employées, lors de la construction de nouvelles usines, pour réduire les émissions de N<sub>2</sub>O. Elles interviennent soit au niveau de la chambre de combustion de l'ammoniac, soit après l'absorption.

- Deux solutions sont proposées au niveau de la chambre de combustion de l'ammoniac.
  - L'une consiste à augmenter (jusqu'à 3 secondes) le temps de séjour du gaz formé au sein de la chambre, en l'allongeant de 3,5 m ce qui permet à N<sub>2</sub>O, métastable, de se décomposer en diazote et dioxygène. Les émissions de N<sub>2</sub>O sont ainsi diminuées de 70 à 85 %.
  - L'autre consiste à placer une nouvelle couche de catalyseur à la suite des toiles de platine. Différents types de catalyseurs de décomposition de N<sub>2</sub>O sont proposés par les constructeurs. Les émissions sont réduites à des valeurs comprises entre 0,8 à 2 kg/t d'acide à 100 %.

- Après absorption, un réacteur de décomposition de N<sub>2</sub>O et des autres oxydes d'azote peut fonctionner soit de façon combinée, entre 420 et 480°C, en oxydant N<sub>2</sub>O sur catalyseur puis, après ajout d'ammoniac, en oxydant les NO<sub>x</sub>, soit de façon non sélective en oxydant sur catalyseur l'ensemble des oxydes d'azote avec ajout de méthane ou de dihydrogène. L'emploi de cette dernière technique, utilisée aux États-Unis, au Canada et en Russie, se traduit par une consommation élevée de méthane ou de dihydrogène, car ces derniers réagissent avec le dioxygène (1 à 4 %) présent dans les rejets gazeux, et la formation de sous-produits tels que du monoxyde et du dioxyde de carbone, du cyanure d'hydrogène et des composés organiques volatils.

Les émissions d'oxydes NO et NO<sub>2</sub> (notés NO<sub>x</sub>) dépendent directement de la pression utilisée lors de l'étape d'absorption. Plus la pression employée est élevée, plus des émissions sont faibles. Pour une pression de 15 bar, les émissions sont comprises entre 100 et 300 mg de NO<sub>2</sub>/t d'acide à 100 % et ne nécessitent pas de traitement ultérieur. Pour les installations travaillant sous des pressions plus faibles, un traitement de réduction catalytique sélective est employé, avec comme réducteur l'ammoniac. Pour les procédés avec une pression supérieure à 8 bar, après traitement, les rejets sont compris entre 100 et 200 mg de NO<sub>2</sub>/t d'acide à 100 %. Ils sont compris entre 200 et 350 mg de NO<sub>2</sub>/t d'acide à 100 % pour les procédés fonctionnant entre 4 et 8 bar.

## Productions

Dans le monde, en 2020 : 65,9 millions de t de HNO<sub>3</sub> à 100 %, dans l'Union Européenne, en 2024 : 19,215 millions de t de HNO<sub>3</sub> à 100 %.

Aux États-Unis, en 2010, il y avait 41 usines de production d'acide nitrique dont 1 d'acide concentré selon la voie directe. En 2017, la production était de 6,8 millions de t d'acide à 100 %.

La production canadienne est de 1,1 million de t.

Productions dans l'Union européenne, en 2024, avec un total de 19,215 millions de t, y compris l'acide sulfonitrique :

	en milliers de t		
Allemagne	5 098	Espagne	678
Pologne	2 446	Slovaquie	547
Belgique, en 2023	1 913	République tchèque	502
Portugal	1 424	Roumanie	233
Lituanie	774	Croatie	72
France	708	Italie	34

*Source : Eurostat*

La production des Pays Bas est confidentielle.

La production importante de l'Union européenne est liée au type de fertilisation azotée employé. En effet, en Europe, est privilégié l'apport de nitrate d'ammonium, utilisant de l'acide nitrique pour sa fabrication, alors qu'ailleurs dans le monde, l'urée, ne consommant pas d'acide nitrique pour sa fabrication, est plutôt employée.

**Principaux producteurs** : les principaux producteurs sont les producteurs d'engrais azotés, voir ce chapitre. Le marché est très fragmenté, le principal producteur, Yara, détenant avec 8,4 millions de t/an de capacité de production, 9 % des capacités mondiales. Les 10 premiers producteurs mondiaux détiennent 36 % du marché mondial. Il y a dans le monde, environ 580 unités de production d'acide nitrique.

[Yara](#), numéro 1 mondial, possède, en 2023, des capacités de production de 8,4 millions de t/an, en Norvège, à Porsgrunn, avec 1,7 million de t/an et Glomfjord, avec 400 000 t/an, aux Pays Bas, à Sluiskil, avec 1,4 million de t/an, en Belgique, à Tertre, avec 750 000 t/an, en Allemagne, à Rostock, avec 1,1 million de t/an, en Finlande, à Uusikaupunki, avec 500 000 t/an et Siilinjärvi, avec 150 000 t/an, en Italie, à Ravenne, avec 380 000 t/an, en Suède, à Koping, avec 300 000 t/an, au Canada, à Belle Plaine, avec 100 000 t/an, en Colombie, à Cartagène, avec 200 000 t/an, au Brésil, à Cubatao, avec 500 000 t/an, en Australie, à Pilbara avec 100 000 t/an, en France, voir ci-dessous.

[CF Industries](#) produit de l'acide nitrique aux États-Unis à Yazoo, dans le Mississippi, Donaldsonville, en Louisiane, Port Neal dans l'Iowa, Verdigris et Woodward, dans l'Oklahoma, au Canada à Courtright dans l'Ontario.

**Commerce international** : il est limité, car l'acide nitrique, très corrosif, est principalement, à 90 %, transformé sur son lieu de production. En 2024.

Principaux pays exportateurs : sur un total de 1,566 million de t, en 2023.

en tonnes

Corée du Sud	747 961	Portugal	38 047
Belgique	329 726	Norvège	33 995
Allemagne	312 519	États-Unis	31 795
Pays Bas	51 874	Suède	19 949
Chine	44 875	France	14 932

*Source : ITC*

Les exportations coréennes sont principalement destinées à la Chine pour 20 %, l'Inde pour 19 %, au Japon pour 19 %, la Malaisie pour 18 %.

Principaux pays importateurs sur un total de 1,725 million de t :

en tonnes

Belgique	181 636	Inde	117 792
Allemagne	175 662	Pays Bas	89 485
Chine	156 343	Malaisie	82 546
France	144 580	Espagne	73 107
Japon	142 239	Thaïlande	71 790

*Source : ITC*

Les importations belges proviennent à 83 % d'Allemagne, 8 % de Corée du Sud, 5 % des Pays Bas.

## Situation française

**Production** : 708 260 t, en 2024.

**Producteurs** : principalement les producteurs d'engrais azotés :

- [Agrofert](#), société tchèque, a repris, en juillet 2023, les activités de [Borealis](#) dans les produits azotés qui elle même avait repris, en juillet 2013, les activités de GPN, filiale de Total, avec des usines à Grand Quevilly (76) avec une capacité de production de 900 000 t/an, Grandpuits (77) avec une capacité de production de 400 000 t/an et Ottmarsheim (68) avec une capacité de production de 360 000 t/an.
- [Yara](#) : à Ambès (33) avec une capacité de production de 450 000 t/an, à Montoir (44) avec une capacité de production de 300 000 t/an. En juillet 2018, l'usine de Pardies (64) avec une capacité de production de 155 000 t/an d'acide dilué et 35 000 t/an d'acide concentré, a fermé.

Autre producteur :

- Alsachimie, joint venture entre BASF (51 %) et Domo Chemicals (49 %), à Chalampé (68), pour la production d'acide adipique avec une capacité de production de 60 000 t/an d'acide nitrique 100 % pour produire 260 000 t/an d'acide adipique, aux Roches-Roussillon (38) avec une capacité de production de 60 050 t/an et à Saint-Fons (69). Cette activité a été acquise, début 2020, auprès de Solvay qui produisait également de l'acide adipique à Onsan, en Corée du Sud (130 000 t/an) et à Paulinia, au Brésil (85 000 t/an). En 2019, l'activité de Solvay dans les polyamides, en dehors de l'Europe, a été vendue, à BASF, l'activité européenne à Domo Chemicals.

**Commerce extérieur**, y compris l'acide sulfonitrique : en 2024.

Les exportations étaient de 15 202 t avec comme principaux marchés à :

- 35 % l'Espagne,
- 20 % l'Allemagne,
- 13 % l'Italie,
- 12 % la Belgique,
- 10 % l'Irlande.

Les importations s'élevaient à 144 588 t en provenance principalement à :

- 49 % d'Allemagne,
- 37 % de Belgique,
- 4 % de Pologne,
- 3 % des Pays Bas.

## Utilisations

**Consommation** : en 2022, la demande mondiale est de 57 millions de t, en 2016, celle des États-Unis est de 8 millions de t.

**Secteurs d'utilisation** : en 2022.

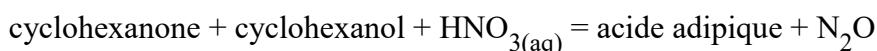
Nitrate d'ammonium	70 %	Diisocyanate de toluène	8 %
Acide adipique	11 %	Nitrobenzène	5 %

Source : Chemanalyst

- L'industrie des engrais consomme principalement l'acide nitrique pour la production d'ammonitrates (nitrate d'ammonium). Voir le chapitre engrais azotés.
- De nombreux produits fabriqués à l'aide d'acide nitrique, dont le nitrate d'ammonium, sont utilisés par l'industrie des explosifs.
- Le nitrobenzène est employé comme précurseur de l'aniline.
- Le diisocyanate de toluène (TDI), obtenu à partir de dinitrotoluène, est destiné à produire du polyuréthane.

## Production d'acide adipique :

91 % de la production provient du cyclohexane (lui-même obtenu à partir du benzène) qui est oxydé en mélange cyclohexanone ((CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>CO)-cyclohexanol ((CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>CH-OH) et 9 % de l'hydrogénéation du phénol (également obtenu à partir du benzène). Le mélange cyclohexanone-cyclohexanol est ensuite oxydé par l'acide nitrique en acide adipique (HO-CO-(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>-CO-OH), à 60-80°C, avec un catalyseur de cuivre sur oxyde de vanadium.



La production d'une mole de N<sub>2</sub>O par mole d'acide adipique entraîne l'émission de 270 à 300 kg de

$\text{N}_2\text{O}$ /t d'acide adipique et la nécessité de capter le  $\text{N}_2\text{O}$  émis. Diverses techniques, par destruction catalytique ou thermique ou recyclage de l'acide nitrique obtenu à partir de  $\text{N}_2\text{O}$  permettent d'éliminer plus de 90 % et jusqu'à 99,5 %, à Chalampé, du  $\text{N}_2\text{O}$  formé.

La production mondiale a été, en 2015, de 3 millions de t. En 2021, la production de l'Union européenne est de 554 148 t dont 432 309 t en Allemagne, 82 430 t en Italie, 34 347 t en France, celle des États-Unis, en 2010, de 764 000 t, celle de la Chine d'environ 660 000 t. Il y a 5 usines de production dans l'Union européenne (3 en Allemagne, 1 en Italie, 1 en France, exploitée, à Chalampé, par une joint venture formée entre [BASF](#) et [Domo Chemicals](#), avec une capacité de production de 260 000 t/an, c'est la 3<sup>ème</sup> plus importante usine au monde).

61 % de la production d'acide adipique est destiné à la fabrication du polyamide 6-6 (Nylon 6-6). Le polyamide 6-6 est un copolymère obtenu par polycondensation en solution aqueuse d'un sel hexaméthylène diamine avec l'acide adipique. La production mondiale de polyamide 6-6 est, en 2016, de 3,4 millions de t sous forme à 55 % de fibres et à 45 % de thermoplastiques.