

## ENGRAIS AZOTES 2016

Le [diazote](#) atmosphérique n'est pas, en général, assimilé directement par les plantes (sauf par les légumineuses). Par contre, l'azote sous forme d'ions nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) est directement assimilable (effet rapide) mais est facilement entraîné, par les eaux de pluie, par lessivage. Par contre l'azote sous forme d'ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) qui se lie électrostatiquement aux argiles du sol, chargées négativement, est fixé dans le sol. Pour être assimilable par les plantes l'ion ammonium doit être préalablement oxydé en ion  $\text{NO}_3^-$  par des bactéries (nitrosomas, nitrobacter) contenues dans le sol, en présence du [dioxygène](#) de l'air (effet retard).

L'humus a une teneur de 5 % en azote organique en grande partie non assimilable. Chaque année, 1 à 2 % de cet azote (soit 40 à 80 kg de N/ha/an) passe à l'état  $\text{NO}_3^-$ , c'est la minéralisation. Une partie du  $\text{NO}_3^-$  présent dans l'humus (soit environ 30 kg de N/ha/an) est transformé par des microbes anaérobies en  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{N}_2$  (c'est la dénitrification).

Les besoins en N, par hectare, pour une production de blé de 70 quintaux sont, en moyenne, de 250 kg. Seuls, 210 kg sont consommés, car il y a, en particulier, 20 kg de dénitrification. Sur cette consommation, 155 kg proviennent des engrais, 65 kg d'azote organique, 30 kg d'apports naturels (pluies...).

**Fixation de l'azote de l'air par les plantes** : d'après La Recherche, n°199, mai 1988.

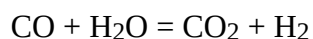
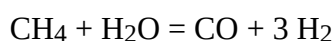
Quelques plantes (fougère Azolla en Asie, légumineuse Sesbania Rostrata en Afrique) en association avec des micro-organismes (bactéries du genre Rhizobium) pour S. Rostrata peuvent fixer l'azote de l'air et être utilisées comme "engrais vert" pour la culture du riz. A l'échelle mondiale on estime que 75 millions de t de  $\text{N}_2$  sont ainsi accumulées soit l'équivalent de 160 millions de t d'engrais chimiques. S. Rostrata peut fixer 200 à 300 kg de  $\text{N}_2$  par ha en 50 jours et permet de faire passer le rendement en riz de 2 à 4 t/ha ce qui équivaut à un apport d'engrais chimiques de 60 à 80 kg.

Le trèfle fixe 150 kg de N/hectare/an, la luzerne 180 kg de N/ha/an.

**MATIÈRES PREMIÈRES** : le [gaz naturel](#) fournit, en 2013, dans le monde, 65 % de l'[ammoniac](#) nécessaire à la fabrication des engrais azotés. Le [charbon](#) et le gaz de cokerie comptent pour 31 % (à 95 % en Chine), le fuel ou le naphta pour 4 %.

**FABRICATION INDUSTRIELLE** : nécessite la production d'ammoniac (voir les chapitres consacrés au [dihydrogène](#) et à l'[ammoniac](#)).

- Production du dihydrogène : par reformage à la vapeur d'eau du méthane du gaz naturel puis conversion du monoxyde de carbone.



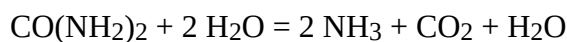
- Décarbonatation : le [dioxyde de carbone](#) est récupéré si de l'urée est fabriquée.

- Production de l'ammoniac : par synthèse catalytique ([Fe](#)), le [diazote](#) (de l'air) est introduit lors de la fabrication du dihydrogène (environ 82 % de l'ammoniac produit dans le monde est utilisé dans la fabrication d'engrais).

### COMPOSES CHIMIQUES FABRIQUÉS et utilisés comme engrais azotés :

- **Ammoniac** :  $\text{NH}_3$ . Gaz liquéfié sous pression injecté directement dans le sol. Cette utilisation directe de l'ammoniac est surtout pratiquée aux États-Unis où elle représente, en 2013, 28,6 % de la fertilisation azotée. Elle n'est pas employée en France.

- **Urée** :  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Obtenue par action du dioxyde de carbone issu du reformage, sur l'ammoniac, sous pression (140 à 250 bar), à 190°C (environ 35 % l'ammoniac produit dans le monde est utilisé pour fabriquer de l'urée). Il se forme du carbamate d'ammonium,  $\text{NH}_2\text{-CO}_2\text{-NH}_4$ , qui est déshydraté en urée. Les unités de production ont des capacités de 1 000 à 2 000 t/jour. Son action a lieu par hydrolyse lente et formation d'ammoniac. C'est l'engrais azoté le plus riche en N : 46 %.



En France, l'urée est utilisée (surtout dans le Sud-Ouest et en Alsace, régions productrices de maïs) seule ou en solutions 50/50 avec  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . C'est le principal engrais azoté utilisé dans le monde. Elle convient aux pays tropicaux (les ammonitrates sont trop solubles) en particulier pour la culture du riz mais aussi aux régions froides ou tempérées, sauf dans les sols sablonneux ou très calcaires. 90 % de l'urée est destinée à la production d'engrais. Les 10 % restants sont utilisés pour fabriquer des colles urée-formol, de la mélamine, des dérivés isocyanuriques, dans l'alimentation animale, l'extraction des paraffines...

- **Production** : en 2015, comptée en N, dans le monde : 80,7 millions de t dont 4,4 millions de t dans l'Union européenne.

L'urée fait l'objet d'un important commerce international, avec 22,8 millions de t de N, en 2015 dont 1,29 million de t exportées par l'Union européenne et 2,97 millions de t importées.

La consommation mondiale est, en 2015, de 80,7 millions de t, comptée en N dont 6,1 millions de t dans l'Union européenne.

- **Nitrate d'ammonium (ammonitrate)** :  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Il est préparé, à 160°C, sous 3 bar, par neutralisation de [l'acide nitrique](#) par [l'ammoniac](#). L'acide nitrique est lui-même préparé par oxydation catalytique de l'ammoniac sur grilles de platine (voir le chapitre consacré à [HNO3](#)). Les unités de production ont des capacités de 1 500 à 3 000 t/jour.

Le titre en N (35 % maximum) varie à l'aide d'une charge, en général [calcaire](#). Du nitrate de magnésium (1,6 %) est ajouté pour stabiliser  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  sous sa forme orthorhombique IV (changement de forme à 32°C) et éviter la désagrégation des granulés, puis la prise en masse qui augmente les risques de détonation. Le 21 septembre 1921, dans l'usine BASF d'Oppau (Allemagne), explosion de 5 400 t de sel double  $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-(NH}_4)_2\text{SO}_4$  (500 à 600 morts). Le 16 avril 1947 : explosion de 2 bateaux à Texas City (561 morts) puis, plus tard, d'un bateau à Brest (22 morts) : les granulés de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  étaient enrobés de 1 % de cire combustible. Du nitrate d'ammonium a été utilisé lors de l'attentat d'Oklahoma City (États-Unis), le 19 avril 1995 (167 morts). Le mélange  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  et 6 % de fuel est l'explosif industriel le plus utilisé, l'amorçage est

réalisé avec de la dynamite. Au-dessus de 195°C, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> risque de se décomposer avec explosion. Le 21 septembre 2001, à 10h17, 300 à 400 t de nitrate d'ammonium ont explosé à l'usine AZF de Toulouse entraînant la destruction de l'usine, la mort de 30 personnes (22 dans l'usine et 8 à l'extérieur) et plus de 2 000 blessés.

Le nitrate d'ammonium est utilisé dans la fabrication d'engrais sous forme d'engrais NP, NPK, de solutions urée-nitrate et surtout solide comme engrais simple : dénommé ammonitrate (c'est l'engrais azoté le plus utilisé en France, où il représente 38 % de la fertilisation azotée).

En 2015, la production mondiale, comptée en N, est de 16,2 millions de t dont 3,6 millions de t dans l'Union européenne. Une partie de la production est employée en utilisation directe comme engrais, une autre partie pour préparer des solutions d'engrais et enfin une dernière partie dans des applications industrielles, en dehors de l'industrie de engrais, comme, par exemple, l'industrie de explosifs. Les exportations ont porté sur 3,7 millions de t, comptées en N, dont 739 000 t exportées par l'Union européenne et 822 000 t importées. La consommation mondiale est de 16,2 millions de t, comptées en N dont 3,699 millions de t pour l'Union européenne.

#### - Autres composés :

- Sulfate d'ammonium : (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Sous-produit des fabrications de caprolactame, acrylonitrile, coke sidérurgique ou synthétisé à partir d'ammoniac et d'acide sulfurique. En 2015, la production mondiale est de 5,2 millions de t comptées en N, dont 1,1 million de t dans l'Union européenne, les consommations sont de 5,2 millions de t comptées en N, dont 781 000 t dans l'Union européenne.

- Phosphates d'ammonium (engrais binaire NP) : obtenus par neutralisation de NH<sub>3</sub> par H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Diammonique (DAP) : (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> et monoammonique (MAP) : NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (voir la partie concernant les engrais phosphatés). La production mondiale de phosphate diammonique est, en 2015, de 16,4 millions de t comptées en N, celle de phosphate monoammonique de 12,0 millions de t comptées en N avec respectivement 457 000 t et 41 000 t dans l'Union européenne. Les consommations mondiales sont de 16,4 millions de t pour le DAP et 12,0 millions de t pour le MAP. Dans l'Union européenne les consommations sont respectivement de 1,03 million de t et 323 000 t.

- Divers : nitrate de sodium naturel du Chili, cyanamide calcique (CaCN<sub>2</sub>), nitrate de potassium (engrais binaire NK, par attaque à l'acide nitrique de KCl), chlorure d'ammonium (utilisé surtout en riziculture au Japon et en Inde), hydrogénocarbonate d'ammonium (utilisé en Chine), nitrate de calcium et d'ammonium.

- Une partie de la production d'engrais azotés est commercialisée sous forme de solutions urée - nitrate d'ammonium.

**PRODUCTIONS** : en 2014 et ( ) exportations, en milliers de t de N. Monde : 113 310 (40 490).

Chine	39 444 (8 716)	Canada	3 505 (1 506)
Inde	12 329 (19)	Pakistan	2 616 (0)
Etats-Unis	9 133 (1 615)	Qatar	2 499 (2 342)
Russie	7 876 (5 742)	Arabie Saoudite	2 241 (1 915)

Indonésie	3 680 (578)	Egypte	1 980 (669)
-----------	-------------	--------	-------------

Source : FAO

**Principaux pays importateurs** : en 2014, en milliers de t de N : États-Unis : 9 128, Inde : 4 809, Brésil : 3 555, France : 2 098, Thaïlande : 1 480, Allemagne : 1 257...

**SITUATION FRANÇAISE** : en t de N.

Production, en 2014 : 1 119 milliers de t de N

Commerce extérieur : en 2016, en t de N.

Ammonitrates :

- Exportations : 91 099 t vers les Pays Bas à 35 %, le Maroc à 6 %.
- Importations : 127 485 t de Belgique à 55 %, de Lituanie à 18 %, de Pologne à 11 %.

Sulfate d'ammonium :

- Exportations : 10 063 t vers l'Allemagne à 46 %, l'Irlande à 19 %, l'Italie à 10 %, la Suède à 8 %.
- Importations : 153 932 t des Pays Bas à 36 %, de Belgique à 30 %, d'Allemagne à 18 %, d'Espagne à 13 %.

Urée :

- Exportations : 71 611 t vers l'Espagne à 37 %, le Royaume Uni à 21 %, la Suède à 9 %, le Portugal à 8 %.
- Importations : 723 116 t d'Algérie à 29 %, d'Égypte à 23 %, de Russie à 12 %.

Consommation, en 2015-16 : 2 221 dont :

- Ammonitrate : 793 milliers de t de N (2 592 milliers de t de produit)
- Solutions : 696 milliers de t de N (2 334 milliers de t de produits)
- Urée : 452 milliers de t de N (984 milliers de t de produits)
- Autres simples : 84 milliers de t de N (370 milliers de t de produits)
- NK et NPK : 102 milliers de t de N (707 milliers de t de produits)
- DAP-MAP : 51 milliers de t de N (289 de t de produits)
- Autres NP : 36 milliers de t de N (217 milliers de t de produits)
- Autres : 196 milliers de t de N (1 336 milliers de t de produits).

Consommation à l'hectare : 85,9 kg de N.

## CONSOMMATIONS

**Par produits** : en milliers de t de N.

Engrais	Monde		Chine 2013	Inde 2013	États-Unis 2013	Union Européenne 2010	France en 2015-16
	1973/74	2013					
Urée	8 330	63 174	24 300	14 076	2 511	2 168	452
Ammonitrate	7 300	6 733	0	0	254	2 084	793
Phosphates	1 023	7 930	3 200	1 324	645	208	51

d'ammonium							
Ammoniac	3 580	4 202	0	0	3 349	5	0
Solutions	2 120	5 600	0	0	3 201	1 280	696
Sulfate d'ammonium	2 760	3 462	290	101	277	319	18
Ternaires NPK	6 100	8 018	2 000	395	798	1 659	102
Total	39 220	110 503	35 010	16 750	11 690	10 894	2 221

Source : FAO

**Par pays : en 2014 en milliers de t de N. Monde : 108 937.**

Chine	31 075	Pakistan	3 134	Allemagne	1 823
Inde	16 935	Indonésie	2 909	Thaïlande	1 521
Etats-Unis	12 428	Canada	2 835	Turquie	1 492
Brésil	3 872	France	2 200	Russie	1 194

Source : FAO

**Évolution de la production d'engrais azotés au cours des XIX et XXème siècle, en milliers de t de N.**

Années	Nitrate du Chili	Guano	Sulfate d'ammonium sous produit de la distillation du charbon	Cyanamide calcique	Ammoniac synthétique	Total
1850	5	-	0	0	0	5
1860	10	70	0	0	0	80
1880	50	30	0	0	0	80
1900	220	20	120	0	0	360
1920	410	10	290	70	150	950
1940	200	10	450	290	2150	3100
1960	200	-	950	300	9540	10990
1980	90	-	970	250	59290	60600
2000	120	-	370	80	85130	85700

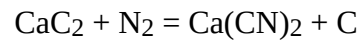
Source : EFMA

Le nitrate de sodium du Chili est exploité depuis 1804 dans le désert d'Atacama situé initialement dans 3 pays : Chili, Pérou et Bolivie. Il contient de 1 à 5 % de N. Il est extrait par lixiviation à l'eau chaude. Après la guerre du salpêtre (1879-1884), le Chili a annexé le gisement.

Le guano, formé par les déjections d'oiseaux, s'est accumulé (jusqu'à 60 m d'épaisseur) par exemple sur un ensemble d'îles au large des côtes péruviennes. Sa teneur est de 14 % de N et 14 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Le sulfate d'ammonium était initialement produit lors de la fabrication du gaz manufacturé (ou gaz à l'eau) utilisé comme gaz de ville ou d'éclairage. Ce gaz contient de 0,7 à 1,5 % d'ammoniac qui est précipité en sulfate d'ammonium. Actuellement, il est récupéré lors de l'élaboration du [coke](#).

La cyanamide calcique est fabriquée par réaction du carbure de calcium avec l'azote de l'air, vers 1100°C, selon la réaction :



### **PROBLÈMES :**

**Économiques** : le prix de revient des engrais azotés est lié au coût du [gaz naturel](#) (50 % du prix de revient des ammonitrates). Les pays producteurs de gaz naturel (Pays du Golfe, Russie) développent une industrie de l'ammoniac extrêmement concurrentielle.

**Écologiques** : [pollution des eaux](#) par les ions nitrates, voir le chapitre consacré à l'[eau](#).