

ENGRAIS AZOTES 1996

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.

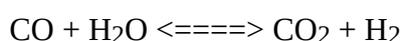
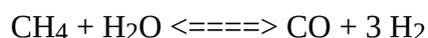
Quelques plantes (fougère Azolla en Asie, légumineuse Sesbania Rostrata en Afrique) en association avec des micro-organismes (bactéries du genre Rhizobium) pour S. Rostrata peuvent fixer l'azote de l'air et être utilisées comme "engrais vert" pour la culture du riz. A l'échelle mondiale on estime que 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](#) (8 % de la consommation française de gaz) fournit 90 % 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 (62 % du H_2 utilisé, en 1991, en France sert à la fabrication de NH_3).

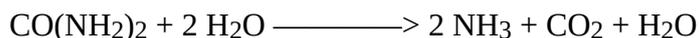


- Décarbonatation : [CO2](#) est récupéré si de l'urée est fabriquée.

- Production de NH_3 : par synthèse catalytique ([Fe](#)), le [diazote](#) (de l'air) est introduit lors de la fabrication de H_2 (environ 87 % du NH_3 produit dans le monde est utilisé dans les engrais).

COMPOSES CHIMIQUES FABRIQUES et utilisés comme engrais azotés :

- **Ammoniac** : NH_3 . Gaz liquéfié sous pression injecté directement dans le sol.
- **Urée** : $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Obtenue par action de CO_2 issu du réformage, sur NH_3 , sous pression (140 à 250 bar), à 190°C (environ 35 % du NH_3 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. Les engrais consomment 80 % de l'urée produite mondialement. 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 NH_4NO_3 . C'est le principal engrais azoté utilisé dans le monde. 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. Elle est également utilisée pour fabriquer des colles urée-formol, de la mélamine, des dérivés isocyanuriques, dans l'alimentation animale, l'extraction des paraffines...

- **Capacités de production** : en 1995 en millions de t d'urée. Monde : 107,4, Europe de l'Ouest : 6,1.

Chine	: 22,5	Indonésie	: 6,4
Inde	: 17,2	Pakistan	: 3,3
ex URSS	: 11,0	Canada	: 3,3
États-Unis	: 7,1	Roumanie	: 3,0

Production, en 1995, aux Etats-Unis : 3,7 millions de t.

L'urée fait l'objet d'un important commerce international (26 % de la production mondiale en 1993) : transportée en vrac (25 000 t) dans des navires. En 1995, la Chine représente 28 % des importations mondiales, l'Inde 13,5 %.

La consommation mondiale est, en 1995, de 33 millions de t, comptée en N.

- **Situation française** : capacités annuelles de production, en 1992, en milliers de t d'urée.

- Hydro Agri France et Grande Paroisse, à Oissel : 110.

- Grande Paroisse, à Toulouse : 270 et Gonfreville : 150.

- **Nitrate d'ammonium (ammonitrate)** : NH_4NO_3 . Il est préparé, à 160°C , sous 3 bar, par neutralisation de HNO_3 par NH_3 ($\Delta H^\circ = -106 \text{ kJ/mol}$). HNO_3 est lui-même préparé par oxydation catalytique de NH_3 sur grilles de platine (voir le chapitre consacré à HNO_3). 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 $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-(NH}_4)_2\text{SO}_4$ (600 morts). Le 16 avril 1947 : explosion de 2 bateaux à Texas City (500 morts) puis, plus tard, d'un bateau à Brest : 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 (10 % de la production de nitrate d'ammonium en France). Au-dessus de 195°C, NH_4NO_3 risque de se décomposer avec explosion.

Le nitrate d'ammonium est utilisé dans la fabrication d'engrais (à 90 % en France) 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).

Production aux Etats-Unis, en 1996 : 2,9 millions de t comptée en N, soit 8,5 millions de t d'ammonitrate.

- 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](#). Production aux Etats-Unis, en 1996 : 2,6 millions de t de produit, à 75 % sous-produit de la fabrication de caprolactame. La consommation mondiale est, en 1994, de 2,4 millions de t, comptées en N, soit 11,2 millions de t de produit. 37 % de la production mondiale est exportée.

- 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. La consommation mondiale est, en 1994, de 3,8 millions de t de N/an.

PRODUCTIONS : en 1995/96 et () exportations, en milliers de t de N. Monde : 80 759, Union Européenne : 8 205.

Chine	: 17 099 (91)	Indonésie	: 2 822 (908)
États-Unis	: 10 600 (2 997)	Pakistan	: 1 689 (0)
Inde	: 8 769 (0)	Pologne	: 1 558 (638)
ex-URSS	: 8 401 (5 567)	Pays-Bas	: 1 512 (1 335)
Canada	: 3 500 (2 179)	France	: 1 340 (251)

Les pays en voie de développement assurent, en 1995, 46 % de la production mondiale d'engrais azotés.

PRODUCTEURS : en Europe, en 1995, capacités en millions de t de N/an.

<u>Norsk Hydro</u> (Norvège) : 2,8	ICI (Royaume Uni) : 0,8
BASF (Allemagne) : 1,4	Enichem (Italie) : 0,8
Kemira (Finlande) : 1,3	Fesa (Espagne) : 0,7
Grande Paroisse (France) : 1,1	DSM (Pays-Bas) : 0,6

SITUATION FRANÇAISE : en 1995/96, en milliers de t de N.

- Production : 1 340
- Importations : 1 305, 3 milliards de F, en 1996.
- Exportations : 251, 0,7 milliard de F, en 1996.
- Consommation sous forme d'engrais, en 1996/97 : 2 460 soit 94 kg de N/hectare.

CONSOMMATIONS

Par produits : en milliers de t de N.

Engrais	Monde		Union Européenne 1994/95	France 1995/96
	1973/74	1994/95		
Urée	8 330	31 569	1 104	185
Ammonitrate	7 300	6 577	1 782	1 024
Ammoniac	3 580	4 197	36	43
Solutions	2 120	3 794	938	577
Sulfate d'ammonium	2 760	2 374	274	37
Binaires NP, NK	1 760	5 503	597	116
Ternaires NPK	6 100	6 174	2 066	382
Divers	7 270	12 743	2 756	23

Total	39 220	72 932	9 551	2 392
-------	--------	--------	-------	-------

Par pays : en 1996/97, en milliers de t de N. Monde : 80 387, Union Européenne : 9 783.

Chine : 22 750 France : 2 460 Allemagne : 1 720

États-Unis : 11 200 Pakistan : 2 075 Canada : 1 594

Inde : 10 100 Indonésie : 1 926 Royaume-Uni : 1 367

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 (surtout les Pays du Golfe) développent une industrie de l'ammoniac extrêmement concurrentielle. En 1989, ils assuraient 72 % de la production mondiale d'urée, 47 % de celle de l'ammoniac. Les importations des pays de l'Est sont en progression constante, leur part dans la consommation française est de 22 %, en 1996.

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