

REALISATION D'UNE ACV SUR LES 3 PRINCIPALES FORMES D'AZOTE : MISE EN EVIDENCE D'UN EFFET FORME AU NIVEAU TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

Amandine Berthoud, Carole Rocca, Thierry Genter

Un des engagements phares issus du Grenelle de l'Environnement était de mettre à disposition du consommateur un affichage environnemental sur les produits de grande consommation, afin de guider celui-ci vers des achats plus respectueux de l'environnement. Cet affichage est testé en grandeur nature depuis le 1er Juillet 2011, par 168 entreprises volontaires, pour une durée d'un an. Il est à noter que les entreprises du domaine agroalimentaire ont répondu massivement à l'opération, avec 70 dossiers de produits alimentaires.

Pour atteindre cet objectif d'affichage environnemental, le ministère du développement durable et l'Ademe mettent en place les actions et les méthodes qui permettront demain de communiquer sur les impacts environnementaux de ces produits. Pour ce faire il est donc naturellement indispensable d'accéder à l'information concernant les productions agricoles sur la base d'une méthode reconnue comme fiable et dont les conclusions, démontrables, peuvent être comprises par tous types d'interlocuteurs (clients, consommateurs, organismes de certification, pouvoirs publics...).

La méthodologie à appliquer dans le cadre de l'affichage environnemental est l'Analyse de Cycle de Vie (ACV), qui est une méthode permettant de calculer l'impact environnemental d'un produit, tout au long de son cycle de vie. Dans le cadre de cette étude, cette méthodologie est appliquée aux 3 principales formes d'engrais azotés minéraux, afin d'évaluer entre celles-ci d'éventuelles différences d'efficacité sur les plans environnemental et agronomique. Les trois formes comparées sont de l'ammonitrate produit par un industriel français (GPN), de l'urée et de la solution, toutes deux produites en Egypte

I- L'Analyse de Cycle de Vie : une méthode globale, multicritère et normalisée pour évaluer l'impact environnemental d'un produit

L'Analyse de Cycle de Vie est une méthode normalisée (ISO 14040 qui définit les principes et le cadre et ISO 14044 qui définit les exigences et les lignes directrices) permettant de quantifier les impacts potentiels sur l'environnement, causés par un produit tout au long de son cycle de vie. La méthode consiste à réaliser un inventaire des flux physiques de matières (consommations de matières premières, émissions de matières polluantes) ainsi que des flux d'énergie issus des différents processus composant le cycle de vie d'un produit. Lors de la réalisation d'une ACV, la première étape consiste donc à réaliser un inventaire des flux d'énergie et de matières entrant et sortant du système tout au long des différentes étapes. Ces flux de matières et d'énergie sont ensuite agrégés sur l'ensemble du cycle et traduits en indicateurs d'impacts potentiels sur l'environnement.

L'ACV est une méthodologie multicritère, ce qui signifie qu'elle permet de calculer une grande diversité d'indicateurs. Ces derniers permettent d'avoir une vision globale de l'impact environnemental d'un produit, et d'éviter ainsi les « transferts de pollution » que pourraient entraîner des préconisations construites autour d'un seul enjeu environnemental.

Une ACV peut ainsi aboutir à des préconisations permettant d'améliorer l'impact global de ce produit sur l'environnement, c'est ce qui est appelé une démarche d'éco-conception.

Les indicateurs calculés dans le cadre de cette étude sont nombreux et assurent cette vision globale des enjeux : le potentiel de réchauffement climatique, la consommation d'énergie primaire non-renouvelable, le potentiel d'eutrophisation en eau douce, le potentiel d'eutrophisation marine, le potentiel d'acidification, le potentiel d'impact sur la toxicité humaine, et le potentiel d'impact sur l'écotoxicité dans les milieux air, sol et eau. Cependant, pour plus de lisibilité, seuls trois indicateurs ont été retenus pour une communication auprès du grand public, les autres indicateurs permettant de se prémunir contre d'éventuels transferts de pollution. Ces trois indicateurs sont les suivants :

- Le potentiel de réchauffement climatique, exprimé en kilogrammes équivalent CO₂ (kg eq. CO₂). Cet indicateur d'impact potentiel, également appelé bilan des émissions de gaz à effet de serre, intègre les principaux gaz contributeurs à l'effet de serre. Il reflète l'augmentation de la concentration atmosphérique en substances d'origine anthropique participant au réchauffement climatique. Les principales substances concernées en agriculture sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O). Les facteurs de caractérisation¹ de ces différents gaz sont calculés à partir de chacun de leur l'impact en termes de potentiel de réchauffement climatique à 100 ans. Le modèle retenu est celui proposé par l'IPCC (2006).
- La consommation d'énergie primaire non renouvelable, exprimée en méga joules (MJ). Cet indicateur est la somme des quantités d'énergie qu'il a fallu mobiliser tout au long du cycle de vie, de l'extraction des matières premières à la fin de vie du produit. Cela comprend également l'énergie totale mobilisée pour produire les intrants énergétiques entrant dans la composition du produit. Par exemple, le facteur de caractérisation d'un litre de gazole utilisé dans le processus prend en compte l'énergie contenue dans un litre de gazole, mais aussi l'énergie nécessaire à son extraction, son raffinage et son transport.
- Le potentiel d'acidification est exprimé en kg eq. SO₂. Cet indicateur rend compte de l'augmentation de la teneur en substances acidifiantes dans la basse atmosphère, à l'origine des « pluies acides » qui seraient l'une des causes possibles du dépérissement de certaines forêts. Les substances participant à ce phénomène sont, entre autres : SO₂, NO_x, NH₃, HCl, HF. Les retombées acides sous forme de pluie peuvent avoir des effets sur les matériaux, les écosystèmes forestiers et les écosystèmes d'eau douce.

II- Vers une démarche d'éco-conception de la filière blé

a. Pourquoi une démarche d'éco-conception des blés ?

Une étude pilote réalisée pour le compte de la plateforme AFNOR/ADEME, en charge de la normalisation de l'affichage environnemental en France, a montré que, sur 150 produits alimentaires analysés, l'amont agricole est responsable de 40 à 90% de l'impact environnemental de ces derniers, selon le degré de transformation du produit fini. Ainsi toute amélioration apportée à l'impact environnemental de la matière première agricole générera une amélioration significative à l'échelle de l'ensemble du cycle de vie.

C'est pour cette raison que des coopératives du réseau InVivo se sont engagées dans une démarche d'éco-conception de leurs filières blé, en réalisant des ACV de différentes catégories de blés meuniers, à partir de pratiques agricoles enregistrées sur le terrain à l'aide d'outils d'aide à la décision ou d'outils de traçabilité. Par exemple, l'outil de plan fumure prévisionnel développé par InVivo (Epiclès) permet de remonter tout le descriptif parcellaire (y compris pédoclimatique) et les pratiques agricoles, permettant ainsi le calcul de l'impact de la fertilisation dans le cadre de la réalisation d'une ACV. L'utilisation de telles données permet de calculer un résultat d'ACV à l'échelle de la parcelle agricole, sur tout le territoire de collecte d'une coopérative.

b. Le poids de la fertilisation minérale, et de l'azote en particulier, dans l'empreinte environnementale de la filière blé tendre d'hiver.

La figure 1 présente les résultats d'une ACV d'une production de blé tendre d'hiver, destiné à la meunerie. La frontière avale du système est la vente du grain par la coopérative à un client, la phase de collecte et de stockage a donc été prise en compte dans cette étude. Cette ACV a été conduite à partir de données de pratiques agricoles parcellaires récoltées sur plus de 45 000 hectares (presque 7 000 parcelles) situés en France, dans des situations agronomiques variées.

¹ Les facteurs de caractérisation permettent de convertir tous les éléments participant à un impact en une mesure commune permettant de ressortir un indicateur numérique. Ils permettent de relier un flux d'inventaire à un impact environnemental.

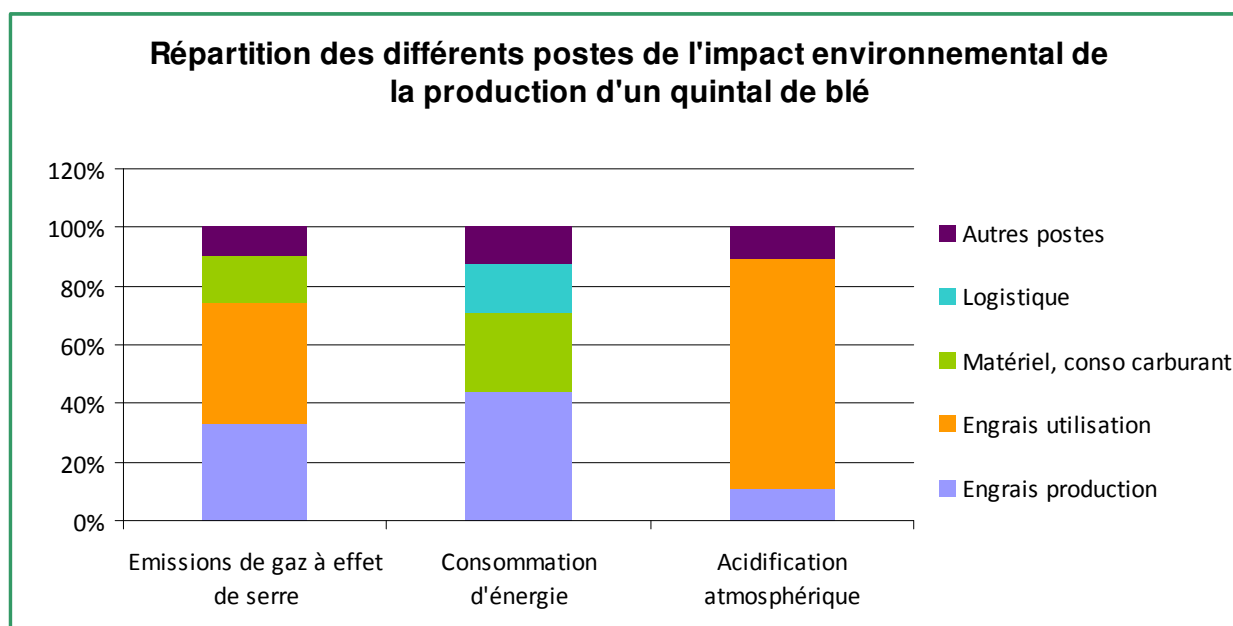


Figure 1 : Résultats d'une ACV de production de blé tendre pour trois indicateurs : émissions de GES, consommation d'énergie et potentiel d'acidification

Quelque soit l'indicateur considéré, le graphique précédent met en évidence une prédominance forte du poste de la fertilisation azotée de la culture sur le bilan environnemental de la production d'un quintal de blé. Le poste fertilisation azotée peut être séparé en deux sous-postes : l'impact de la production des engrais minéraux azotés nécessaires pour produire un quintal de blé (ce poste rend compte de l'impact de la phase industrielle de production de l'engrais et également de la phase de transport de l'engrais jusqu'à la parcelle, il est appelé « Engrais production » dans le graphique ci-dessus) et l'impact de l'utilisation des engrais azotés (ce poste rend compte des émissions de molécules polluantes au champ suite à l'épandage de l'engrais, il est appelé « Engrais utilisation » dans le graphique ci-dessus).

Concernant le potentiel de réchauffement climatique, les postes d'utilisation et de production des engrais sont tous les deux prédominants sur le cycle de vie du blé. L'impact de la phase d'utilisation sur cet indicateur est dû aux émissions de N_2O , un puissant gaz à effet de serre, suite à l'épandage de l'engrais.

Pour l'indicateur de consommation d'énergie primaire, le poste majoritaire est la production des engrais minéraux. En effet les engrais azotés nécessitent une consommation de gaz naturel pour leur production. Cette consommation est essentiellement liée à la production de l'ammoniac, le précurseur commun à l'essentiel des formes d'engrais azotés minéraux.

Et enfin pour l'indicateur de potentiel d'acidification, ce sont les émissions de NH_3 au champ suite à l'épandage, qui constituent l'essentiel de l'impact de la production d'un quintal de blé sur cet indicateur. Ce phénomène est appelé la volatilisation. Son ampleur est dépendante des conditions météorologiques lors de l'épandage de l'engrais, des caractéristiques du sol mais aussi du type d'engrais appliqué.

Il est intéressant de noter que le fait de pouvoir calculer des résultats d'ACV à partir de données parcellaires sur un échantillon conséquent (plus de 45 000 hectares) permet d'appréhender la variabilité intra-parcellaire de ces résultats environnementaux. La conclusion est sans ambiguïté : la variabilité entre les parcelles d'un échantillon est largement plus grande que la variabilité de résultats entre différents groupes de parcelles homogènes (situations agronomiques ou qualités de blés semblables), et ce quel que soit l'indicateur calculé (Berthoud et al, 2011).

A partir du constat que la fertilisation azotée conditionne entre 40 et 90% de l'impact de la production de ces blés, on peut imaginer améliorer significativement l'impact environnemental de la production de blés en raisonnant en priorité sur la fertilisation azotée. Deux principales pistes d'action se dégagent :

→ Optimiser les quantités d'azote apportées : élément de nutrition fondamentale, cette optimisation doit se faire en tenant compte du fait qu'un déficit de nutrition entraînera une perte de rendement. Des actions sont ainsi engagées et poursuivies dans ce domaine depuis longtemps dans le but de raisonner et d'optimiser ces apports, limitant ainsi de potentielles pertes de rendement ou au contraire des excès d'azote synonymes de gâchis. Nombre de plans de fumure agronomiques et d'outils de pilotage sont développés en coopératives dans ce but, entre autres l'outil Epiclès® développé par InVivo ou encore l'outil GPN Pilot® développé par GPN. Ces outils permettent d'ajuster au mieux les apports d'azote en fonction des besoins réels de la plante et de la situation agronomique.

→ Il existe cependant, potentiellement, une deuxième piste jusqu'alors inexploitée : réfléchir les apports azotés en fonction de l'impact environnemental des formes utilisées. En effet, s'il s'avérait que les formes d'engrais ne sont pas toutes équivalentes d'un point de vue de l'efficacité environnementale, la préconisation d'utilisation d'une forme plus efficace permettrait d'améliorer significativement le bilan final de la production des blés. Un nouveau levier d'amélioration de l'impact environnemental de la production de blé serait donc la différenciation, sur le plan environnemental, des principales formes d'engrais disponibles pour l'agriculteur.

III- L'azote, un levier d'amélioration majeur ?

a. Structuration du marché au niveau mondial et européen.

Si leur représentation n'est pas exhaustive (la commercialisation de l'ammoniac anhydre par exemple, encore présente dans de nombreux pays, est interrompue en France depuis le printemps 2010) on retrouve sur le marché français les trois principales formes d'azote présentes au niveau mondiale : l'ammonitrate, la solution azotée et l'urée. L'utilisation de ces formes n'est pas équivalente et l'on constate d'ailleurs une forte distorsion entre le marché français et le marché mondial, conséquence de choix industriels et agricoles.

Si l'urée est la forme majoritaire à l'échelle mondiale, elle est finalement peu présente au niveau français qui ne représente que 1% du marché mondial de ce produit. Le marché français des engrais minéraux est aujourd'hui occupé à 13% par l'urée (moyenne de 2000 à 2010 des volumes de consommation d'engrais minéraux en France pour les données de marché français, chiffres de l'UNIFA). En 2009, 80% de l'urée utilisée en France provenait d'Egypte, d'où le choix de cette origine dans notre étude.

Inversement, la consommation d'ammonitrate est très concentrée en France et en Europe qui représentent respectivement 5 et 25% du marché mondial du nitrate d'ammonium (Cazeneuve, 2010) Le marché français est quant à lui composé à 50% de nitrate d'ammonium (source UNIFA) C'est donc de l'ammonitrate 33,5 produite en France par GPN qui sera considérée dans notre étude.

Enfin, la solution azotée est également une forme répandue en France (32% du marché, source UNIFA), qui est même le deuxième consommateur mondial derrière les Etats-Unis et représente 12% de la consommation mondiale. Malgré ce fort taux d'utilisation, la solution azotée utilisée en France est majoritairement importée. L'Egypte étant également exportatrice de solution azotée, on conserve là aussi cette origine.

La variation du prix des matières premières ces dernières années, et la concurrence entre les principaux pays producteurs font du marché de l'azote un marché extrêmement volatil. Acteur minoritaire sur le marché mondial des principales formes d'azote, en particulier de l'urée, la France et ses acteurs n'ont que peu de pouvoir d'action sur celui-ci. Et le choix de la forme d'azote pour l'agriculteur est essentiellement basé aujourd'hui sur une analyse économique de l'offre. Un positionnement qui devient de plus en plus légitime au regard des fortes variations inter et intra-annuelles, en particulier en l'absence de tout autre outil d'aide à la décision.

b. Mise en place d'une ACV : différencier les formes sur le plan environnemental

i. Les données d'entrée et fondements agronomiques

Il existe, dans le sol, différentes formes chimiques de l'azote (urée, NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), avec des caractéristiques physico-chimiques et des comportements dynamiques différents. La composition même des formes d'engrais azotés en ces différentes formes chimiques (cf. tableau 1) entraîne donc, du point de vue agronomique, des comportements différents après l'épandage.

Tableau 1 : Proportion des différentes formes chimiques de l'azote dans les trois principaux engrais minéraux

Forme de l'engrais	Azote uréique	Azote ammoniacal	Azote nitrique
Ammonitrate	0%	50%	50%
Urée	100%	0%	0%
Solution azotée	50%	25%	25%

L'azote ammoniacal, uréique et nitrique présentent des différences d'une part en termes de sensibilité à la volatilisation, à la dénitrification et au lessivage, mais également en termes de facilité d'absorption par les plantes, comme présenté dans la figure 2. L'urée, l'ammonitrate et la solution azotée étant composés de fractions différentes de ces différents éléments il paraît donc probable de pouvoir distinguer, au champ, entre ces formes, des comportements et des efficacités différenciées.

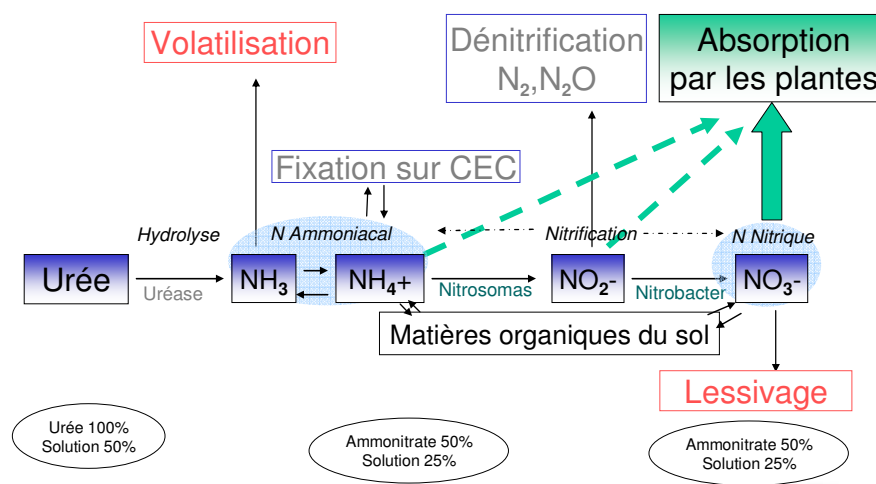


Figure 2 : La composition des différentes formes d'azote et les conséquences sur leur dynamique dans le sol

D'un point de vue industriel également, la diversité des origines géographiques et la diversité des processus de production des engrais, laissent à penser qu'il est possible de distinguer l'impact de ces formes d'un point de vue environnemental.

ii. Les éléments d'une efficacité agronomique différenciée

Ces dernières années, les investissements techniques se sont multipliés pour identifier une différence d'efficacité entre les formes d'un point de vue agronomique. Le réseau InVivo Agro a ainsi notamment mis en place des comparaisons de courbes de réponses sur 3 doses entre ammonitrate et urée, sur blé tendre et maïs, en s'attachant à comparer des impacts sur le rendement et sur la qualité de la production.

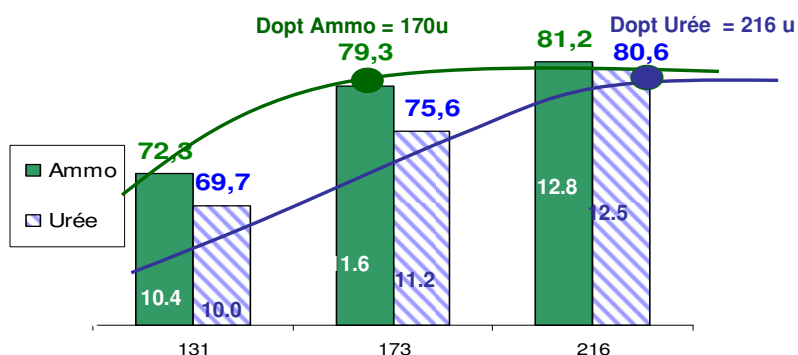
Les résultats compilés depuis 4 ans sur blé tendre et maïs montrent ainsi une différence d'efficacité en faveur de l'ammonitrate qui s'exprime à plusieurs niveaux :

→ Le premier avantage se traduit par un gain de rendement avec la forme ammonitrate. Dans un certain nombre de cas également, on observe une meilleure efficacité de l'azote apporté : c'est-à-dire un rendement équivalent atteint pour une moindre dose d'azote apportée

Ainsi, la synthèse de ces 10 dispositifs sur blé tendre met en évidence un gain de rendement moyen de +3,7 quintaux par hectare en faveur de l'ammonitrate ainsi qu'une dose optimale (c'est-à-dire la plus petite dose permettant d'atteindre le meilleur rendement à 3 quintaux près) plus faible pour cette forme, traduisant ainsi une plus forte efficacité de l'ammonitrate (cf. Figure 3). Ces résultats expérimentaux sont également confirmés par la bibliographie existant sur le sujet (Le Souder et al, 1997 et Yara, 2006).

→ D'un point de vue qualité, l'ammonitrate semble également se détacher notamment au travers du taux de protéine atteint. Sur ces mêmes dispositifs, on observe ainsi que le seuil limite de 11,5% classiquement retenu pour la qualification du blé panifiable supérieur est atteint ou dépassé dans 75% des cas contre 50% des cas sur les tests à l'urée.

→ Enfin, l'approche expérimentale a également permis de mettre en évidence des différences d'efficacité des formes liées à la situation pédo-climatique. Par exemple, les 7 dispositifs et 21 tests sur maïs montrent qu'en fonction du potentiel de minéralisation d'un sol, mesuré au travers d'un indicateur terrain qu'est l'APM (Azote Potentiellement Minéralisable), l'écart entre les formes est plus ou moins marqué. L'intérêt de positionner une forme « rapide » comme l'ammonitrate sur des sols à faible potentiel de minéralisation, pour cette culture, se traduit par un écart de 9 q/ha entre les deux, alors qu'il est peu visible sur les autres situations (fig.4) cet effet est renforcé à dose optimale.



- Une **dose optimale plus faible** pour l'ammonitrate :
- Un écart moyen de **+ 3.7q** à la dose Epicles en faveur de l'Ammo

Figure 3 : Résultats des essais de comparaison des formes ammonitrate et urée sur blé tendre, Pool Fertil (10 dispositifs) Réseau InvivoAgro

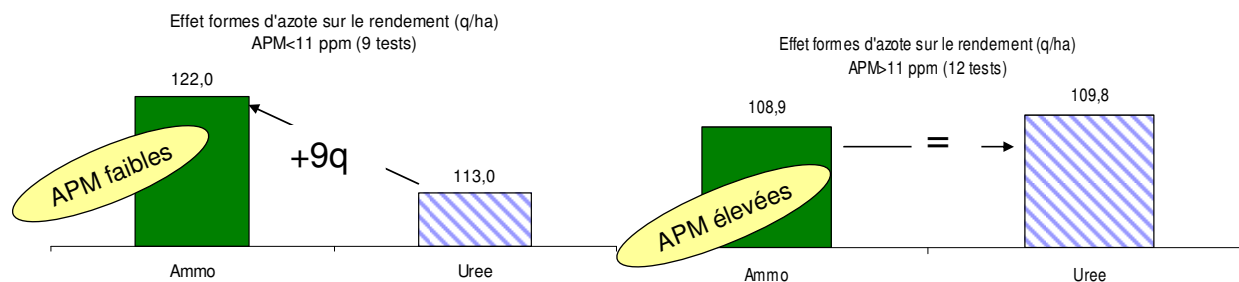


Figure 4 : Distinction des effets formes en fonction du potentiel des minéralisation du sol, Pool Fertile Réseau InvivoAgro

Les investissements expérimentaux de ces dernières années ont donc permis à la fois de mettre en évidence des différences d'efficacité au champ, mais également d'initier une approche plus fine permettant de raisonner le positionnement de ces formes en fonction des situations pédo-climatiques rencontrées et dont les caractéristiques impactent la dégradation des engrais et leur cinétique de minéralisation.

iii. Des processus de fabrication distincts pour les trois formes

Les trois formes d'engrais étudiées ont des compositions différentes, induites par des processus de fabrication distincts. L'ammonitrate est synthétisé à partir d'ammoniac et d'acide nitrique. La synthèse de l'ammoniac est consommatrice de gaz naturel et la synthèse de l'acide nitrique est génératrice d'émissions de N_2O , pouvant être largement diminuées par le traitement des gaz à l'aide de catalyseurs spécifiques de ce gaz. L'ammonitrate dose à 33.5% de N.

Pour l'urée, la technologie considérée est appelée Urée Stamicarbon UHDE. Comme dans le processus de production de l'ammonitrate, l'ammoniac est le précurseur pour la synthèse de l'urée. L'urée dose à 46% de N.

Quant à la solution azotée, il s'agit d'un mélange d'urée et de nitrate d'ammonium en solution chaude (NASC), un précurseur de l'ammonitrate. Ce produit dose à 30% de N.

En plus de différences entre les formes, intrinsèques aux réactions chimiques ayant lieu lors de la synthèse des engrais, il existe des différences au niveau des processus, dues aux origines géographiques des produits considérés. L'usine française qui produit l'ammonitrate est soumise à des quotas d'émissions de gaz à effet de serre dans le cadre réglementaire européen. Cette contrainte se traduit dans l'usine par des investissements d'optimisation des processus industriels sur le périmètre de la consommation énergétique et également sur des investissements spécifiques de diminution des émissions de GES des activités. L'usine est notamment équipée d'un catalyseur sur le poste de production de l'acide nitrique qui permet d'abattre la quasi-totalité des émissions de N_2O de ce poste. Enfin, le prix d'achat de l'énergie n'est pas le même pour un industriel selon qu'il se trouve en France ou en Egypte, ce qui explique également des stratégies d'investissement différentes sur le poste d'optimisation des consommations entre ces différents processus.

L'intérêt d'appliquer la méthodologie de l'ACV aux formes d'azote doit ainsi permettre de traduire au travers d'indicateurs synthétiques les impacts environnementaux de la fabrication et de l'utilisation des différentes formes azotées.

iv. Les résultats des indicateurs environnementaux

Face au constat fait précédemment d'une prédominance du poste de fertilisation azotée dans les bilans environnementaux de grandes cultures, InVivo AgroSolutions et GPN ont décidé de s'associer pour conduire une Analyse de Cycle de Vie comparative des trois formes d'engrais principalement utilisées en France. L'objectif de cette étude est de donner des résultats fiables et objectifs de comparaison de trois formes majoritairement utilisées en France : l'ammonitrate 33,5 produit par GPN, l'urée et la solution azotée, toutes deux d'importation égyptienne. Cette étude a été validée par une revue critique menée par des experts externes aux deux entreprises.

La fonction principale d'un engrais azoté est de permettre la croissance des plantes cultivées. Toutes les plantes ne répondant pas de façon similaire à un apport d'azote, il a été choisi de se limiter à une seule espèce : le blé tendre d'hiver. Afin d'homogénéiser également les hypothèses de transport, nous ne considérerons qu'un seul lieu d'utilisation de l'engrais : une parcelle appartenant à un adhérent de la coopérative Nouricia, dans l'Aube.

Les impacts environnementaux calculés sont rapportés à une unité fonctionnelle (UF) exprimée de la sorte : « la fertilisation minérale azotée pour produire un quintal de blé de qualité standard (11,5% de protéine) ».

Tous les résultats présentés ci-dessous sont donc ramenés au quintal de blé produit. Le premier indicateur détaillé est le potentiel de réchauffement climatique (Cf. Figure 4)

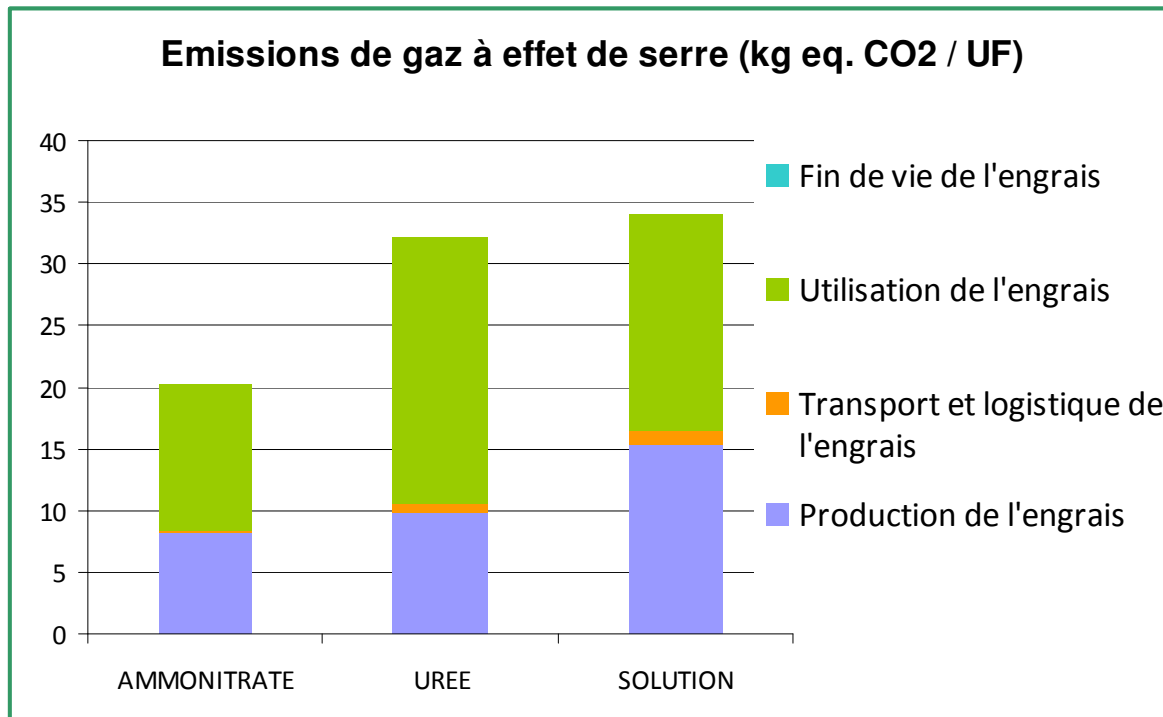


Figure 5 : Résultats de l'ACV comparative des trois formes pour l'indicateur de potentiel de réchauffement climatique

L'ammonitrate produit en France se différencie à la fois par son process industriel plus optimisé, du fait d'exigences réglementaires européennes fortes sur les quotas d'émissions de CO₂, d'un prix d'achat de l'énergie par les industriels beaucoup plus élevé dans cette région du monde qu'en Egypte, et également par des émissions au champ moins importantes pour cette forme. Les différences entre les formes sur le poste d'utilisation de l'engrais s'expliquent par plusieurs facteurs :

- l'urée a un taux de volatilisation de NH₃ au champ plus important que l'ammonitrate et la solution azotée, ce qui favorise les émissions indirectes de N₂O (gaz à effet de serre à fort pouvoir de réchauffement global). La solution azotée a quant à elle un taux de volatilisation intermédiaire entre l'ammonitrate et l'urée (CORPEN, 2006).
- Les émissions directes de N₂O au champ sont également légèrement plus fortes pour l'urée, la solution azotée étant également intermédiaire pour ce critère (Bouwman et al, 2002).

Les résultats étant tous ramenés au quintal de blé produit, la différence d'efficacité agronomique entre les trois formes est également une clé d'explication de cette différence. En effet, le rendement de 80 q/ha obtenu avec l'utilisation de l'ammonitrate étant légèrement supérieur à celui de 76.1 q/ha obtenu avec l'urée et la solution azotée pour la même dose d'azote, la valeur du dénominateur change et peut expliquer une légère différence en faveur de l'ammonitrate, vis à vis des deux autres formes.

Il convient de noter que malgré des provenances géographiques diverses, la phase de transport de l'engrais jusqu'à la parcelle où il sera épandu n'influe que très peu les émissions de gaz à effet de serre générées tout au long du cycle de vie de l'engrais.

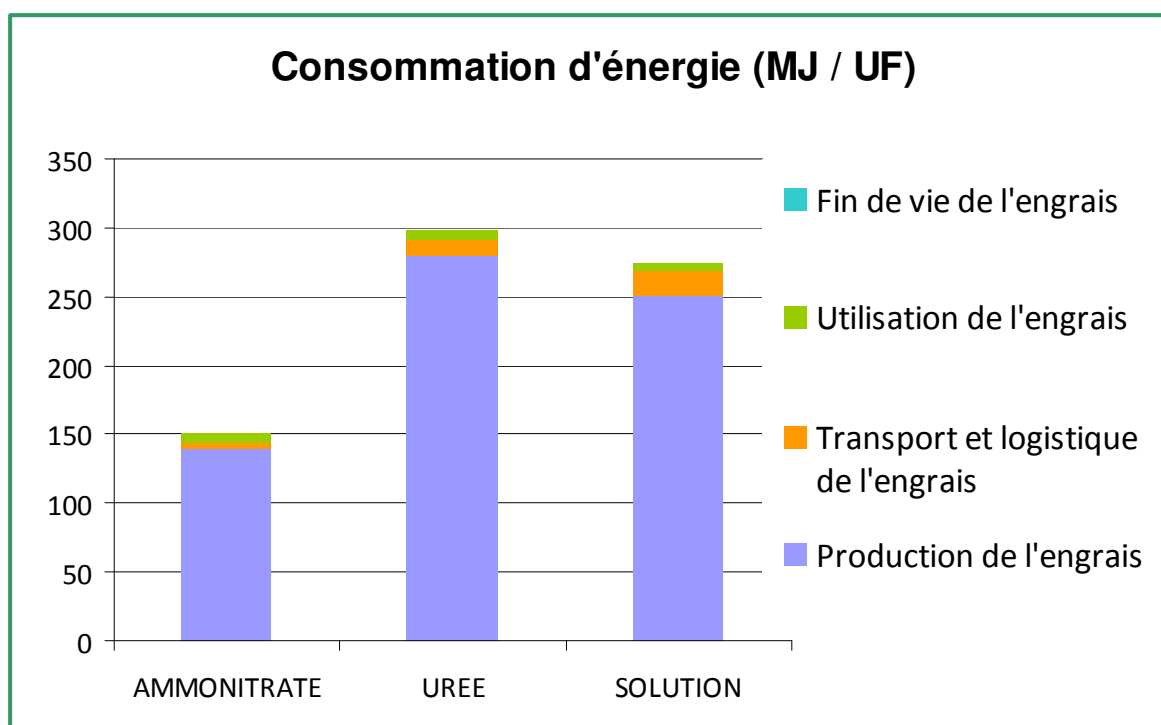


Figure 6 : Résultats de l'ACV comparative des trois formes pour l'indicateur de consommation d'énergie

Pour l'indicateur de consommation d'énergie primaire (Cf. Figure 5), ce sont également la meilleure efficacité du process de production et la meilleure efficacité agronomique de cette forme qui jouent à l'avantage de l'ammonitrate produit en France. Comme mentionné précédemment, les phases de

transport, logistique et utilisation ne sont finalement que peu impactantes dans les trois scénarios, en comparaison des étapes de production de l'engrais.

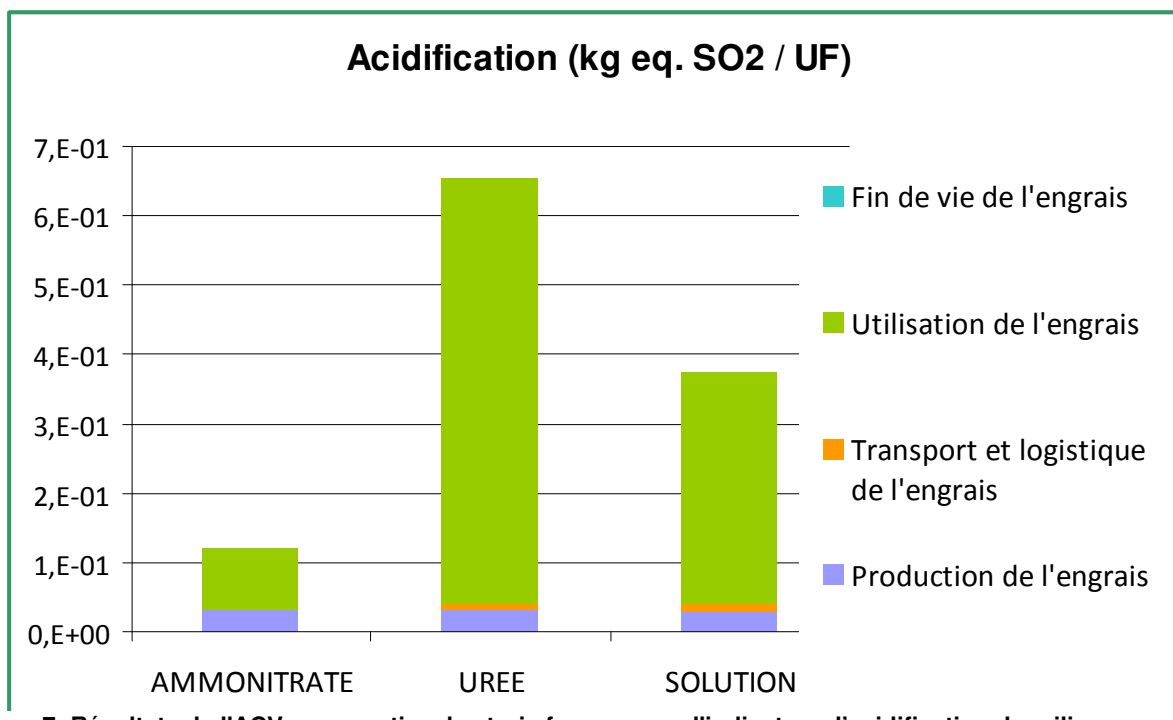


Figure 7: Résultats de l'ACV comparative des trois formes pour l'indicateur d'acidification du milieu

Concernant l'indicateur de potentiel d'acidification (Cf. Figure 6), les différences entre les formes sont très marquées. Ceci est dû à des différences de volatilisation. En effet l'urée est la forme qui volatilise le plus de NH_3 suite à l'épandage, ce qui a un effet sur cet indicateur. De plus cette perte d'azote sous la forme NH_3 est un des facteurs explicatifs de la différence d'efficacité agronomique entre l'ammonitrate et l'urée du fait de la quantité d'azote réellement disponible pour la plante.

Il est toutefois bon de noter que seule la forme de l'azote épandu a été retenue comme critère différenciant pour les valeurs d'émissions, comme préconisé dans le guide méthodologique GES'TIM² (2010). Le type de sol, les conditions climatiques lors de l'épandage sont autant de paramètres pouvant influencer les émissions, mais pour lesquels nous ne disposons pas de données assez précises pour en tenir compte.

Les taux de volatilisation différenciés selon la forme sont issus d'une synthèse bibliographique réalisée par le CORPEN en 2006, inspirée du « Guidebook Emission Inventory » de l'UNECE. Ils sont récapitulés dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Taux de volatilisation de l'azote minéral apporté, différenciés selon la forme de l'engrais (source : CORPEN, 2006)

Forme de l'engrais azoté	Part de l'apport de N volatilisé
Ammonitrate	2%
Urée	15%
Solution azotée	8%

² GES'TIM est un guide méthodologique pour l'estimation des émissions de gaz à effet de serre des activités agricoles. Ce guide a été rédigé par les principaux instituts techniques agricoles français en 2010.

Notons que l'évaluation des émissions au champ font partie des postes les plus difficiles à déterminer de façon précise, du fait de la difficulté d'accéder à cette mesure, et constitue donc pour les prochaines années un axe d'amélioration et de perfectionnement de la pertinence de cet indicateur. Ceci justifie des investissements techniques qui se traduisent au travers de recherches méthodologiques et expérimentales.

IV- Sensibilisation des utilisateurs à l'impact environnemental de leurs pratiques.

a. Mise en place expérimentale : alimenter et confirmer les résultats

Si les investissements expérimentaux des quelques dernières années ont permis de distinguer des efficacités agronomiques entre les formes sur blé, un certain nombre de points restent encore aujourd'hui à préciser et à affiner. Parmi ces questions, deux mobilisent actuellement les principaux producteurs d'ammonitrate (GPN, Yara, Fertiva, DSM, SECO Fertilisants), les instituts (Arvalis, Céliom) et les distributeurs (Réseau InVivo Agro avec les coopératives Corea, Capseine) au sein du Groupe de travail ADA de l'Unifa.

Le premier enjeu est la mesure de l'impact de l'utilisation de ces formes d'azote dans le temps. Autrement dit, existe-t-il un effet pluriannuel à l'utilisation d'une forme d'azote en alternance ou de façon exclusive. Cette approche est en effet essentielle à une approche cohérente pour une analyse de cycle de vie.

D'autre part, s'il est possible de distinguer l'efficacité agronomique ou l'efficacité d'un process industriel, il reste une forte imprécision sur l'évaluation des émissions au champ qu'elles soient ammoniacales ou sous formes de protoxyde d'azote.

C'est dans ce sens que les membres du Groupes ADA positionnent depuis 5 ans des essais longue durée sur une comparaison Ammo-Urée alternée ou exclusive, avec pour objectif de pouvoir mesurer les émissions gazeuses liées à chacune de ces formes grâce à la mise en place de dispositifs adaptés.

Dans les premières synthèses publiées, l'effet forme identifié précédemment sur blé, semble se retrouver sur l'ensemble des cultures testées (colza, orge, maïs). D'autre part, un effet pluriannuel à l'utilisation de ces formes d'une année sur l'autre se manifeste au travers de l'observation des témoins : un écart de 5% sur les indices de rendements (toutes cultures confondues, 8 dispositifs) (fig.7) est observé en faveur des situations ayant fait l'objet d'apports d'ammonitrate répétés par rapport au témoin présentant un passé « uréique ».

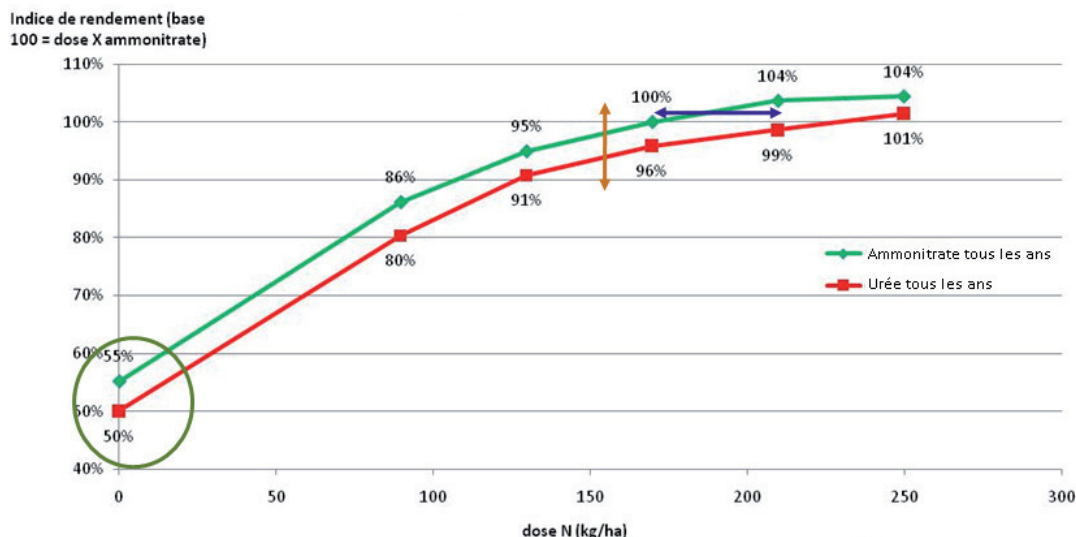


Figure 8 ; Réseau ADA 2008-2010 Effet historique – Synthèse de 8 essais et 23 courbes de réponses selon la forme N sur 3 cultures (Lettre ADA n°15)

La poursuite de ces investissements techniques, en particulier dans l'acquisition de références sur les émissions au champ est donc un axe d'investissement important pour une pertinence de plus en plus forte des analyses d'impacts environnementaux comme l'est l'ACV.

b. Utilisation des résultats en coopératives

La reconnaissance d'une différence d'efficacité environnementale entre les formes d'engrais azotés est une voie d'amélioration des bilans environnementaux des productions agricoles vendues par les coopératives. On peut par exemple imaginer des systèmes de relation coopérative – client basé sur des objectifs de résultats concernant des bilans environnementaux sur les matières commercialisées. Pour atteindre cet objectif, la coopérative dispose des outils d'accompagnement des agriculteurs dans l'optimisation de leurs systèmes de culture, notamment vis-à-vis de l'azote. Ces préconisations peuvent également prendre la forme d'une aide au choix de la forme d'engrais la moins impactante, dont l'utilisation par un plus grand nombre d'agriculteurs permettra d'améliorer significativement les résultats des matières agricoles produites.

c. Elaboration d'un outil de mise à disposition des résultats : Top'AZ

La mise en place des démarches d'affichage pour la sensibilisation du grand public aux impacts environnementaux des produits qu'il utilise rend nécessaire la mobilisation des différents acteurs de la filière à ces approches. Sur les productions agricoles, il est donc important de relayer ces informations jusqu'à l'agriculteur afin de, le sensibiliser lui-aussi et faire évoluer ses pratiques. Une sensibilisation d'autant plus importante que le choix de la forme d'azote répond aujourd'hui bien plus à une approche marché et prix d'achat qu'à une réflexion d'optimisation agronomique ou technique.

Le producteur GPN et le réseau de distributeurs Invivo ont donc élaboré un outil d'aide à la vente, TOP'AZ (fig.8), dont l'objectif est de simuler sur une situation (un assolement et un contexte pédo-climatique), la valorisation de l'azote en fonction de la forme utilisée et d'en rappeler les impacts environnementaux au travers des bilans énergétiques et gaz à effet de serre.



Figure 9 : TOP'AZ, un outil de sensibilisation aux effets formes d'azote en fonction de la situation

Cet outil, proposé par les coopératives aux agriculteurs, intègre déjà un premier niveau de sensibilité en différenciant les effets de la volatilisation en fonction des types de sols. Cependant, il est amené à évoluer sur une deuxième version afin d'intégrer la solution azotée et une plus grande sensibilité aux conditions climatiques. Il permet par sa structure d'intégrer les avancées que permettront les prochaines acquisitions de références.

L'amélioration des pratiques agricoles passe aujourd'hui par un nouveau filtre : l'impact environnemental de nos productions. Pour ce faire, une méthodologie (l'ACV) permet de quantifier les différents impacts de l'élaboration de n'importe quel produit en tenant compte des phénomènes de transferts, c'est-à-dire des effets « collatéraux » engendrés lors de cette fabrication. En ce qui concerne le blé, l'empreinte environnementale qu'il porte au moment de sa transformation est essentiellement due aux pratiques de fertilisation azotée. Mais l'azote est lui-même le principal élément de la nutrition végétale et présente donc une corrélation directe avec les niveaux de production. Ce n'est donc pas la réduction à tout pris de l'azote apporté mais bien son optimisation qui constitue le véritable levier d'amélioration sous peine de pénaliser les rendements. Les années passées ont vu se développer des outils d'aide à la décision dans le but d'accompagner les agriculteurs dans une meilleure gestion de l'azote et d'éviter ainsi les sur-fertilisations. Indicateur synthétique des impacts environnementaux, l'ACV appliquée sur les formes d'azote minéral présente un nouveau levier majeur d'amélioration des pratiques en identifiant la forme d'azote la plus directement assimilable et présentant le moins d'effet secondaire sur l'environnement. La dernière étape consiste donc à sensibiliser les acteurs sur le terrain aux meilleures pratiques à adopter en portant ces résultats auprès des agriculteurs. Parallèlement les investissements techniques se poursuivent dans le but de pouvoir affiner ces évaluations grâce à des références terrain. En cela, le

groupe de travail ADA doit permettre l'alimentation en données sur l'un des éléments les plus difficilement accessibles et donc perfectible : la volatilisation au champ et son lien avec les conditions environnementales au sens propre du terme.

Berthoud A., Maupu P., Huet C., Poupart A., 2011, Assessing freshwater ecotoxicity of agricultural products in Life Cycle Assessment (LCA): a case study of wheat using French agricultural practices databases and USEtox model.

Bouwman A. F. and Boumans L. J. M., 2002, Modeling global annual N₂O and NO emissions from fertilized fields.

Cazeneuve P., 2010 – Etat, Perspectives et Enjeux du marché des Engrais .

CORPEN, 2006, Les émissions d'ammoniac et de gaz azotés à effet de serre en agriculture. Groupe azote / ammoniac et gaz azotés d'origine agricole.

GES'TIM Guide méthodologique pour l'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre, 2009, guide de l'Institut de l'Elevage (DTEQ), d'Arvalis, du CETIOM, de l'ITAVI, de l'ITB et de l'IFIP.

IPCC, 2006, Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre

ISO International Standard 14040, 1997, Management environnemental – Analyse de cycle de vie – Principes et cadre. International Organisation for Standardisation (ISO), Genève, Suisse.

ISO International Standard 14044, 2006, Management environnemental – Analyse de cycle de vie – Interprétation. International Organisation for Standardisation (ISO), Genève, Suisse.

Le Souder C. (ITCF), Taureau J.C. (Hydro Agri France), Richard H., Berhaut F., 1997, Formes d'engrais – Quelle incidence sur le rendement et la teneur en protéines du blé tendre d'hiver ?, Perspectives Agricoles n°221, Février 1997, p.67.

Yara, Efficacité des formes d'azotes Ammonitrates et Urées, Expérimentation, conférence de presse, Paris, le 4 octobre 2006.