

# N-Pérennes (2013-2016)

*Un outil de raisonnement de la fertilisation azotée en cultures pérennes : application à la vigne et à certains arbres fruitiers*

Azote  
Fertilisation  
Outil d'aide à la décision  
Viticulture  
Arboriculture fruitière

Le projet « N-Pérennes », issu du Réseau Mixte Technologique « Fertilisation & Environnement », visait à mettre au point un prototype d'outil de gestion de la fertilisation azotée pour les plantes pérennes, en se basant sur AzoFert®, un outil d'aide à la décision déjà existant et innovant, utilisé sur les grandes cultures.

## Problématique



Même si leurs besoins sont plus faibles que ceux des grandes cultures, les plantes pérennes ont besoin d'azote pour se développer. A la différence des grandes cultures, les plantes pérennes accumulent des réserves, notamment azotées, pendant leur cycle végétatif dans différents compartiments de la plante et les stockent pendant la phase hivernale dans leurs parties pérennes (tronc, racines...).

La gestion de l'azote est rendue d'autant plus délicate pour ces plantes (vignes, arbres fruitiers) que la notion de qualité du fruit revêt une importance particulière. Il s'agit d'obtenir un développement satisfaisant de la plante en termes de vigueur et de rendement, tout en garantissant la qualité, dépendante de l'objectif de production visé. Or l'équilibre à trouver reste difficile, car il existe une corrélation inverse entre le développement végétatif et la qualité du produit.

## Contribution du projet au programme du RMT Fertilisation & Environnement

Le projet N-Pérennes s'est déroulé de 2013 à 2016. Il s'inscrit dans l'axe 3 du programme d'activité du RMT Fertilisation & Environnement : Développement et amélioration d'outils d'aide à la décision. Il contribue à étendre le champ d'application de l'outil AzoFert®, déjà utilisé sur grandes cultures et cultures légumières de plein champ, aux plantes pérennes.

## Projet soutenu financièrement par :



## Partenaires du projet

**Pilote du projet :** Institut français de la vigne et du vin



**Autres partenaires :**



7 Chambres d'agriculture ont participé au projet : Drôme, Gard, Gironde, Hérault, Saône-et-Loire, Tarn-et-Garonne et Yonne

## La base : l'outil AzoFert®

AzoFert® est basé sur un bilan d'azote minéral complet, constitué de 19 postes comptabilisant l'ensemble des entrées et sorties d'azote du système. AzoFert® calcule la dose totale d'azote à apporter et informe sur le fractionnement des apports pour les cultures concernées (40 cultures annuelles actuellement). La conception informatique permet au logiciel de s'adapter à divers contextes pédoclimatiques et systèmes de cultures propres aux utilisateurs.

## Programmation d'un module plantes pérennes

Un premier cahier des charges de l'outil avait été conçu en amont du projet, dans le cadre du RMT Fertilisation & Environnement, en vue d'étudier la faisabilité d'une adaptation d'AzoFert® aux plantes pérennes. Ce cahier des charges a été analysé, amendé et validé dans le cadre de ce projet, à partir de l'expertise des différents partenaires ainsi que des données bibliographiques. Certains formalismes, particuliers aux plantes pérennes, ont dû être ajoutés.

Ce cahier des charges a permis l'établissement du logigramme et des spécifications puis la programmation proprement dite du module plantes pérennes, à partir des modules déjà existants d'AzoFert®. Une validation a été réalisée sur la base de tests unitaires.

Dans le même temps une interface spécifique a été adaptée, à partir de celle du LDAR de l'Aisne, de façon à pouvoir réaliser les tests de validation de fonctionnement du prototype. Ces tests ont permis de corriger différents problèmes.

## Adaptation du paramétrage aux plantes pérennes

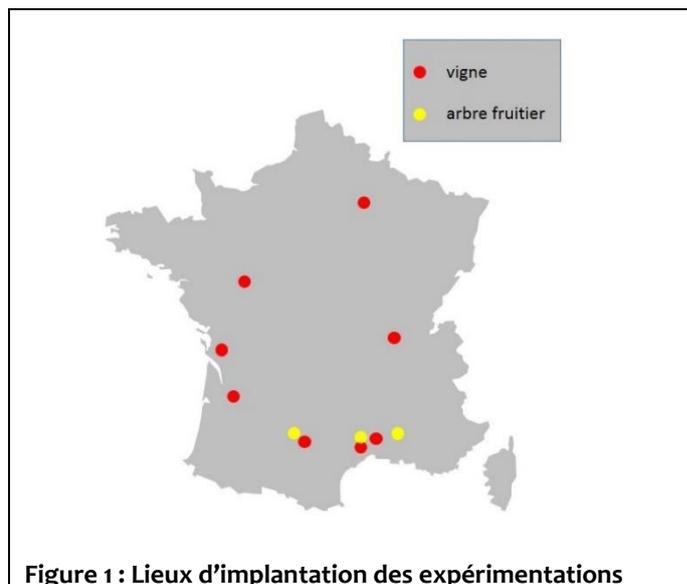
AzoFert® est basé sur l'utilisation d'un certain nombre de paramètres et de données d'entrée. Ces paramètres sont gérés sous forme de tableaux ou de catalogues (sols, climats, cultures, résidus de culture...). Le travail a plus particulièrement porté sur le paramétrage des compartiments constitutifs des plantes pérennes. La connaissance des teneurs en matière sèche et en azote des différents compartiments (tronc, racine, rameau, feuille...), acquises par la bibliographie, permet de calculer les besoins en azote.

Des données concernant les produits organiques utilisés spécifiquement en viticulture ou en arboriculture ont été recensées et synthétisées de façon à alimenter le catalogue « produits organiques ».

## Validation des sorties du prototype

Une base de données a été constituée à partir des données expérimentales disponibles, recensées auprès de chaque partenaire avant le lancement du projet, en vue de disposer d'un maximum de données propres aux expérimentations et nécessaires au fonctionnement du prototype. Elle rassemble les résultats issus des expérimentations (rendement notamment) et les caractéristiques de ces dernières : description des modalités testées, pratiques culturales, caractérisation du type de sol, données climatiques, dates des principaux stades phénologiques...

Chaque expérimentation a ensuite fait l'objet de tests de façon à vérifier les sorties du prototype : cohérence par rapport aux résultats des expérimentations, expertise des expérimentateurs. Les différentes modalités ainsi que les différentes années d'expérimentation ont été testées pour chaque expérimentation disponible et bien renseignée, permettant d'obtenir un champ de validation assez large (Figure 1). Certaines situations ont été éliminées par manque de données initiales (données climatiques, connaissance du sol), et/ou absence de relation apport N-rendement.



Les cas où les sorties du prototype n'étaient pas en accord avec les mesures ont été étudiés et ont souvent donné lieu à des tests sur le choix du type de sol ou des variations des caractéristiques du sol.

La grande majorité des données testées a concerné la viticulture, les données disponibles en arboriculture étant beaucoup plus restreintes.

Par ailleurs, des tests de sensibilité ont également été réalisés en vue de définir les paramètres les plus influents sur les sorties du prototype, spécifiquement dans le cas des plantes pérennes.

## Interface utilisateur et paramétrage

L'interface web a permis de mettre le prototype à disposition des différents partenaires afin d'avoir une plateforme commune de tests (Figure 2).

L'utilisation du prototype a nécessité l'organisation de formations des différents partenaires pour une bonne prise en main. Suite aux retours des utilisateurs-testeurs, des améliorations, liées à l'exploitation de l'outil pour les plantes pérennes, ont été réalisées : libellés plus clairs, correction de quelques bugs. L'interface est maintenant fonctionnelle et ergonomique, même si quelques modifications sont encore à envisager pour l'améliorer. Le fait que l'outil soit encore à l'état de prototype, bloque l'avancée de cette interface : c'est le cas notamment concernant les données climatiques qui, à terme, seront intégrées à l'outil (dans les catalogues).

De façon générale, le manque d'informations et de références quantitatives disponibles sur les cultures pérennes par rapport aux objectifs du projet, a conduit à un travail assez fastidieux de collecte, à partir de sources de données assez disparates. Il en a résulté l'introduction de quelques hypothèses qu'il n'a pas toujours été aisé de tester. Toutefois, le paramétrage concernant les compartiments constitutifs de la vigne, point central de l'estimation des besoins, a été finalisé.

Le choix du type de sol est un élément très important des interprétations du prototype. Il a été nécessaire de faire la liaison entre les différents types de sol existant dans les catalogues d'AzoFert® (sols du Nord de la France) et les sols des expérimentations disponibles. Certains sols restent cependant difficiles à classer dans les types de sol existants (sols caractéristiques de certaines régions, sols plus spécifiques de la vigne).

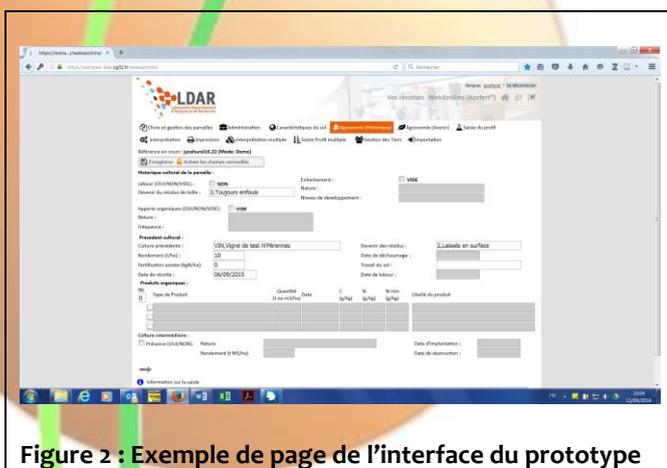


Figure 2 : Exemple de page de l'interface du prototype

L'intégration de fertilisants organiques spécifiques à la vigne n'a pas pu être réalisée, mais les données nécessaires ont été collectées. Le module enherbement n'est pas totalement finalisé, mais le raisonnement sous-jacent a été testé.

## Validation des sorties du prototype

Les tests de sensibilité ont permis de mettre en évidence les paramètres ayant le plus d'impact sur les sorties du prototype. Il s'agit en premier lieu du type de sol, qui peut faire varier l'apport préconisé d'une trentaine de kg/ha. Le taux de cailloux influe sur la minéralisation de l'humus, ainsi que les données climatiques. Les jours normalisés jouent beaucoup sur la minéralisation de l'humus du sol (minéralisation qui peut varier d'un facteur 6). Enfin, Les reliquats azotés à l'ouverture du bilan peuvent entraîner une variation de la dose N d'une vingtaine de kg/ha.

A l'inverse, d'autres paramètres ont peu d'influence sur la préconisation en vigne : la restitution des sarments (maximum : 8 kg/ha), la date de fin de lessivage (suivant que l'on prenne le stade 5-6 feuilles ou la date de début de floraison).

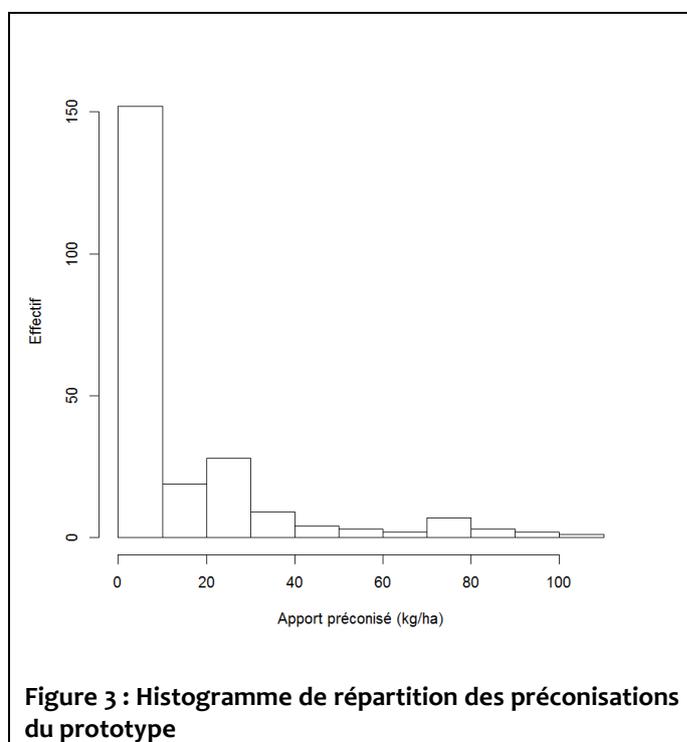


Figure 3 : Histogramme de répartition des préconisations du prototype

La comparaison des préconisations du prototype aux résultats des expérimentations donne des résultats mitigés. On constate que les préconisations sont correctes dans 45 % des cas ou dans 50 % quand les écarts entre la préconisation et les apports réels sont faibles (moins de 10 kg N/ha). Le cas où le prototype préconise un apport alors qu'il n'y en a pas besoin n'est pas négligeable (35 %). Le cas inverse où le prototype ne préconise pas d'apport alors qu'un apport est nécessaire dans la situation est plus rare (8 %). Il en va de même quand un apport trop faible ou trop fort est préconisé (8 %).

Le prototype ne préconise souvent aucun apport (42 % des cas – Figure 3) mais la plupart du temps à bon escient (82 % des cas).

# Bilan et perspectives

Comme cela avait été prévu dès le début du projet, l'outil conçu est à l'état de prototype. L'interface est déjà bien développée, même si certaines améliorations restent à faire.

Au niveau du paramétrage, il est possible en général de faire correspondre les sols des plantes pérennes aux sols définis préalablement dans l'outil AzoFert®. Toutefois certains types de sol spécifiques demandent à être intégrés dans l'outil. Cela nécessite une connaissance approfondie de ces sols, avec une caractérisation et la collecte de données qui ne sont pas habituellement acquises en expérimentation classique.

Les produits organiques spécifiques des plantes pérennes, déjà caractérisés, seront également à intégrer à l'outil, de même que d'autres produits à ajouter. Il conviendrait également de réaliser une typologie de ces produits, de façon à pouvoir regrouper les produits ayant des fonctionnements identiques en termes de cinétique de minéralisation de l'azote.

Un module « enherbement » fonctionnel reste à intégrer à l'outil, et le module « cultures intercalaires » devra être adapté au cas des plantes pérennes.

Au niveau de la validation, un travail reste à faire pour comprendre les situations dans lesquelles des différences apparaissent entre les doses préconisées par le prototype et la réalité expérimentale. Il conviendra également de valider l'outil sur un plus grand nombre de situations par des expérimentations de terrain, en particulier en arboriculture. L'utilisation de données climatiques moyennes sera également à tester de façon à valider l'outil en conditions réelles (non-connaissance des données climatiques de l'année à venir).

Etant donné l'importance du reliquat à l'ouverture du bilan, il conviendra de trancher sur l'intérêt de réaliser des analyses dans le cas de parcelles où ces reliquats peuvent être élevés. Les données climatiques de l'hiver précédent seront alors à prendre en considération.

Au final, les résultats obtenus avec le prototype N-Pérennes sont encourageants comparativement à des préconisations empiriques. Pour que le prototype devienne un outil opérationnel, il restera à réaliser à la fois du travail de programmation et de paramétrage, et une validation plus complète.

## Pour aller plus loin...

- \* Cahurel J.Y. et al. (2015). Conception et mise au point d'un outil de raisonnement de la fertilisation azotée en cultures pérennes. 12<sup>èmes</sup> Rencontres Comifer-Gemas, Lyon, 18-19 novembre 2015.
- \* Machet J.-M., Dubrulle P., Damay N., Duval R., Recous S., Mary B., Nicolardot B. (2007). Présentation et mise en œuvre d'AzoFert®, nouvel outil d'aide à la décision pour le raisonnement de la fertilisation azotée des cultures. 8<sup>èmes</sup> rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre GEMAS-COMIFER, Blois, 20-21 novembre 2007.
- \* Nesme T., Brisson N., Lescourret F., Bellon S., Créte X., Plénet D., Habib R. (2006). Epistix : a dynamic model to generate nitrogen fertilisation and irrigation schedules in apple orchards, with special attention to qualitative evaluation of the model. *Agric. Syst.* 90 : 202-225.
- \* Van Leeuwen C., Friant P. (2011). Les méthodes d'estimation de l'alimentation azotée de la vigne et des raisins au vignoble : état de l'art. *Colloque IFV Sud-Ouest "L'azote : un élément clé en viticulture et en œnologie"*, Toulouse, 8 décembre 2011, p. 18-23.

## Pour citer ce document :

Cahurel, JY, Bidaut F, Bonnisseau M, Christen M, Créte X, Damay N, Delpuech X, Dubrulle P, Dumot V, Garcia O, Genevet B, Gontier L, Goutouly JP, Guilbault P, Heurtaux M, Larrieu JF, Le Roux C, Machet JM, Méjean I, Metay A, Morvan G, Plénet D, Trambouze W (2016). *N-Pérennes, un outil de raisonnement de la fertilisation azotée en cultures pérennes : application à la vigne et à certains arbres fruitiers*, Projet CASDAR. Série Les 4 pages du RMT Fertilisation et Environnement

## Plus d'informations sur le RMT Fertilisation & Environnement :

<http://www.rmt-fertilisationetenvironnement.org/>

## Contacts :

IFV : Jean-Yves Cahurel, chef de projet  
jean-yves.cahurel@vignevin.com  
RMT F&E : Mathilde Heurtaux, animatrice  
mathilde.heurtaux@acta.asso.fr