

ENGRAIS AZOTES 2013

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 (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 (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 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 NO_3^- , c'est la minéralisation. Une partie du NO_3^- présent dans l'humus (soit environ 30 kg de N/ha/an) est transformé par des microbes anaérobies en NO_2^- et 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 minéral, 30 kg d'apports naturels (pluies...).

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

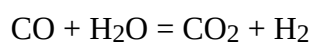
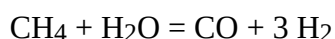
Quelques plantes (fougère Azolla en Asie, légumineuse Sesbania Rostrata en Afrique) en association avec des micro-organismes (bactéries du genre Rhizobium) pour S. Rostrata peuvent fixer l'azote de l'air et être utilisées comme "engrais vert" pour la culture du riz. A l'échelle mondiale on estime que 75 millions de t de 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 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 2008, dans le monde, 67 % de l'[ammoniac](#) nécessaire à la fabrication des engrais azotés.

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

- Production de H_2 : par réformage à la vapeur d'eau du méthane du gaz naturel puis conversion de CO.



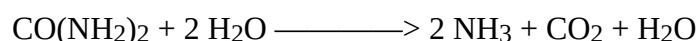
- Décarbonatation : [CO2](#) est récupéré si de l'urée est fabriquée.

- Production de NH₃ : par synthèse catalytique (Fe), le diazote (de l'air) est introduit lors de la fabrication de H₂ (environ 82 % du NH₃ produit dans le monde est utilisé dans les engrais).

COMPOSES CHIMIQUES FABRIQUES et utilisés comme engrais azotés :

- **Ammoniac** : NH₃. Gaz liquéfié sous pression injecté directement dans le sol. Cette utilisation directe de l'ammoniac est surtout pratiquée aux Etats-Unis où elle représente, en 2010, 28 % de la fertilisation azotée. Elle n'est pas employée en France.

- **Urée** : CO(NH₂)₂. Obtenue par action du dioxyde de carbone issu du réformage, 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, NH₂-CO₂-NH₄, 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 NH₄NO₃. 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 2011, comptée en N, dans le monde : 71,1 millions de t, dans l'Union européenne : 4,1 millions de t.

En 2010, les capacités de production des Etats-Unis sont de 3,036 millions de t, celles du Canada, de 1,823 million de t.

L'urée fait l'objet d'un important commerce international (18,1 millions de t de N, en 2011), transportée en vrac par voie maritime. En 2009, le commerce international a porté sur 13,4 millions de t avec, en milliers de t :

- Exportations : Moyen-Orient : 4 532, Russie : 2 158, Chine : 1 553, Amérique Latine : 1 051, Ukraine : 826, Autres pays d'Asie et Océanie : 788, Canada : 782, Etats-Unis : 155.

- Importations : Etats-Unis : 2 157, Inde : 1 991, Brésil : 718, Mexique : 753, Pakistan : 475, Bangladesh : 415, Turquie : 394, Italie : 303, Afrique du Sud : 281, France : 253.

La consommation mondiale est, en 2010, de 57,3 millions de t, comptée en N dont 2,168 millions de t dans l'Union européenne et 393 000 t en France. Principaux pays consommateurs, en milliers de t.

Chine	21 074	Etats-Unis	2 420
Inde	12 932	Brésil	1 525
Pakistan	2 687	Bangladesh	1 221
Indonésie	2 435	Thaïlande	963

Source : IFA

- **Nitrate d'ammonium (ammonitrate)** : NH₄NO₃. Il est préparé, à 160°C, sous 3 bar, par neutralisation de HNO₃ par NH₃. 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 NH_4NO_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 NH_4NO_3 étaient enrobés de 1 % de cire combustible. Du nitrate d'ammonium a été utilisé lors de l'attentat d'Oklahoma City (Etats-Unis), le 19 avril 1995 (167 morts). Le mélange NH_4NO_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_4NO_3 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, après les solutions, où il représente 29 % de la fertilisation azotée).

En 2011, la production mondiale, comptée en N, est de 15,4 millions de t dont 3,2 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.

- **Autres composés :**

- Sulfate d'ammonium : $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Sous-produit des fabrications de caprolactame, acrylonitrile, [coke](#) sidérurgique ou synthétisé à partir d'[ammoniac](#) et d'[acide sulfurique](#). En 2011, la production mondiale est de 4,5 millions de t comptées en N, dont 1 million de t dans l'Union européenne.

- Phosphates d'ammonium (engrais binaire NP) : obtenus par neutralisation de NH_3 par [H3PO4](#). Diammonique (DAP) : $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ et monoammonique (MAP) : $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (voir la partie concernant les [engrais phosphatés](#)).

- Divers : nitrate de sodium naturel du Chili, cyanamide calcique (CaCN_2), 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).

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

PRODUCTIONS : en 2010 et () exportations, en milliers de t de N. Monde : 109 037 (32 569), Union Européenne : 10 591 (5 494).

Chine	35 988 (4 530)	Indonésie	3 207 (404)
-------	----------------	-----------	-------------

Inde	12 178 (15)	Egypte	2 810 (1 657)
États-Unis	10 317 (1 417)	Pakistan	2 699 (0)
Russie	6 282 (4 771)	Ukraine	2 312 (1 629)
Canada	3 457 (1 936)	Arabie Saoudite	1 695 (1 529)

Source : IFA

Principaux pays importateurs : en 2010, en milliers de t de N : Inde : 4 570, Etats-Unis : 4 216, Brésil : 2 174, France : 1 674, Thaïlande : 1 341, Allemagne : 1 043.

SITUATION FRANCAISE : en 2012/13, en milliers de t de N.

- Production, en 2010 : 903
- Exportations, en 2010 : 71,9
- Importations, en 2010 : 1 674
- Consommation : 1 455 dont :
 - Ammonitrate : 672 (2 206 milliers de t de produit)
 - Solutions : 375 (1 074 milliers de t de produits)
 - Urée : 191 (415 milliers de t de produits)
 - Autres simples : 46 (203 milliers de t de produits)
 - NK et NPK : 91 (631 milliers de t de produits)
 - DAP-MAP : 41 (231 milliers de t de produits)
 - Autres NP : 31 (187 milliers de t de produits).

Consommation à l'hectare : 56 kg de N.

CONSOMMATIONS

Par produits : en milliers de t de N.

Engrais	Monde		Chine 2010	Inde 2010	Etats-Unis 2010	Union Européenne 2010	France 2010
	1973/74	2010					
Urée	8 330	57 282	21 074	12 932	2 420	2 168	393
Ammonitrate	7 300	5 099	0	0	324	2 084	685
Phosphates d'ammonium	1 023	7 128	2 474	1 967	674	208	49
Ammoniac	3 580	3 749	0	0	3 247	5	0
Solutions	2 120	5 216	0	0	3 198	1 280	693
Sulfate d'ammonium	2 760	3 406	345	127	262	319	20
Ternaires NPK	6 100	8 558	2 127	648	980	1 659	145

Total	39 220	104 774	32 600	16 558	11 725	10 894	2 331

Source : IFA

Par pays : en 2010 en milliers de t de N. Monde : 104 774, Union Européenne : 10 894.

Chine	32 600	Indonésie	2 045	Allemagne	1 786
Inde	16 558	Brésil	2 855	Russie	1 484
États-Unis	11 725	France	2 331	Turquie	1 344
Pakistan	3 132	Canada	1 990	Thaïlande	1 311

Source : IFA

Evolution 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

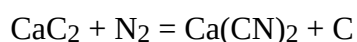
Source : EFMA

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 P₂O₅.

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 précipitée 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](#).