

## ENGRAIS AZOTES 1993

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. L'azote sous forme d'ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) qui se lie électrostatiquement aux argiles du sol, chargées négativement. 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, pour être assimilable (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 minéral, 30 kg d'apports naturels (pluies...).

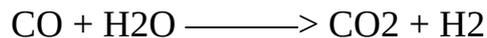
**Fixation de l'azote de l'air par les plantes** : d'après La Recherche, n°199, mai 1988. Quelques plantes (fougère Azolla en Asie, légumineuse Sesbania Rostrata en Afrique) en association avec des micro-organismes (bactéries du genre Rhizobium) pour S. Rostrata peuvent fixer l'azote de l'air et être utilisées comme "engrais vert" pour la culture du riz. A l'échelle mondiale on estime que 75 millions de t de  $\text{N}_2$  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 (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).

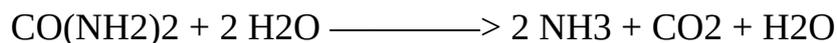
- Production de  $\text{H}_2$  : par réformage à la vapeur deau du méthane du gaz naturel puis conversion de CO (62 % du  $\text{H}_2$  utilisé, en 1991, en France sert à la fabrication de  $\text{NH}_3$ ).



- Décarbonatation : CO<sub>2</sub> est récupéré si de l'urée est fabriquée.
- Production de NH<sub>3</sub> : par synthèse catalytique (Fe), le diazote (de l'air) est introduit lors de la fabrication de H<sub>2</sub> (environ 85 % du NH<sub>3</sub> produit en France est utilisé dans les engrais).

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

- **Ammoniac : NH<sub>3</sub>** : gaz liquéfié sous pression injecté directement dans le sol.
- **Urée : CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>** : obtenue par action de CO<sub>2</sub> issu du réformage, sur NH<sub>3</sub>, sous pression (140 à 250 bar), à 190°C (environ 35 % du NH<sub>3</sub> produit dans le monde est utilisé pour fabriquer de l'urée). Il se forme du carbamate d'ammonium, NH<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>-NH<sub>4</sub>, 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<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. C'est le principal engrais azoté utilisé dans le monde. Convient aux pays tropicaux 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 1992 en millions de t d'urée. Monde : 88,5, Union Européenne : 5,02.

Inde	14,8	Indonésie	4,9
ex URSS	13,2	Roumanie	3,0
Chine	10,5	Canada	2,6
États-Unis	6,0	Pakistan	2,1

L'urée fait l'objet d'un important commerce international : transportée en vrac (25 000 t) dans des navires. En 1992, la Chine représente 35% des importations mondiales, l'Inde 8%.

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

- Hydro Agri France et Grande Paroisse, à Gonfreville (150) et Oissel (110).
- Grande Paroisse, à Toulouse (270).

- **Nitrate dammonium :  $\text{NH}_4\text{NO}_3$**  : Il est préparé, à 160°C, sous 3 bar, par neutralisation de  $\text{HNO}_3$  par  $\text{NH}_3$  ( $\Delta H^\circ = -106 \text{ kJ/mol}$ ).  $\text{HNO}_3$  est lui-même préparé par oxydation catalytique de  $\text{NH}_3$  sur grilles de platine (voir le chapitre consacré à  $\text{HNO}_3$ ). 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  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  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  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (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  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  étaient enrobés de 1 % de cire combustible. 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 (10 % de la production de nitrate d'ammonium en France). Au dessus de 195°C,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  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).

- **Autres composés :**

- Sulfate dammonium :  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  : sous-produit des fabrications de caprolactame, d'acrylonitrile et de coke sidérurgique.
- Phosphates dammonium (engrais binaire NP) : obtenus par neutralisation de  $\text{NH}_3$  par  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Diammonique (DAP) :  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  et monoammonique (MAP) :  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ .
- Divers : nitrate de sodium naturel du Chili, cyanamide calcique ( $\text{CaCN}_2$ ), nitrate de potassium (engrais binaire NK, par attaque à l'acide nitrique de  $\text{KCl}$ ), chlorure d'ammonium (utilisé surtout en riziculture au Japon et en Inde), hydrogénocarbonate d'ammonium (utilisé en Chine).

**PRODUCTIONS** : en 1991 et ( ) exportations, en milliers de t de N. Monde : 80 522, Union Européenne : 8 907.

Chine	15 309 ( 16)	Ukraine	2 491 ( 850)
États-Unis	13 610 (3 107)	Indonésie	2 255 ( 696)
Inde	7 301 ( 12)	Pays-Bas	1 840 (1 620)
Russie	6 620 (1 850)	France	1 630 ( 292)

Canada	2 911 (1 769)	Mexique	1 465 ( 302)
--------	---------------	---------	--------------

**SITUATION FRANÇAISE** : en 1991, en milliers de t de N.

- Production : 1 630
- Importations (1989) : 1 293. En 1993, 1,8 milliards de F.
- Exportations (1992) : 341. En 1993, 699 millions de F.
- Consommation sous forme d'engrais, en 1992/93 : 2 154 soit 83 kg de N/hectare.
- Évolution de la consommation : - 9,9 % en 1991, - 3,8 % en 1992.

## CONSOMMATIONS

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

Engrais	Monde		Union Européenne 1989/90	France 1992/93
	1973/74	1989/90		
Urée	8 330	29 970	1 200	240
Ammonitrate	7 300	9 060	1 900	808
Ammoniac	3 580	5 200	800	32
Solutions	2 120	4 350		562
Sulfate d'ammonium	2 760	2 690	300	28
Binaires NP, NK	1 760	6 340	2 500	114
Ternaires NPK	6 100	7 630		355
Divers	7 270	13 540	2 400	16
Total	39 220	78 780	9 600	2 154

**Par pays** : en 1991/92, en milliers de t de N. Monde : 75 057, Union Européenne : 9 346.

Chine	19 958	Allemagne	1 720
États-Unis	10 342	Indonésie	1 570
Inde	8 046	Pakistan	1 463
Russie	4 018	Ukraine	1 378
France	2 569	Royaume-Uni	1 348

## 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.

**Écologiques** : pollution des eaux par les ions nitrates voir le chapitre consacré à l'eau.

