

Colloque de restitution du projet N-Pérennes Mardi 18 octobre 2016 à Paris

Azote et fonctionnement du sol

Jean-Marie Machet¹, Nathalie Damay², Caroline Le Roux²

(1) INRA Unité AgroImpact, 180 rue Pierre-Gilles de Gennes, 02000 Barenton-Bugny

(2) LDAR, 180 rue Pierre-Gilles de Gennes, Barenton-Bugny, 02007 Laon Cedex

Contact : ndamay@aisne.fr

Dans le sol, l'azote est majoritairement présent sous forme de matières organiques, c'est à dire de composés carbonés issus de la décomposition d'être vivants animaux ou végétaux. Les sols contiennent 2 à 10 tonnes d'azote par hectare, essentiellement sous forme organique située dans la couche labourée comprise entre 0 et 25/30 cm de profondeur. Dans le sol, l'azote minéral est présent sous trois formes : l'ion ammonium (NH_4^+), l'ion nitrite (NO_2^-) et l'ion nitrate (NO_3^-). La forme nitrique, qui provient de la nitrification de l'ammonium, est prépondérante dans les sols cultivés. En dehors des périodes consécutives aux apports d'azote par les engrais et amendements organiques, l'azote minéral présent dans le sol ne représente généralement que quelques dizaines de kg par hectare. A l'exception des légumineuses qui bénéficient de la fixation symbiotique, les plantes absorbent l'azote principalement sous forme minérale, aussi bien nitrique (NO_3^-) qu'ammoniacale (NH_4^+). Toutefois, la prédominance du nitrate au cours de l'année conduit les plantes à absorber l'essentiel de leur azote sous cette forme.

Le cycle de l'azote dans une parcelle cultivée peut être représenté par les flux qui alimentent le stock d'azote minéral dans le sol (essentiellement la minéralisation de l'humus, de la biomasse microbienne, des résidus de culture et des produits résiduels organiques, ainsi que l'apport d'azote minéral des engrais) et les flux qui contribuent à le diminuer (l'exportation par les récoltes, l'organisation de l'azote minéral, les pertes par volatilisation de l'azote ammoniacal, les pertes gazeuses au cours des processus biologiques de dénitrification et de nitrification, les pertes par lixiviation de l'azote nitrique).

Certains de ces processus se déroulent tout au long de l'année avec une intensité variable (minéralisation, organisation...), d'autres sont limités à certaines périodes de l'année ou correspondent à des interventions culturales ou à certaines conditions climatiques (volatilisation, lixiviation...). Les processus qui déterminent la disponibilité de l'azote minéral dans le sol sont pour la plupart sous le contrôle de la biomasse microbienne. L'activité de celle-ci dépend fortement des conditions du milieu sol (oxygène, température, humidité du sol). La prise en compte de ces facteurs (particulièrement la température et l'humidité du sol) est donc primordiale pour estimer les flux d'azote qui résultent de l'activité microbienne. D'autres processus qui conditionnent les pertes par volatilisation ou par lixiviation sont sous la dépendance de facteurs pédoclimatiques. Il faut également ajouter d'autres flux tels que i) la fixation symbiotique et la fixation libre de diazote N_2 , ii) les apports atmosphériques par voie sèche ou humide qui constituent des entrées d'azote organique ou minéral dans le sol.

La minéralisation de la matière organique du sol conduit à la production d'azote ammoniacal, puis d'azote nitrique. On parle de minéralisation brute. Selon la teneur en azote de la matière organique décomposée (rapport C/N), tout ou partie de cet azote est consommé par les microorganismes. On parle d'organisation brute. La résultante de ces 2 processus concurrents peut conduire soit à une accumulation d'azote minéral dans le sol, on parle alors de minéralisation nette (cas des matières organiques à rapport C/N bas comme l'humus), soit à une diminution du stock d'azote minéral dans le sol, on parle alors d'organisation nette (cas des matières organiques à rapport C/N élevé comme des pailles de céréales).

Les facteurs agissant sur la fourniture d'azote par le sol sont la disponibilité en carbone et en azote, les facteurs abiotiques et les pratiques culturales. La fourniture d'azote par le sol peut être estimée en conditions de champ, par des tests de laboratoire et des modèles de prévision de l'évolution du carbone et de l'azote.

Les connaissances acquises sur la dynamique de l'azote ont conduit à améliorer la méthode du bilan prévisionnel et à l'élaboration d'outils d'aide à la décision.

Colloque de restitution du projet N-Pérennes Mardi 18 octobre 2016 à Paris

Azote et physiologie de la vigne

Jean-Pascal Goutouly,

(1) INRA, UMR EGFV, Institut des Sciences de la Vigne et du Vin, 210 Chemin de Leysotte CS 50008, 33882 Villenave d'Ornon cedex
Contact : jean-pascal.goutouly@bordeaux.inra.fr

Enjeux et objectifs

La vigne est une plante pérenne conduite non pas à son maximum de production mais à un optimum, obtenu par instauration de stress modérés, notamment en eau et en azote. Ce recours à l'instauration de stress rend difficile un pilotage fin de la fertilisation, pilotage qui doit viser deux objectifs : a) prévenir des discordances entre valeurs de prélèvement d'azote par la plante et valeurs du flux d'azote disponible dans le sol, afin d'assurer un déroulement satisfaisant des différentes phases du cycle annuel, b) assurer un équilibre physiologique garant à la fois d'une production régulière de qualité et de la pérennité du cep de vigne. Pour cela, ce raisonnement de la fertilisation doit être conduit sur deux échelles de temps : a) celle sur l'année en cours pour assurer la production de fruits et de charpente végétative, qui dépend à la fois de l'état des réserves carbonées et azotées de l'année précédente (« n-1 »), et de la fertilisation de l'année « n » et « n-1 », b) celle sur la vie du cep (pérennité) pour assurer le maintien d'un équilibre de l'ensemble de la charpente ligneuse au rôle de soutien et de réserves de nutriments pendant de nombreuses années.

Quelques spécificités de la physiologie de la vigne, plante pérenne

La vigne est une plante pérenne qui, comme toutes les pérennes, démarre son cycle végétatif en utilisant ses réserves carbonées et azotées essentiellement localisées dans les racines et le tronc. Par contre l'absorption d'azote (nitrate) est un processus actif qui nécessite de l'énergie néo-formée, non issue des réserves. Jusqu'à 25 % de l'énergie issue de la photosynthèse peut être consacrée à la fonction d'absorption. La capacité des racines à assimiler l'azote est donc tributaire de la translocation des glucides néo-formés vers les racines. Cette translocation n'a lieu que lorsqu'il y a suffisamment de surface foliaire installée, qui exporte les premiers glucides néo-formés et du pouvoir réducteur. La reprise de l'absorption se situe généralement autour du stade « 3-5 feuilles étalées ». Par ailleurs, l'élaboration du rendement se déroule sur deux années : les grappes qui vont croître l'année « n » résultent d'inflorescences dont les *primordia* floraux ont été initiés l'année précédente (« n-1 »), sur une période s'étalant de deux à trois semaines avant la floraison « n-1 » jusqu'à la mise en dormance des bourgeons aux alentours de la véraison « n-1 », suivie du débourrement au printemps puis de la poursuite du développement de ces *primordia* à la floraison « n ». À cette complexité s'en ajoute une autre, et pas des moindres, celle de la gestion de deux génomes en interaction, celui du cépage et celui du porte-greffe (deux espèces différentes), avec de multiples combinaisons greffon/porte-greffe, induisant des demandes de croissances et de développements variables, que l'on souhaite adaptés aux conditions de sols et de climats.

Conclusions et perspectives : spécificités de la fertilisation de la vigne

Pour être efficace, au printemps, la fertilisation doit assurer une fourniture azotée à partir stade « 3-5 feuilles étalées ». Plus en amont, la plante n'a pas les capacités énergétiques de prélever cet azote et les risques des pertes par lessivage sont élevés. Toute fertilisation minérale à des stades plus précoces se révèle donc quasi inopérante. La fertilisation doit être modulée en fonction du climat de l'année et des types de sols. En années ou zones tardives, en sol filtrant, l'apport (minéral ou organique) peut être retardé, alors qu'en années ou zones plus précoces, sous des climats secs ou sur sol peu filtrant, il peut être avancé. La disponibilité en azote dans le sol dépend de nombreuses transformations non biologiques (lessivage, volatilisation...) ou biologiques (action des microorganismes du sol sur les différentes matières organiques du sol). Ces mécanismes sont aussi dépendants de diverses composantes physiques du sol, auxquelles on peut joindre selon les possibilités, l'usage de l'irrigation. Dans un système de culture à bas niveaux d'intrants comme la vigne, l'adaptation à la vigne de l'outil AzoFert[®] est un progrès indéniable, qui en fait un outil précieux d'aide à la décision pour évaluer la fourniture en azote par le sol et ajuster en conséquence les modes de conduite.

Colloque de restitution du projet N-Pérennes Mardi 18 octobre 2016 à Paris

Dynamique d'accumulation de matière sèche et d'azote dans les vergers

Daniel Plénet¹, Constance Demestihis^{1,2}, Marie Chareyron³, Claude Bussi⁴, Sylvaine Simon⁴

(1) INRA, UR1115 Plantes et Systèmes de culture Horticoles, Domaine St Paul, Site Agroparc, 84914 Avignon, France

(2) CTIFL Centre de Saint Rémy-de-Provence, Route de Mollégès, 13210 Saint-Rémy de Provence

(3) La Pugère, Station d'expérimentation régionale, Chemin de la Barque de Malespine, 13370 Mallemort

(4) INRA, UE 0695 UERI, Domaine de Gotheron, 26320, Saint-Marcel-lès-Valence

Contact : daniel.plenet@inra.fr

Contexte, enjeux et objectifs

En arboriculture fruitière, le raisonnement de la fertilisation azotée est essentiellement basé sur l'exportation par les fruits et un besoin en azote des autres compartiments de l'arbre (système racinaire, tronc, branches fruitières, feuilles) estimé arbitrairement à partir de références assez anciennes (Soing, 1999). Ceci ne permet pas d'intégrer les effets de nouveaux modes de conduite des vergers (densité x variété-porte-greffe x formes fruitières) et de nouvelles techniques (ferti-irrigation...) qui peuvent fortement influencer les cinétiques de prélèvement d'azote.

Notre objectif est de quantifier les dynamiques de production de matière sèche et de prélèvement d'azote dans les différents compartiments des parties aériennes du pommier dans des systèmes de culture fortement différenciés par le mode de conduite, le niveau d'intrants et le potentiel de production. Ces données doivent permettre de paramétrer ou de valider des modèles comme AZOFERT ou STICS.

Matériel et méthode

L'étude a été réalisée en 2014 et 2015 dans deux dispositifs « expérimentation systèmes de culture » plantés en 2005 à l'Inra Gotheron (Drôme) et en 2010 à la station d'expérimentation La Pugère (Bouches-du-Rhône). Dans chaque site, 3 systèmes ont été étudiés car leur âge et leur gestion technique sont susceptibles de créer des gradients de production de biomasse et de prélèvements d'azote : (i) un système de référence (REF) qui est conduit selon les pratiques régionales, (ii) un système économe en intrants (surtout en produits phytopharmaceutiques mais aussi en azote et irrigation sur un site) et (iii) un système conduit en agriculture biologique (Bio) ou en très bas niveau d'intrants, cultivé avec une variété résistante à la tavelure (EcoRT). La variété cultivée est de type Golden. Les densités de plantation varient entre 800 et 2000 arbres/ha selon les sites/systèmes. Des suivis de croissance et des prélèvements de feuilles et fruits ont été réalisés en 2014 et 2015 tous les 14 à 20 jours pour quantifier les dynamiques d'accumulation de matière sèche et d'azote dans ces compartiments. Des défoliations complètes (tous les sites) et des arrachages d'arbre (1 site) ont été réalisés pour quantifier la biomasse foliaire maximale ou la biomasse des compartiments structurels des arbres.

Résultats obtenus

Pour des rendements en fruits frais variant entre 13,3 à 71,0 t/ha selon les systèmes et les conditions d'alternance, les quantités de matière sèche (MS) et d'azote accumulées dans les compartiments fruits, feuilles et tiges des pousses de l'année variaient entre 3,2 et 18,7 t MS/ha et 29,6 à 107,1 kg N/ha, la moyenne des systèmes REF étant de 12,0 t MS/ha et 81,7 kg N/ha. Les pourcentages d'allocation entre les différents compartiments sont assez stables : les fruits représentent 54 à 85 % de la MS des parties annuelles (74 % sur REF) et l'azote est principalement localisé dans les feuilles et tiges de l'année (49 à 82 % selon les systèmes et 62 % sur REF). Les cinétiques de matière sèche et d'azote établies permettent de déterminer des relations entre l'accumulation de MS et d'azote (courbes de dilution). Les quantités stockées annuellement dans les compartiments structurels (branches fruitières et tronc) étaient de 2,8 t MS/ha et de 13,8 kg N/ha sur le système REF dans un des sites. Les évaluations sont en cours sur les autres dispositifs.

Conclusions et perspectives

Les cinétiques observées sur les systèmes de référence (pratiques actuelles) sont conformes à ceux de Cheng et Raba (2009) observées sur des pommiers cultivés en pot. Les quantités accumulées de matière sèche et d'azote dans les systèmes économes en intrants (Eco et/ou Bio) sont globalement plus faibles que dans le système de référence en fonction des densités de plantation, des pratiques de fertilisation ou de l'alternance. Ces résultats ont servi à paramétrer le modèle STICS pour simuler les dynamiques de MS et N dans les différents compartiments du verger dans le cadre d'une bourse CIFRE Ctifl-Inra sur les services écosystémiques en vergers. Les données vont aussi permettre d'analyser les estimations réalisées par le logiciel AzoFert® développé dans le cadre du projet Casdar N-Pérennes.

Colloque de restitution du projet N-Pérennes Mardi 18 octobre 2016 à Paris

Outils disponibles pour le raisonnement de la fertilisation azotée en viticulture

Metay Aurélie¹, Christophe Angélique²

(1) Montpellier SupAgro, UMR System, bat 27, 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2, France

(2) INRA, UMR 759 LEPSE, bat 7, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 2, France.

Contact : aurelie.metay@supagro.fr

Contexte, enjeux et objectifs

Les besoins en azote de la vigne peuvent être satisfaits par un pilotage fin du vignoble, sans recours systématique aux fertilisants, en tenant compte notamment de la fourniture d'azote minéral par la minéralisation de la matière organique du sol. Ainsi, d'après l'enquête Pratiques culturales Agreste 2010, seules 38 % des vignes françaises sont fertilisées, avec un apport moyen de 35 kg N ha⁻¹. En viticulture, il existe aujourd'hui peu d'outils d'aide à la décision de la fertilisation azotée. Les méthodes les plus utilisées reposent soit sur un diagnostic de l'état de nutrition azotée de la vigne (diagnostic foliaire ou pétiolaire (souvent à véraison), observation visuelle de symptômes de carence, dosage de l'azote des moûts) soit sur un diagnostic de la capacité du sol à fournir de l'azote minéral à la vigne (analyse de sol pour l'azote organique ou la mesure du reliquat d'azote minéral en début de cycle) (IFV).

Analyse comparée des différents outils de raisonnement de la fertilisation azotée

Nous proposons une revue des avantages et inconvénients de ces outils (tableau 1).

Tableau 1 : Analyse comparée des différents outils de raisonnement de la fertilisation azotée

Outil et variable associée	Principe	Avantages	Inconvénients
<u>Symptôme de carence</u> Couleur	Observer la couleur	Facile	Nécessite d'avoir des références pour l'interprétation ; non spécifique à la carence azotée
<u>Analyse de sol</u> Teneur en N organique dans le sol	Estimer la qualité chimique d'un sol et la fourniture potentielle par minéralisation	Facile d'accès et peu coûteuse – stable dans le temps Permet de définir une stratégie de fertilisation annuelle	Difficile d'avoir un ajustement tactique de la fertilisation annuelle
Teneur en N minéral (NO ₃ ⁻ et NH ₄ ⁺)	Estimer les reliquats d'azote minéral (au débourement par exemple)	Permet d'ajuster la fertilisation de l'année	Très variable
<u>Analyse foliaire</u> Teneur en N, par g de feuille	Doser l'azote contenu dans la feuille ou le limbe	Fréquent, des références existent pour différents cépages Peu coûteux	Destructif Difficile à interpréter en décision de fertilisation
<u>N Tester/ SPAD®</u> Indice chlorophyllien en unités N-tester ou SPAD	Mesurer de l'indice chlorophyllien d'une feuille	Pratique, léger, répétable, rapide, non destructif	Investissement coûteux Nécessite des courbes de calibration en teneur en N des feuilles pour être interprété en termes de fertilisation ; non spécifique
<u>Dualex®</u> Multiplex® (Nitrogen Balance Index) = rapport entre chlorophylle surfacique et flavonol	Mesurer le contenu en chlorophylle et le statut azoté ainsi que deux indices liés aux flavonols et aux anthocyanes de la feuille		
<u>Analyse du moût</u> g N/L solution	Doser l'azote ammoniacal, l'azote assimilable ou l'azote total dans le moût	Indicateur utile de la fermentescibilité des moûts Utile pour le travail à la cave	Le lien à la nutrition azotée de la vigne n'est pas toujours établi. Difficulté à interpréter en stratégie de fertilisation

L'utilisation de ces outils sur un dispositif en pots avec fourniture en azote contrôlé (0 g, 1,2 g, 2,4 g, 12 g N/ plante à l'échelle du cycle, Metay *et al.*, 2015) a permis d'apprécier leur sensibilité à la carence azotée et les conditions de leur utilisation optimale au champ. L'utilisation du Multiplex® sur le feuillage a permis de montrer que l'indice SFR qui permet d'estimer la teneur en azote assimilable dans les moûts (FORCE-A, 2011) est corrélé linéairement et positivement à la teneur en azote assimilable des moûts. Toutefois, cet indicateur est tardif et d'après les résultats de l'essai, seul le traitement 12N serait non carencé (concentration en azote assimilable dans le moût supérieur à 150 mg/L avec une erreur à 18 %). Cet indicateur apparaît dans cette expérience moins sensible que le SPAD® à la carence azotée. L'indice Multiplex NBI diminue avec la disponibilité en azote. Dans le cas de notre expérience, il ne distingue clairement que le traitement surfertilisé. Si ces indicateurs peuvent détecter des carences, encore faut-il être capable de les interpréter en termes de décision de fertilisation et déterminer en particulier quelle dose apporter.

Colloque de restitution du projet N-Pérennes Mardi 18 octobre 2016 à Paris

Présentation d'AzoFert® et méthode du bilan

Nathalie Damay¹, Jean-Marie Machet², Caroline Le Roux¹

(1) LDAR, 180 rue Pierre-Gilles de Gennes, Barenton-Bugny, 02007 Laon Cedex

(2) INRA Unité AgroImpact, 180 rue Pierre-Gilles de Gennes, 02000 Barenton-Bugny

Contact : ndamay@aisne.fr et cleroux@aisne.fr

Méthode du bilan

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 raisonnées 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 1969 puis par Rémy et Hébert en 1977. Progressivement il s'est imposé dans de nombreuses régions comme la méthode de raisonnement de la fertilisation azotée des cultures.

Sous l'impulsion de JM Machet, ce principe a d'abord été formalisé par le logiciel Azobil qui a été largement utilisé (et l'est encore) dans les régions agricoles du nord de la France. Azobil permettait le calcul d'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'entre eux, des données forfaitaires de fournitures ou de consommations d'azote. Ce bilan est établi à la parcelle à partir d'une mesure du reliquat d'azote minéral à l'ouverture du bilan et d'une fiche de renseignements.

AzoFert®

En utilisant pour une parcelle un ensemble de données (mesure du reliquat par le laboratoire d'analyses, fiche de renseignements parcellaires, données climatiques et catalogue de paramètres), le logiciel va déterminer une dose d'azote minéral conseillée à partir de laquelle l'agriculteur pourra décider de sa fertilisation.

Différents aspects agronomiques ont été intégrés dans l'outil AzoFert® (Machet *et al.*, 2007). Basé sur un bilan prévisionnel d'azote minéral complet, il simule au cours du temps, la fourniture d'azote par le sol et les différentes sources organiques (résidus de la culture précédente, résidus de cultures intermédiaires, produits organiques exogènes divers). Le concept de « jours normalisés » est utilisé pour intégrer, par décade, les variations de température et d'humidité (Machet *et al.*, 2008). Le modèle calcule *a posteriori*, de la récolte du précédent jusqu'à l'ouverture du bilan, l'évolution des différents compartiments organiques du sol et ce, en utilisant le climat réel de l'année. Après l'ouverture du bilan, le modèle simule *a priori*, l'évolution de ces compartiments en utilisant un climat moyen (10 dernières années) et en déduit l'apport d'engrais nécessaire pour satisfaire les besoins.

Les expérimentations de fertilisation, utilisant l'isotope ¹⁵N sur différentes cultures dans le climat tempéré du Nord-Ouest de l'Europe, ont montré que l'organisation de l'azote par la microflore hétérotrophe du sol et les pertes gazeuses sont en compétition avec l'absorption par la plante pour l'azote de l'engrais (Recous *et al.*, 1997). Ces processus affectent la disponibilité de l'azote des engrais minéraux, et sont intégrés dans AzoFert®. Pour les pertes gazeuses, seule la volatilisation d'ammoniac est considérée et estimée par un modèle simple prenant en compte des caractéristiques du sol, la forme de l'engrais, le mode d'apport et le développement de la culture à la date d'apport de l'engrais.

L'approche dynamique permet en outre de montrer l'importance de la date d'apport, de la quantité et de la composition du PRO. En fonction de ces facteurs, la cinétique permet de déterminer la quantité d'azote à prendre en compte pour la culture ou rejoignant le pool d'azote minéral du sol. Cette quantité peut être très variable.

Intérêt du modèle AzoFert® pour le projet N-Pérennes

Grâce à la prise en compte dynamique des principaux facteurs d'évolution de l'azote minéral dans le sol et de certains impacts environnementaux, ce modèle permet d'envisager un domaine d'application très étendu, avec une amélioration des pratiques de fertilisation minérale et organique, dans différents contextes pédoclimatiques.

Colloque de restitution du projet N-Pérennes Mardi 18 octobre 2016 à Paris

Adaptation d'AzoFert® aux plantes pérennes

Caroline Le Roux¹, Nathalie Damay¹, Jean-Marie Machet²

(1) LDAR, 180 rue Pierre-Gilles de Gennes, Barenton-Bugny, 02007 Laon Cedex

(2) INRA Unité AgroImpact, 180 rue Pierre-Gilles de Gennes, 02000 Barenton-Bugny

Contact : cleroux@aisne.fr

Pas ou peu d'outils sont utilisés en pratique pour gérer la fertilisation azotée en viticulture et arboriculture et les méthodes utilisées restent empiriques. Il apparaît nécessaire de disposer d'un outil d'aide à la décision pour gérer la fertilisation azotée des plantes pérennes. Les études et réflexions préalables, menées dans le cadre du RMT Fertilisation et Environnement, ont montré la réelle possibilité d'adapter aux plantes pérennes l'outil AzoFert®, utilisé pour les grandes cultures.

Volet 1 : Adaptation et programmation d'un module plantes pérennes

Ce volet concerne i) l'adaptation des formalismes d'AzoFert® à la vigne et aux arbres fruitiers pommiers et pêcheurs et ii) la mise sous forme informatique pour obtenir un prototype opérationnel dans un premier temps. Le cahier des charges établi en amont (dans le cadre du RMT Fertilisation et Environnement) et portant sur les spécifications, a été analysé, discuté et validé par les partenaires du projet. Les spécifications majeures portent sur :

- * la période du bilan qui diffère selon les espèces (du débourrement à la récolte pour la vigne et de la floraison au jaunissement des feuilles pour les arbres fruitiers)
- * la détermination des besoins en azote intégrant différents compartiments comme la production fruitière, la production de feuilles et de « bois de l'année »...
- * la vigne et/ou le verger sont constitués par des rangées de ceps et/ou d'arbres, implantées sur un sol nu ou avec la présence d'un enherbement entre les rangées. Il en résulte des modifications sur les fournitures du sol en azote (en particulier dans l'espace).

Dans le cadre du projet, l'interface de saisie des données d'entrée du LDAR a été adaptée pour permettre la saisie des données spécifiques aux cultures pérennes, et la réalisation des tests du prototype par les différents partenaires.

Volet 2 : Adaptation du paramétrage aux cultures pérennes

Le prototype adapté d'AzoFert® pour les cultures pérennes comprend le moteur de calcul alimenté par un domaine de paramétrage et des données d'entrée fournies par les partenaires. Les paramètres sont gérés sous forme de tableaux et de différents catalogues (sols, cultures, produits organiques, résidus de culture,...). Les catalogues contiennent également des valeurs par défaut pour certaines variables pour pallier le manque éventuel d'information en entrée. En liaison avec le volet 1, des paramètres spécifiques aux plantes pérennes ont été intégrés à différents niveaux :

- * **le sol** : le paramétrage a porté uniquement sur les expérimentations utilisées pour la validation.
- * **le climat** : les données météorologiques fournies par les partenaires ont été intégrées pour rendre compte de la variabilité climatique des situations.
- * **la détermination des besoins en azote** a nécessité l'acquisition de données sur la répartition de la matière sèche et sur la teneur en azote des différents compartiments constitutifs de la vigne et des arbres fruitiers.
- * **les produits organiques** : la plupart des produits utilisés en agriculture sont déjà renseignés dans l'outil. Il faut toutefois compléter le paramétrage de produits spécifiques (humus du commerce, marc de raisins...).

Les données pour le paramétrage ont été recensées auprès des partenaires, conjointement au recensement des données expérimentales nécessaires au test du prototype en conditions réelles.