

Jean-François Baschet¹

Gestion de l'azote

Définition de la variable

Les plantes ont besoin d'au moins 16 éléments nutritifs essentiels pour accomplir leur cycle de croissance et parmi ceux-ci trois en quantités importantes : l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). L'azote est l'élément le plus important. Les besoins, c'est-à-dire les quantités d'azote prélevées dans le sol par les plantes, dépendent essentiellement du rendement et de l'espèce (par exemple, par quintal de grain produit, 2 kg pour le maïs grain, 3 kg pour le blé tendre, 4,5 kg pour le tournesol, 6,5 kg pour le colza).

Les plantes s'alimentent essentiellement à partir de l'azote minéral du sol, à l'exception des légumineuses (fourrages comme la luzerne ou le trèfle, ou plantes à graines comme le soja, le pois ou la féverole) qui ont la spécificité de fixer l'azote de l'air grâce à des bactéries présentes au sein d'organes racinaires (les nodosités). Les fournitures d'azote ont pour origine le sol (azote minéral, ammoniacal et surtout nitrique, présent dans le sol au départ de la végétation ou provenant de la minéralisation d'une partie de la matière organique au cours de la période de végétation) et les apports de fertilisants, organiques et/ou minéraux.

Les apports organiques sont constitués pour la plus grande part par les effluents animaux (fumier, lisier, fientes) et pour une part beaucoup plus faible de déchets comme les boues de stations d'épuration ou les vinasses. Les apports minéraux (ou de synthèse) sont apportés essentiellement sous forme d'urée et, surtout en France, sous forme de nitrate d'ammoniacal (ammonitrate). Ils sont fabriqués à partir de l'ammoniac, elle-même issue de la synthèse de l'air et d'une forme d'hydrogène dont la source provient du gaz naturel (70%), et du charbon (25%, essentiellement en Chine). **La matière première constituée par ces énergies fossiles constitue une part très importante du coût de fabrication de ces engrais azotés minéraux.**

La gestion de l'azote consiste à équilibrer au mieux les besoins de la plante cultivée et les différentes fournitures d'azote dont elle peut bénéficier à chaque phase de la période végétative. Cet équi-

libre se calcule notamment sous forme de bilan azoté annuel en unité fertilisante N avec comme « entrée » les apports minéraux et organiques, la fixation par les légumineuses et comme « sortie » les exportations par les produits récoltés. Il est à noter que la teneur en N est très variable selon les fertilisants, en particulier pour les fertilisants organiques.

Un déficit en azote peut amoindrir la fertilité du sol et les rendements, voire la qualité du produit (par exemple, la teneur en protéine, pour le blé). À l'opposé, un excédent d'azote au-delà des besoins immédiats des cultures est source d'inefficacité économique mais surtout d'une atteinte potentielle à l'environnement (dégradation de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines résultant de teneur trop élevée en nitrate et phénomène des algues vertes). D'autre part, un élément nouveau est intervenu avec l'enjeu du changement climatique : au moment de l'épandage de l'azote minéral, il y a émission de protoxyde d'azote dont le « pouvoir réchauffant » est environ 300 fois celui du CO₂. Cette émission, avec les modalités de calcul qui, au stade actuel, sont assez frustes, représenterait environ la moitié des émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'agriculture (environ 8% à 9% de l'ensemble des émissions de la France). Par ailleurs, la fabrication de l'engrais azoté minéral est, elle-même, fortement émettrice de GES.

Indicateurs pertinents de la variable

Évolution de l'utilisation d'azote minéral (en tonnes d'unités fertilisantes)

Contrairement aux produits phytosanitaires pour lesquels il est possible de dire que le premier kg utilisé est susceptible d'avoir un impact négatif sur l'environnement, pour l'engrais azoté, c'est l'excédent des apports par rapport aux besoins des plantes qui est susceptible d'affecter potentiellement la qualité des eaux. Par contre, sur l'enjeu plus nouveau du changement climatique, cet indicateur prend une certaine pertinence.

Part des différentes formes d'azote dans l'ensemble de la fertilisation azotée (niveau infra-national)

Part en azote minéral, en azote organique et en azote correspondant à la fixation par les légumineuses.

1. Chargé de mission évaluation agro-environnement, forêts,

développement durable, Centre d'études et de prospective, MAAP.

Solde du bilan azoté² - bilan CORPEN (niveau infra-national)

Solde entre les « entrées » d'azote « au champ » et les « sorties » d'azote à travers les exportations par les plantes (bilan CORPEN³ ou « à la parcelle », le plus couramment utilisé et quantifié⁴). Il existe par ailleurs le bilan dit « à l'exploitation » : les entrées correspondent à l'ensemble de l'azote entrant sur l'exploitation (engrais minéral, aliments pour animaux et éventuellement d'engrais organique provenant d'autres exploitations) ; les sorties correspondent à l'ensemble de l'azote sortant de l'exploitation (produits végétaux et animaux), éventuellement d'engrais organique.

Rapport entre évolutions « en volume » des produits de « grandes cultures » et évolution de l'utilisation d'azote minéral (en unités fertilisantes)

Les « grandes cultures représentent la plus grande part » de l'utilisation de l'azote minéral. L'évolution de ce rapport est un bon *proxy* pour apprécier comment évolue l'efficacité quant à la fertilisation minérale.

Évolution du rapport de prix entre ceux des « grandes cultures » et celui de l'engrais azoté minéral

L'application de doses croissantes entraîne des rendements croissants jusqu'à une production maximale. La dose optimale « technico-économique » pour l'agriculteur dépend du rapport de prix entre celui des produits agricoles, en particulier ceux des « grandes cultures » et le prix de l'unité d'azote minéral. Des prix de produits agricoles plus élevés (comme ceux de la campagne 2007-2008) sont un facteur puissant d'intensification. À l'inverse, des prix de produits plus faibles (comme par exemple, ceux induits par la réforme de la PAC de 1992) ou un renchérissement du prix de l'azote minéral du fait de la hausse notamment de la matière première utilisée pour la fabrication (gaz naturel) ou d'une taxation, est un facteur d'une certaine « désintensification ».

Part des légumineuses dans les terres arables hors jachères et prairies temporaires

Les légumineuses ont la faculté de fixer l'azote de l'air : c'est un moyen économique de gérer l'azote, en particulier dans un contexte de renchérissement important du prix de l'azote minéral et de limitation des émissions de GES.

2. Cet indicateur, relativement facile à calculer, est largement utilisé pour estimer les risques potentiels quant à une dégradation de la qualité des eaux ; c'est notamment la raison pour laquelle c'est l'indicateur d'impact proposé par la Commission européenne

sur l'enjeu eau, dans le cadre de l'évaluation des nouveaux programmes de développement rural 2007-2013.

3. Comité d'Orientation pour la Réduction de la Pollution des Eaux par les nitrates.

Évolution des cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN) dans les terres arables hors jachères et prairies temporaires

Pour diminuer les risques de lessivage de l'azote en période hivernale, facteur essentiel de dégradation de la qualité des eaux, il est nécessaire que le sol soit couvert soit par des cultures d'hiver ou des prairies soit, pour les parcelles qui seront ensemencées en cultures de printemps, par des cultures implantées en fin d'été qui piègent l'azote. Ceci est particulièrement important les années où il y a un reliquat important d'azote à la récolte du fait notamment de rendements plus faibles que prévus en raison de mauvaises conditions climatiques en fin de végétation (échaudage du blé, etc.).

Part des superficies en blé bénéficiant d'un ajustement des doses d'azote⁵ en cours de végétation

Selon le rendement espéré, l'ajustement de l'azote minéral aux besoins de la plante en cours de culture permet de limiter les fuites d'azote. Il est d'autant plus nécessaire que la hausse des rendements accroît les besoins en azote et augmente les risques de pollution.

Part des superficies en blé faisant l'objet d'un fractionnement de l'apport d'azote minéral en au moins trois apports

Pour être totalement efficace, l'ajustement de la fumure azotée doit s'accompagner d'un fractionnement des doses d'azote tout au long de la croissance du blé. Permettant d'adapter les apports aux besoins de la plante à un moment donné, le fractionnement limite les risques de lessivage de l'azote non consommé dans le sol.

Acteurs concernés par la variable

Il y a d'abord les acteurs de la production agricole :

- les agriculteurs qui assurent au quotidien, par leurs décisions en matière d'assolement, d'itinéraire technique, la gestion de l'azote ;
- les fabricants d'engrais et distributeurs (les grandes coopératives d'approvisionnement). Les deux grands fabricants d'azote minéral commercialisé en France sont des acteurs importants du secteur du gaz naturel (groupe norvégien Yara et groupe Total) ;
- les fabricants de matériel d'épandage (mise au point de matériel adaptant la dose épandue au potentiel de

4. GraphAgri 2009, page 16.

5. Les deux indicateurs (ajustement et fractionnement des doses d'azote minéral), qui peuvent être quantifiés grâce aux enquêtes pratiques culturales « grandes cultures » du SSP (1994, 2001, 2006 et prévue

en 2011) sont un bon proxy pour apprécier l'évolution des pratiques de fertilisation azotée au niveau des agriculteurs, sachant que ces indicateurs peuvent être fournis par région ou par taille des exploitations.

rendement au niveau infra-parcelle - « agriculture de précision ») ou limitant les émissions de protoxyde d'azote lors de l'apport d'azote minéral;

- les clients des agriculteurs, c'est-à-dire les acheteurs de produits agricoles qui peuvent notamment imposer des normes qui ont des impacts sur la gestion de l'azote (par exemple, un taux minimum de teneur en protéine pour le blé);

- **l'ensemble du système de recherche fondamentale et appliquée et de développement**; les instituts techniques par la mise au point « d'outils de pilotage » (Jubil, Ramsés, Hydro N) permettant d'ajuster les apports en fonction de l'azote minéral contenu dans le sol en sortie d'hiver, de l'azote contenu dans la plante et des besoins de la culture. Les distributeurs peuvent être également prescripteurs de conseils en matière de fertilisation.

Acteurs publics de différents niveaux, en lien avec les risques pour l'environnement :

- **le niveau européen** : la Commission européenne (directive Nitrates et, à court et moyen termes, la définition de la politique de lutte contre le changement climatique);

- **le niveau national** : les ministères chargés de l'environnement et de l'agriculture (législations et réglementations - déjà anciennes - relatives aux installations classées impactant la gestion de l'azote organique; mise en œuvre de la directive Nitrates; mise en œuvre de la politique de lutte contre le changement climatique);

- **le niveau départemental** : application de la réglementation relative aux installations classées; mise en œuvre de la directive Nitrates à travers les programmes d'actions départementaux (1997-2000, 2001-2004, 2004-2008, 2009-2012);

- **le niveau local** : les communes, EPCI responsables de la distribution de l'eau potable; les prestataires privés (Véolia, Suez-Lyonnaise, SAUR).

Les associations de protection de l'environnement, en particulier dans les régions où la pollution des eaux par les nitrates est particulièrement importante.

Les agences de l'eau.

Le CORPEN : lieu important de concertation, instance d'expertise et force de proposition (travaux sur l'intérêt des bandes enherbées pour limiter le lessivage de l'azote; sur les coefficients pour le calcul des émissions d'azote organique par catégorie d'animaux).

6. Afin d'apprécier les tendances de fond que ce soit au niveau de la production, de l'utilisation d'azote ou de prix, tous les graphiques sont en moyenne triennale glissante.

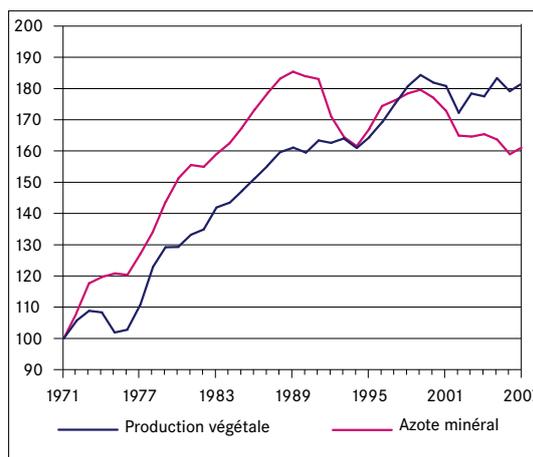
Rétrospective de la variable

Tendances lourdes et tendances émergentes

Augmentation très importante de l'utilisation de l'azote minéral jusqu'à la fin des années 1990, puis stabilité

Jusqu'à la fin des années 1990, il y a eu une forte augmentation de la production végétale, notamment celle des « grandes cultures », qui est due pour l'essentiel à un accroissement du rendement permis par le progrès génétique. Comme les besoins en azote sont directement fonction du rendement, ceci s'est traduit par un recours très important à l'azote minéral dont l'utilisation a presque doublé entre 1970 et 1990 (cf. graphique 1). Ce recours à l'azote minéral qui, sur le plan technique, est plus facile à piloter que l'azote organique, a été d'autant plus nécessaire que durant cette période, il y a eu un fort recul du système polyculture-élevage où les légumineuses fourragères tenaient une place importante.

Graphique 1 - Évolution de l'utilisation d'azote minéral (en unités fertilisantes) et du « volume » de la production végétale entre 1970 et 2008 (moyenne triennale glissante⁶: base 100 en moyenne 1970-71-72)



Sources : Agreste (GraphAgri 2009) et Insee (compte national de l'agriculture)

La réforme de la PAC de 1992, caractérisée par un découplage du soutien public (il n'était plus fonction du rendement de l'année de la culture), s'est traduit par un changement du rapport de prix entre produits agricoles et intrants (notamment l'azote minéral) et par un recul important de la surface à fertiliser du fait de l'obligation de jachères. Depuis lors, l'utilisation de l'azote minéral stagne autour de 2,3 millions de tonnes d'unités fertilisantes pour un maximum de 2,7 millions à la fin des années 1990.

Les « grandes cultures » représentent la plus grande part de l'utilisation de l'azote minéral, le blé tendre 35 % à lui tout seul (cf. tableau 1).

Tableau 1

Culture	Superficie		Utilisation d'azote minéral	
	Millier ha	En % de l'ensemble	Millier de tonnes d'unités fertilisantes	En % de l'ensemble
Blé tendre	4 897	19,4	835	35,2
Maïs grain	1 754	7,0	276	11,7
Colza	1 176	4,7	203	8,6
Orge et escourgeon	1 522	6,0	195	8,2
Blé dur	339	1,3	57	2,4
Betteraves industrielles	409	1,6	51	2,2
Total « grandes cultures »	10 097	40,0	1 617	68,3
Prairies permanentes	6 912	27,4	267	11,3
Prairies temporaires	2 873	11,4	181	7,6
Maïs fourrage	1 385	5,5	103	4,3
Total surfaces fourragères	11 170	44,3	551	23,3
Autres cultures	3 958	15,7	201	8,5
Ensemble	25 225	100,0	2 369	100,0

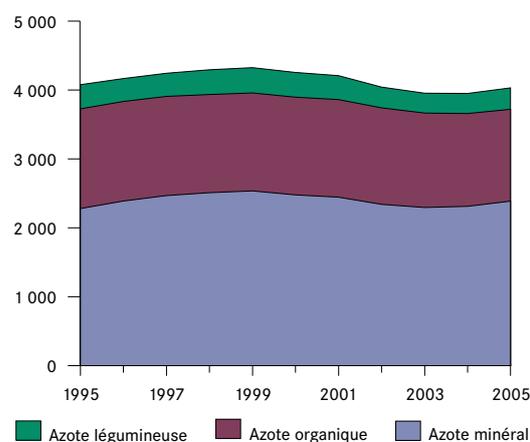
Dans le poste « autres cultures », il y a aussi des « grandes cultures » : tournesol, autres céréales à paille, pommes de terre et autres cultures industrielles
 Source : SSP, Agreste Primeur n° 123, avril 2003

Tableau 2

Culture	Part de la superficie recevant un apport organique (en %)	Part de la superficie recevant un apport minéral (en %)	Dose moyenne d'azote minéral sur les parcelles fertilisées (en kg par ha)
Blé tendre	8	98	165
Blé dur	3	98	176
Maïs grain	31	96	156
Maïs fourrage	82	89	78
Orge	9	98	130
Colza	19	98	165
Tournesol	12	70	56
Pois protéagineux	3	1	
Betteraves sucrières	50	95	108
Pommes de terre	46	99	159
Prairies temporaires	34	76	76
Prairies permanentes « intensives » (2006)	15	64	72
Prairies permanentes « ensemble » (1998)	33	63	64

Sources : Enquête pratiques culturales 2006 (Agreste-Données en ligne) et enquête prairies 1998

Graphique 2 - Évolution des apports d'unités fertilisantes par type d'azote (en millier de tonnes)



Source : Bilans azotés annuels établis par le SSP Toulouse

L'azote organique représente environ 1/3 de l'ensemble des apports d'azote et l'azote fixé par les légumineuses environ 8 %. Sur la période 1994-2006, ces deux types d'apports sont en diminution, du fait notamment, pour l'azote organique, du recul du cheptel, en particulier des vaches laitières. Les bovins représentent environ 76 % de l'azote organique, les porcins 8 %, les ovins et volailles, 6 % chacun⁷.

Le type d'apport azoté et le niveau de fertilisation minérale sont fonction des espèces cultivées et de la disponibilité d'azote organique. L'azote organique est surtout épandu sur les cultures de printemps, le maïs fourrage en particulier, qui un très bon « transformateur de lisier ». Une part importante des prairies ne fait l'objet ni d'apports d'azote organique en dehors de celui apporté naturellement par les herbivores au pâturage, ni de fertilisation azotée minérale.

La gestion de l'azote est très influencée par les politiques environnementales

La directive Nitrates (1991) s'est traduite par la délimitation de « zones vulnérables » (50 % de la SAU en France, dont la totalité de la Bretagne et une bonne part des zones de grandes cultures du bassin parisien) : la teneur en nitrates y étant trop élevée, il était donc nécessaire de prendre des mesures pour que les pratiques agricoles liées à la fertilisation azotée soient moins préjudiciables au milieu naturel (mise en œuvre à travers des programmes d'actions départementaux faisant l'objet d'un encadrement national) Au fur et à mesure des différents programmes (1997-2000, 2001-2004, 2004-2008 et 2009-2012), les contraintes environnementales ont été renforcées : initialement plafonnement de la quantité maximale d'azote organique épandue, dispositions relatives à l'épandage des effluents, etc. pour les élevages, puis obligation d'enregistrement et de couverture hivernale des sols pour les grandes cultures.

Des projets de taxation de l'azote (soit sur l'azote minéral utilisé, soit sur les excédents au niveau des exploitations) ont été envisagés assez régulièrement. Dans l'avenir, la politique environnementale relative à la lutte contre le changement climatique est susceptible d'influencer très sensiblement les pratiques de fertilisation azotée.

Des améliorations au niveau du pilotage de la fertilisation azotée...

La fertilisation est de plus en plus ajustée aux besoins des plantes (efficacité économique et contraintes environnementales).

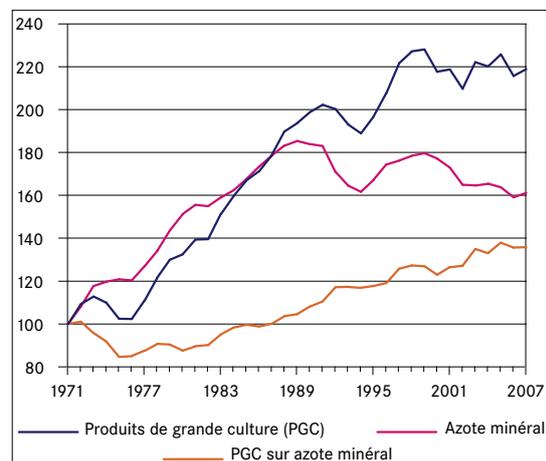
En 2001, 62 % des superficies en blé tendre faisaient l'objet d'un ajustement de la fertilisation azotée

minérale en cours de campagne⁸; cette part était d'autant plus grande que la superficie en céréales de l'exploitation était importante : 50 % pour moins de 20 ha de céréales, 71 % pour plus de 150 ha. Avec l'indicateur « fractionnement des doses apportées », il est possible de comparer les différentes enquêtes pratiques culturales du SSP. En 2006, 71 % des superficies en blé faisaient l'objet de trois apports ou plus alors qu'en 1994, cette part n'était que de 26 %. La pratique des cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN) se répand rapidement, en particulier pour certaines cultures. Entre 2000 et 2007, la superficie France entière est passée de 327 milliers d'ha à 979 milliers d'ha. Alors que seulement 3 % des superficies en tournesol sont implantées après CIPAN, cette part atteint 37 % pour les pommes de terre et 50 % pour la betterave à sucre.

... se traduisent par une efficacité accrue au niveau de l'utilisation de l'azote minéral

Pendant la période 1970-1990, le « volume » de produits de grandes cultures augmentait un peu moins vite que celui de l'azote minéral; par contre depuis la fin de cette période, c'est nettement l'inverse, ce qui traduit une sensible amélioration au niveau de l'efficacité dans l'utilisation de l'azote minéral.

Graphique 3 - Évolution du « volume » des produits de grandes cultures, de l'utilisation d'azote minéral et du rapport entre ces deux grandeurs entre 1970 et 2008 (moyenne triennale glissante : base 100 en moyenne 1970-71-72)



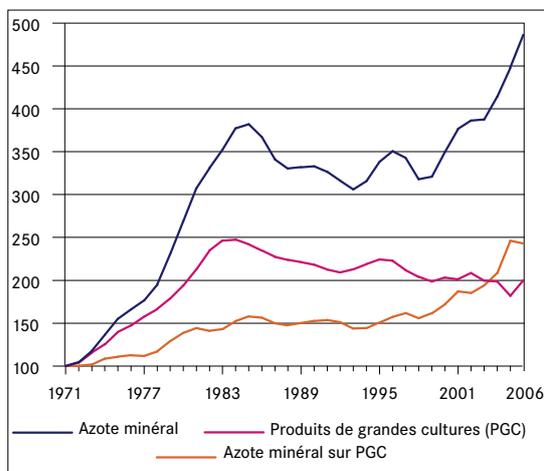
Sources : Agreste (Graphagri 2009) et INSEE (compte national de l'agriculture)

7. SSP, Agreste Primeur n° 123, avril 2003.

8. Des modifications au niveau des questionnaires entre les trois

enquêtes, 1994, 2001 et 2006, ne permettent pas de quantifier de manière rigoureuse les évolutions. Enquête pratiques culturales 2001 SSP.

Graphique 4 - Évolution du prix de l'azote minéral et des produits de « grandes cultures » entre 1970 et 2008 (moyenne triennale et 2008 (moyenne triennale glissante : base 100 en moyenne 1970-71-72)



Source : INSEE (compte national de l'agriculture et IPAMPA)

Sur longue période (1970 à 2007), le prix de l'azote minéral s'est accru sensiblement plus vite que celui des produits de grandes cultures mais avec des rythmes différents selon les périodes : rapport de prix défavorable aux produits par rapport à l'azote en début de période (1970-1985), stabilité du rapport de prix en milieu de période (1985-1995) puis de nouveau rapport de prix défavorable aux produits par rapport à l'azote en fin de période (1995-2007).

Prospective de la variable Incertitudes majeures

L'évolution du rapport de prix entre ceux des produits agricoles, des grandes cultures en priorité, et celui de l'azote minéral

L'évolution du prix des produits est liée à celle de la demande nationale, européenne, mondiale, que ce soit pour l'alimentation humaine (directe en produits végétaux comme le blé ou les huiles ou indirecte à travers l'alimentation des animaux) ou pour les biocarburants.

L'évolution du prix de l'azote minéral est corrélée à celle du gaz naturel et à des facteurs de politique environnementale susceptible d'influencer le coût de fabrication (quotas d'émission de GES au niveau usines) ou le prix au niveau exploitation agricole (taxes). Jusqu'à une période récente, le prix du gaz naturel suivait *grosso modo* celui du pétrole. Mais cela ne semble plus être le cas en raison d'innovations technologiques majeures susceptibles de bou-

lever les équilibres géopolitiques mondiaux en matière de gaz (le gaz de schistes, c'est-à-dire le gaz captif à l'intérieur de roches schisteuses)⁹.

La mise au point de nouvelles technologies ou itinéraires techniques et leur diffusion au niveau du terrain, domaine où l'acceptabilité sociale joue souvent un rôle important :

- matériel d'épandage permettant un dosage très fin des apports en fonction du potentiel agronomique des parcelles et limitant les émissions de protoxyde d'azote lors de l'épandage, à des coûts acceptables pour une diffusion à grande échelle ;
- espèces et itinéraires techniques permettant d'accroître la rentabilité économique des protéagineux ;
- variétés de cultures moins gourmandes en engrais, par sélection variétale ou grâce aux biotechnologies (Vilmorin, quatrième semencier mondial, vient de s'allier avec la société californienne Arcadia pour la mise au point d'un blé optimisant l'utilisation de l'azote) ;
- unités à grande échelle permettant de transformer les effluents organiques, en particulier ceux en excès par rapport aux capacités locales d'épandage, en fertilisants faciles à transporter et à utiliser.

L'évolution des rendements pour les grandes cultures. Nous avons signalé que les apports de fertilisants azotés sont fonction des rendements escomptés ; or, sur la dernière période, une stagnation des rendements est observée pour certaines cultures (blé tendre et pois protéagineux). Il semble que des conditions climatiques défavorables, notamment des températures trop élevées en fin de végétation (au moment où le grain de blé se remplit) en soient la cause première. La stagnation des rendements n'est pas constatée pour d'autres plantes comme la betterave sucrière, le maïs grain ou le colza. La mise au point de nouvelles variétés mieux adaptées à ces conditions climatiques défavorables qui sont susceptibles de survenir plus fréquemment du fait du changement climatique, devient un enjeu majeur pour ces cultures.

L'évolution de l'ensemble de la politique environnementale au sens large (qualité de l'eau et changement climatique) qui dépendra en grande partie de la pression sociale en matière d'environnement. Il est fortement probable qu'il n'y aura pas de relâchement des contraintes actuelles ; par contre, des incertitudes persistent quant au degré de leur renforcement.

9. Cf., l'article de Ph. Chalmin dans le Monde Economie du 30 novembre 2009.

Il existe un lien fort entre fertilisation azotée et utilisation de produits phytosanitaires, pour les grandes cultures. Des contraintes très fortes au niveau de l'utilisation des produits phytosanitaires pouvant aller jusqu'à l'interdiction d'utilisation dans des zones comme les périmètres de captage (obligation d'agriculture biologique), auraient un impact très important sur la gestion de l'azote.

Une utilisation plus faible de produits phytosanitaires, largement encouragée par le plan Ecophyto 2018, qui se traduit par des rendements moins élevés qu'en itinéraire dit intensif mais par un maintien de la marge au niveau de l'agriculteur (le niveau moins élevé de production étant compensé par de moindres achats d'intrants), s'accompagnerait également d'une réduction des apports d'azote minéral, ceux-ci étant fonction du rendement espéré.

Hypothèse 1

Apports intensifs en azote minéral

Avec une évolution de prix très favorable aux produits agricoles, en particulier aux céréales et oléagineux (forte croissance de la demande mondiale, biocarburants), par rapport à celui de l'azote minéral, les agriculteurs ne sont pas incités, sur le plan économique, à pratiquer une gestion « moins intensive » de l'azote minéral. Le respect des contraintes environnementales, qui ne sont pas renforcées, en particulier en lien avec la politique de lutte contre le changement climatique ou celle relative à l'utilisation des produits phytosanitaires, se fait surtout par la généralisation des pratiques de « fertilisation raisonnée » (ajustement des doses au rendement escompté, fractionnement des apports, piégeage des reliquats d'azote, etc.) combinées à la généralisation des bandes enherbées le long des cours d'eau ainsi que de « protection phytosanitaire raisonnée ». Dans les périmètres de captage d'eau potable, en cas d'éventuelle teneur en nitrates trop élevée dans les eaux brutes, il y a utilisation de la technologie de la dénitrification. Dans cette hypothèse il y aurait une certaine augmentation de l'utilisation d'azote minéral, du fait d'une forte réduction des jachères et de la recherche du rendement optimum sur le plan économique ; le rythme de la progression serait en grande partie fonction de l'évolution des rendements.

Hypothèse 2

Conduite intégrée (technologies et légumineuses)

Des contraintes environnementales très largement renforcées combinées à une forte dégradation des termes de l'échange entre prix des produits de grandes cultures et celui de l'azote minéral, ont conduit à des innovations technologiques majeures que ce soit au niveau de la mise au point de variétés

moins gourmandes en azote, de matériel d'épandage beaucoup plus performant et à des coûts acceptables. Dans une moindre mesure, l'utilisation de l'azote organique contenu dans les effluents d'élevage en excès ou dans les boues de stations d'épuration s'est développée. Toutes ces innovations technologiques majeures permettent un niveau de production important. Par ailleurs, une place importante est apportée aux légumineuses avec une politique très active de soutien de ces productions au niveau européen. Il y a, à ce niveau, un véritable objectif d'auto-suffisance alimentaire qui se traduit en particulier par la volonté de substituer le plus possible les protéines importées (soja essentiellement) par des protéines produites en Europe, que ce soit le pois protéagineux ou la féverole mais aussi le soja notamment dans les zones où le maïs est cultivé en quasi-monoculture. La combinaison de ces deux facteurs contribue à diminuer l'utilisation de l'azote minéral.

Hypothèse 3

Réduction des apports et azote organique

Les contraintes environnementales ont été très largement renforcées, en particulier sur le plan de l'utilisation des produits phytosanitaires et de la lutte contre le changement climatique. Sur de vastes portions du territoire agricole, on impose de fait un modèle d'agriculture qui s'oriente vers le modèle « bio » ou s'en approche sensiblement. En conséquence, les agriculteurs visent des rendements nettement moins importants, d'où des besoins d'azote largement diminués. Ces besoins sont assurés avant tout par l'azote produit sur l'exploitation (légumineuses, effluents d'élevage) ou dans une zone proche (effluents d'élevage). Le recours à l'azote minéral est d'autant plus limité que le prix de celui-ci est très élevé. Ceci est permis par un fort recul de la spécialisation des territoires agricoles avec un retour important vers des systèmes de polyculture élevage, soit au niveau des exploitations, soit, plus fréquemment au niveau de petits territoires.