

L'appropriation sur le terrain d'un nouvel outil d'aide à la décision, l'exemple du logiciel AzoFert® en Champagne-Ardenne et Picardie

N. Damay, J. Collard

La réussite d'une entreprise agricole est conditionnée par les choix techniques et économiques de l'exploitant. Ce sont, par exemple, l'assolement, la mise en place d'itinéraires agronomiques ou l'achat de matériels nouveaux. Le plus souvent, l'agriculteur est accompagné dans ces choix par des conseillers techniques compétents.

Cependant, la complexité croissante des systèmes de production et les exigences des filières ont amené les chercheurs et les experts à proposer aux différents acteurs de la filière agricole des systèmes experts et des outils d'aide à la décision (OAD) capables de les aider dans la pratique quotidienne de leurs activités professionnelles. Les OAD n'ont pas pour but de se substituer aux décideurs. Ils doivent avant tout **éclairer leur jugement** et les guider vers des arbitrages dont ils conservent la maîtrise.

C'est dans ce cadre que, dès les années 1970, les agronomes J.C. Remy et A. Marin-Lafleche¹ ont commencé à formaliser et informatiser des règles de décision dans le domaine de la fertilisation des cultures et de l'interprétation des analyses de terre. Ils ont été largement suivis dans cette démarche et il existe aujourd'hui de nombreux outils d'aide à la décision dans le domaine de l'agronomie et dans celui de la gestion des ressources naturelles.

Les nouveaux outils, de plus en plus opérationnels, robustes, fiables et rapides, sont aussi de plus en plus complexes. Les évolutions techniques et conceptuelles posent de nombreuses questions. Dans certaines situations, les modèles peuvent être difficiles à appréhender et se heurter à une forme de résistance au changement. Les conseils et conclusions qui en découlent pouvant être perçus comme surprenants, **voire obscurs**.

Comment éclairer un jugement par des conseils obscurs ?

Sous peine de voir ces outils pertinents et performants sous-employés, il appartient aux organismes de recherche qui les conçoivent, aux structures de développement qui les vulgarisent et aux techniciens qui les utilisent sur le terrain de mettre en place une démarche permettant de faire partager au plus grand nombre les concepts qui sous-tendent les modèles. Il faut aussi prévoir des dispositifs pour démontrer leur fiabilité et en diffuser les conclusions.

Pour illustrer cette nécessité, nous prendrons l'exemple de la mise en place de l'outil AzoFert®, pour la prévision de la fertilisation azotée dans les régions Champagne-Ardenne et Picardie. Nous espérons que le partage de cette expérience contribuera à diffuser plus largement cet outil sur d'autres régions françaises.

Le logiciel AzoFert®

L'azote est nécessaire aux plantes pour fabriquer les acides aminés et les protéines indispensables à leur croissance et au bon fonctionnement de la photosynthèse.

Les végétaux prélèvent l'azote par leurs racines, principalement sous forme de nitrates. Pour compléter l'offre du sol, l'agriculteur doit apporter des quantités raisonnables et raisonnables de fertilisants minéraux et/ou organiques en fonction des besoins du peuplement végétal.

Le concept de bilan d'azote minéral du sol, permettant le calcul prévisionnel de la fertilisation azotée à apporter aux cultures a été développé par Hébert en 1969² puis par Rémy et Hébert en 1977³. Progressivement, il s'est imposé dans de nombreuses régions comme la méthode de raisonnement de la fertilisation azotée des cultures.

Sous l'impulsion de J.M. Machet, ce principe a d'abord été formalisé par le logiciel Azobil⁴ qui a été largement utilisé (et l'est encore) dans les régions agricoles du nord de la France.

Azobil permettait de calculer une dose prévisionnelle d'azote minéral pour une trentaine de cultures en établissant un bilan d'azote fondé sur 11 postes avec pour chacun d'eux des données forfaitaires de fournitures ou de consommations d'azote.

Depuis cette époque, de nombreux travaux ont été consacrés à l'amélioration des connaissances scientifiques sur les cycles du carbone et de l'azote dans les sols. Une meilleure compréhension des phénomènes qui conditionnent la minéralisation nette de l'azote des matières organiques et la

dynamique de l'azote de l'engrais apporté aux cultures ont permis de compléter le modèle du bilan azoté et de concevoir un nouvel outil d'aide à la décision : AzoFert®⁵, opérationnel dès 2003. Ce nouveau logiciel est basé sur un bilan d'azote plus complet, constitué de 19 postes. Il simule et comptabilise l'ensemble des entrées et des sorties d'azote du système sol-culture. Mais la principale innovation de cet outil est le calcul dynamique des postes du bilan, en particulier des fournitures du sol, en utilisant le temps 'normalisé' : il tient compte du climat réel de l'année et des dates précises des interventions culturales. Ainsi, les valeurs forfaitaires de fourniture d'azote d'Azobil sont remplacées par des valeurs calculées d'après des cinétiques de minéralisation. La prise en compte du devenir de l'azote de l'engrais (organisation microbienne et volatilisation d'ammoniac) est également une avancée spécifique à AzoFert®.

La transition Azobil / AzoFert®

Les enjeux liés à l'interprétation des mesures de reliquats d'azote en sortie d'hiver sont importants pour de multiples acteurs :

- Pour les exploitants, ces analyses, convenablement utilisées, permettent d'ajuster les doses d'engrais azotés aux objectifs de rendement et de qualité contribuant ainsi à l'optimisation technico-économique des exploitations agricoles.
- Pour la société, le raisonnement pertinent des apports d'engrais azotés, en contribuant à la limitation des fuites, répond à ses attentes en terme de protection de l'environnement.
- Enfin, pour les laboratoires et les structures qui assurent les prélèvements, cette activité très importante concentrée sur quelques semaines nécessite une organisation précise et sans faille.

La transition entre les deux outils se devait donc de réussir.

Après plusieurs années d'utilisation du logiciel Azobil, les différents acteurs de la filière agricole ont constaté le bien fondé des conseils prodigués, surtout sur des cultures quantitativement et qualitativement sensibles aux doses d'azote telles que l'orge de brasserie et la betterave. Ce logiciel avait donc fini par s'imposer comme une méthode fiable de calcul de la fumure azotée.

Avec l'arrivée d'AzoFert®, logiciel bien plus dépendant des caractéristiques pédoclimatiques et des pratiques culturales, les nouvelles préconisations, plus précises, se sont logiquement avérées différentes des doses calculées par Azobil. En effet, l'essence même de ce nouvel OAD est de conduire à des conseils qui tiennent mieux compte de la diversité des situations.

La transition entre les deux outils ne peut donc se dérouler positivement sans une validation solide du modèle et des paramétrages associés. Une bonne campagne d'information et de formation est également indispensable pour convaincre les utilisateurs.

Les paramètres utilisés dans AzoFert® ont une importance particulière puisque de leurs qualités dépendent la justesse des préconisations. Ils doivent être déterminés sur la base de connaissances scientifiques avérées et régionalisées.

Une interface utilisateur permet la gestion de différents catalogues (sols, cultures, produits organiques, résidus de culture...) et de tableaux de paramétrage. Les laboratoires utilisateurs peuvent ainsi les modifier simplement. Le logiciel peut donc s'adapter à une large gamme de systèmes culturaux et de contextes pédoclimatiques.

Pour tester l'outil (formalismes et paramétrage) et la validité des conseils de fertilisation azotée, il est nécessaire de mettre en place une démarche de validation, s'appuyant d'une part sur des données d'essais antérieurs et d'autre part sur de nouvelles expérimentations, afin d'intégrer des contextes agropédoclimatiques variés⁶.

Ainsi, de nombreux essais ont été mis en place dès 2003 en collaboration avec différents partenaires. La plupart d'entre eux ont été conduits pour obtenir une courbe de réponse à l'azote comportant une modalité sans apport d'azote minéral (témoin ON).

La mesure de l'absorption d'azote par des cultures ON permet une estimation des fournitures du sol. L'azote mobilisé par la culture est estimé par la mesure de la teneur en azote des différentes parties des plantes couplé à la mesure de la matière sèche produite. Ces résultats sont comparés avec les prévisions de fournitures calculées par le modèle AzoFert®.

Les essais « courbes de réponse à l'azote » permettent de déterminer la dose optimale qui peut être comparée avec les doses prévues par le logiciel AzoFert®.

Les nombreuses expérimentations, anciennes ou récentes, utilisées pour valider AzoFert®, en particulier par l'ITB ont confirmé globalement la cohérence entre les résultats observés aux champs et

les simulations faites avec le logiciel AzoFert® et ce dans des contextes variés. Elles montrent aussi que l'interprétation des analyses de reliquat d'azote en sortie d'hiver au moyen du logiciel AzoFert® conduit à des conseils plus adaptés aux situations réelles.

Enfin, durant la campagne de reliquats azotés de 2005, le logiciel AzoFert® fut utilisé en doublon avec Azobil pour interpréter les résultats d'analyses. Cette démarche a permis d'identifier les situations culturelles et/ou pédoclimatiques présentant des conseils très différents entre les deux outils. Chacune de ces situations particulières a été analysée pour percevoir les éventuels dysfonctionnements du logiciel et les biais du paramétrage et préparer l'argumentaire permettant de justifier les conseils auprès des agriculteurs.

Cette démarche globale a permis d'identifier les situations où le paramétrage du modèle restait perfectible, et pour lesquelles des expérimentations spécifiques seraient souhaitables.

Ces travaux doivent ensuite être diffusés largement pour éviter les craintes face à l'inconnu et pour convaincre les utilisateurs habitués aux préconisations d'Azobil.

Pour cela, de nombreuses formations et réunions ont été organisées, principalement à destination des conseillers qui sont en contact avec les agriculteurs. Ils peuvent ainsi expliquer rationnellement les préconisations dans tous les cas où elles semblent surprenantes voire incohérentes.

Parallèlement, les agriculteurs ont été informés par des articles dans la presse spécialisée et des documents explicatifs largement diffusés. L'importance des facteurs (ex. : le type de sol) et les paramètres qui conditionnent une bonne interprétation y sont abondamment développés, en particulier, la rigueur nécessaire au remplissage des fiches de renseignement. Avec un modèle aussi sensible, il est en effet impératif de saisir avec exactitude les données agronomiques associées à la parcelle et à la culture.

L'organisation des reliquats azotés dans la Marne

Le raisonnement de la fertilisation azotée basé sur les reliquats en sortie d'hiver (RSH) est largement utilisé dans la Marne depuis les années 1990. Ces analyses, très concentrées sur une période courte (janvier à mi-mars) nécessitent une organisation qui garantisse la qualité de l'ensemble de la chaîne du prélèvement au conseil final.

Cette organisation s'appuie sur la participation de l'ensemble des services techniques :

- Les agriculteurs passent commande auprès des structures professionnelles (essentiellement Coopératives céréalières, Syndicat betteravier et Chambre d'Agriculture) qui organisent la campagne de prélèvements et assurent la communication et l'appui technique auprès des exploitants (aide au remplissage des fiches de renseignements par exemple) ;
- Les prélèvements (2 à 3 horizons de 30 cm suivant les cultures) sont réalisés par des professionnels équipés (quads) et formés ;
- Les échantillons sont immédiatement congelés et acheminés aux laboratoires en respectant la chaîne du froid, condition indispensable à la qualité des résultats ;
- Les conseils de fertilisation sont délivrés par les laboratoires selon la méthode du bilan : Azobil puis AzoFert® depuis 2005.
- Une synthèse est faite en fin de campagne par le Groupe Azote Marne et donne lieu à la publication des reliquats moyens (par situation culturelle type).

Cette organisation rigoureuse a contribué à une large diffusion de cette démarche de raisonnement de la fertilisation azotée et avec le temps, Azobil s'est imposé comme un outil utile et performant. Mais en 2005, l'utilisation de l'outil AzoFert® et la modification des conseils ont parfois suscité l'incompréhension. Un effort particulier de validation des conseils et de communication a été nécessaire pour informer et rassurer les utilisateurs.

Le Groupe Azote Marne

En 1993 la Chambre d'Agriculture de la Marne, en liaison avec l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, crée la « Banque de données Azote ». L'objectif est d'encourager le développement des reliquats sortie hiver, de regrouper et de synthétiser les résultats pour diffuser un conseil moyen.

Le Groupe Azote Marne est créé la même année : c'est une structure informelle, pilotée par la Chambre d'Agriculture, qui regroupe l'ensemble des services techniques de la profession : laboratoires d'analyses, prescripteurs de conseils (coopératives céréalières, sucreries, syndicat

betteravier), instituts techniques (Cetiom, ITB, Arvalis), ainsi que l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et l'INRA ponctuellement. Les travaux de ce groupe ont permis d'approfondir les connaissances sur la gestion de l'azote dans les sols du département pour améliorer et harmoniser le raisonnement de la fertilisation. En particulier, cette structure a largement contribué à l'évolution continue du paramétrage local en Champagne du logiciel AzoFert®. Cette démarche technique et scientifique consensuelle, accompagnée d'une communication adaptée a permis, malgré les inquiétudes rencontrées lors de la première campagne, de généraliser l'usage de l'outil AzoFert®.

Chaque année les données issues des deux principaux laboratoires intervenant dans la Marne sont synthétisées et diffusées pour aider à l'établissement des plans de fumure, en prenant en compte toutes les situations culturales : sol, précédent, gestion des pailles, cultures intermédiaires... Les compétences présentes et la participation des instances techniques reconnues ont permis au Groupe de voir ses conclusions et diffusions validées par l'administration.

Les données au niveau départemental

Depuis 1997 la directive « nitrates » s'est traduite dans la Marne par une succession de programmes d'actions imposant notamment l'analyse des reliquats azotés et l'utilisation de la méthode du bilan pour le raisonnement de la fertilisation azotée des principales cultures.

Le nombre de parcelles analysées dans le Département a ainsi été multiplié par dix depuis 1993 (Figure 1), et les conseils délivrés couvrent la grande majorité des cultures du département.

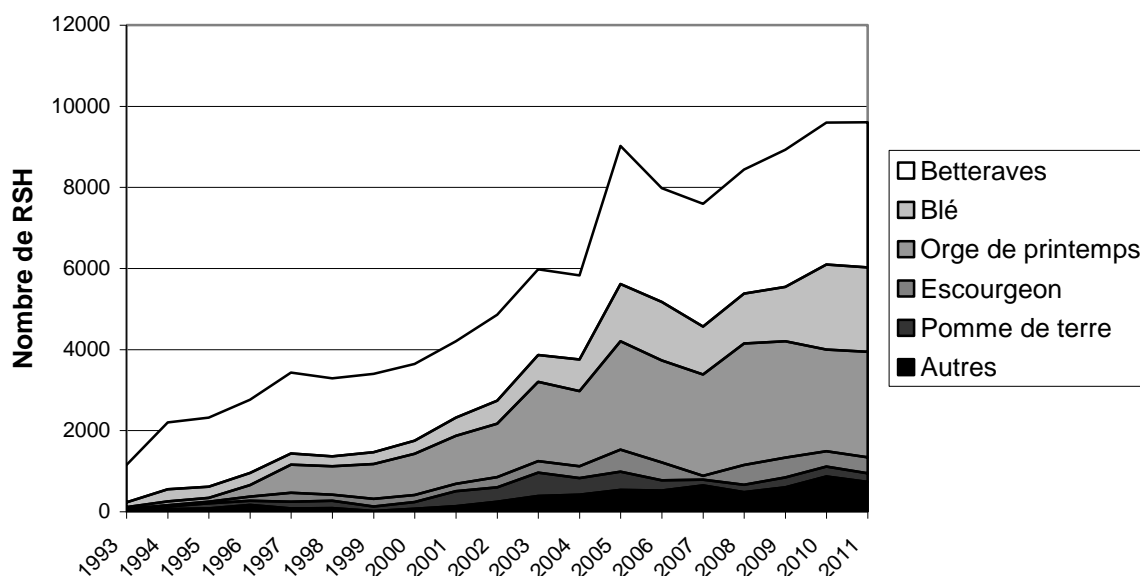


Figure 1 : Evolution du nombre d'analyses de reliquats azotés en sortie d'hiver dans le département de la Marne

En betterave, les chiffres donnés par le GIE Nord Est Betterave (Figure 2) démontrent clairement l'intérêt économique et environnemental des conseils AzoFert® : évolution croissante des rendements avec des doses conseillées en nette diminution.

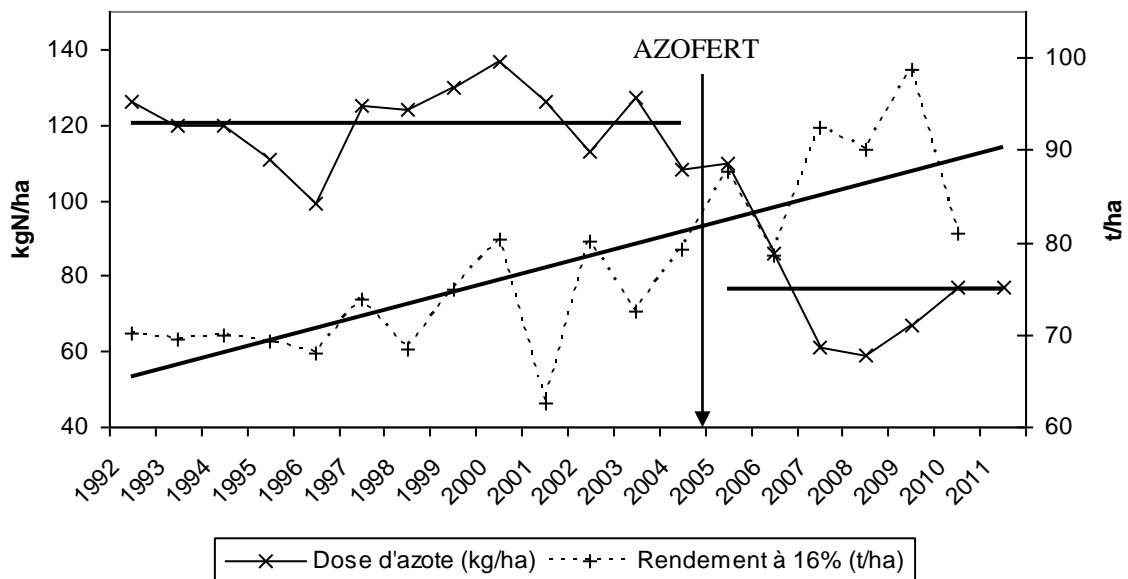


Figure 2 : Evolution comparée des doses d'azote préconisées et des rendements pour les parcelles de betteraves (source : GIE Nord-Est Betterave)

Les enquêtes menées par ailleurs auprès des planteurs montrent que les conseils sont plutôt bien suivis dans la pratique.

Le témoignage et l'expérience d'un agriculteur : Monsieur Jean Collard

Dans l'exemple précis de l'exploitation de M. Collard, une dizaine de parcelles (la moitié de l'exploitation) en betterave, pomme de terre, orge d'hiver, et orge de printemps sont analysées chaque année. La fertilisation azotée des parcelles en blé et colza est gérée respectivement par N-tester et par pesées.

Le coût moyen de ces analyses s'élève à 60 € par parcelle de 3 horizons (incluant prélèvements par quad, analyses et conseil), ce qui, pour une parcelle de 15 ha par exemple, ne représente qu'un coût de 4 € par hectare, somme très faible comparée au coût de la fertilisation azotée.

Tableau 1 : Evolution des doses d'azote et des rendements en betteraves sur l'exploitation de M. Collard

Année de récolte	Dose d'azote (kgN/ha)	Rendement moyen (t/ha)
1990	155	82.6
2000	152	93.0
2009	47*	114.0
2010	74*	93.7

* : avec 3t/ha de vinasses, soit 40 u d'azote utilisable

L'évolution des doses et rendements en betterave viennent confirmer les chiffres moyens du département (Tableau 1).

Par contre les doses sur orge de printemps ont évolué plutôt à la hausse mais avec des rendements en augmentation sensible. Cette culture était probablement sous-fertilisée auparavant.

Conclusion

Depuis longtemps déjà les agriculteurs de la Marne s'appuient sur les reliquats azotés pour décider des doses d'azote à appliquer sur nombre de cultures, pour des coûts finalement assez faibles.

L'arrivée d' AzoFert® en 2005, plus précis, prenant mieux en compte la spécificité de chaque parcelle, a permis d'affiner les apports soit à la baisse (Betterave) soit légèrement à la hausse (orge).

Ceci dans l'intérêt de l'agriculteur, avec des rendements confortés, et de l'environnement, avec des doses adaptées aux besoins des plantes, limitant les pertes dans le milieu. Ce dernier point est d'ailleurs largement reconnu par l'administration.

Aujourd'hui, après sept années de conseil, le logiciel AzoFert® est en passe de devenir l'outil principal de préconisation de la fumure azotée partout où les efforts de paramétrage, de validation et de communication décrits dans ce texte ont été réalisés. Les analyses de reliquats azotés sont interprétées ainsi pour plus de 80 000 parcelles, et 16 laboratoires ont choisi de s'équiper de cet OAD. Pour faire adopter sur le terrain un nouvel OAD, il est donc nécessaire de mettre en œuvre un ensemble d'efforts comme cela a été le cas pour la mise en place d'AzoFert® en Picardie et Champagne-Ardenne.

Références bibliographiques

- ¹ Rémy J.C., Marin-Laflèche A., 1974. L'analyse de terre : réalisation d'un programme d'interprétation automatique. *Ann. Agron.*, 1974, 25(4), 607-632.
- ² Hébert J., 1969. La fumure azotée du blé tendre d'hiver. *Bull. Tech. Inf.*, 244, 755-756.
- ³ Rémy J.C., Hébert J., 1977. Le devenir des engrais azoté dans le sol. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 63, 700-710.
- ⁴ Machet J.M., Dubrulle P., Louis P., 1990. Azobil : a computer program for fertilizer N recommendations based on a predictive balance sheet method. *In : Proceeding of the First congress of European Society of Agronomy*, S2-21.
- ⁵ Machet J. M., Dubrulle P., Damay N., Duval R., Recous S., Mary B., Nicolardot B. (2007). Présentation et mise en oeuvre d'Azofert, nouvel outil d'aide à la décision pour le raisonnement de la fertilisation azotée des cultures. *In "8^{èmes} rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre. Fertilisation et analyse de terre : quoi de neuf?" GEMAS-COMIFER*, pp. 4, Blois.
- ⁶ Le Roux C., Damay N., Vérification de la pertinence des conseils de fertilisation azotée à l'aide du logiciel AzoFert®. *In : 9^{ème} rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre*, 26-27 novembre 2009, Blois.