

Appel à projets

ITA Pilote : IFV

Recherche finalisée et innovation

Date de début de projet: 1^{er} novembre 2012
Durée (36 mois maximum) : 36 mois

2012

Thème de l'appel à projets : 2

Projet présenté par une UMT OUI NON

Montant total des dépenses (en €) : 552 144 €

Montant de la subvention demandée (en €) : 299

663 €

IMPERATIF : le dossier doit compter au maximum 25 pages et 5 pages d'annexe, sans photo, et être adressé en format Word (sauf les documents signés, qui doivent être en pdf).
La taille de l'ensemble des fichiers ne doit pas dépasser 3 Millions d'octets

TITRE :

N-Pérennes : Conception et mise au point d'un outil de raisonnement de la fertilisation azotée en cultures pérennes. Application à la vigne et à certains arbres fruitiers.

Mots clés :

Azote, fertilisation, outil d'aide à la décision, vigne, arbres fruitiers

ITA Pilote : IFV

RESPONSABLE¹: Jean-Pierre Van Ruyskenvelde

Nom : Institut Français de la vigne et du Vin

Adresse : Domaine de l'Espiguette - 30240 Le Grau du Roi

Téléphone/fax : 04 66 80 00 20/ 04 66 51 59 28

Mail (où sera adressée la liste des lauréats) : jean-yves.cahurel@vignevin.com

CHEF DU PROJET :

Le CV du chef de projet est à fournir en annexe

Nom, Prénom : CAHUREL Jean-Yves

Organisme employeur : IFV

Fonction : responsable expérimentations viticoles

Adresse : 210 Boulevard Vermorel – BP 320 – 69661 Villefranche sur Saône Cedex

Téléphone/fax : 04 74 06 43 43 / 04 74 02 22 49

Mail : jean-yves.cahurel@vignevin.com

PARTENAIRES, y compris le pilote

- **partenaires techniques impliqués dans la réalisation du projet (destinataires de financements CAS DAR, avec lettre d'engagement)** : ACTA, IFV, INRA (Avignon, Laon), BNIC (Bureau National Interprofessionnel du Cognac), Chambres d'agriculture (26, 30, 33, 34, 71, 82, 89), LDAR, CEHM (Centre Expérimental Horticole de Marsillargues)
- **autres partenaires techniques (hors financements CAS DAR)**: INRA Bordeaux, INRA Montpellier, CIVC (Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne)
- **partenaires associés au comité de pilotage du projet** : MAAP, COMIFER, CTIFL, représentant du RMT Fertilisation et Environnement
- **partenaires financiers** : Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche

¹ Nom et prénom de la personne ayant qualité pour engager l'organisme demandeur

EXPERTS CONNUS SUR LE SUJET²

Sylvie Recous (INRA Reims)

Kees Van Leeuwen (ENITA Bordeaux)

Thomas Nesme (ENITA Bordeaux)

Robert Habib (CIRAD/INRA Montpellier)

Pièces à joindre au dossier :

- CV du chef de projet (sans photo)
- Lettres d'engagement des partenaires (une lettre de chacun des partenaires précisant notamment la participation financière prévue)
- Attestation d'affiliation de l'UMT

² Ne doivent en aucun cas faire partie de l'équipe de recherche

RESUME (1 page maximum)

1. Situation du sujet

Même si leurs besoins sont plus faibles que ceux des grandes cultures, les plantes pérennes nécessitent de l'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. Ainsi un excès d'azote est préjudiciable sur le plan qualitatif (mauvaise maturité) et peut sensibiliser les plantes à certains bioagresseurs. A l'opposé, une carence aura un effet négatif à la fois sur le plan qualitatif (fermentescibilité des goûts, arômes des vins) et sur le plan quantitatif (baisse de rendement non viable économiquement). Ces problèmes de carence sont relativement récents et plus particulièrement liés au développement de nouvelles méthodes d'entretien du sol (remplacement du désherbage chimique sur toute la surface par l'enherbement des inter-rangs).

Les outils existant actuellement et permettant d'avoir une connaissance du statut azoté de la plante pérenne ne sont pas systématiquement utilisés. Ils restent très dépendants des conditions du milieu (climat, sol), de culture (cépage, porte-greffe) et du millésime. Ils ne se suffisent donc pas à eux-mêmes pour aboutir à un diagnostic et un conseil en termes de fertilisation à apporter. D'autre part, ils n'ont pas un caractère générique suffisant pour être utilisés hors du domaine sur lequel ils ont été expérimentés.

2. Objectifs du projet

Ce projet, né du RMT Fertilisation et Environnement, vise à mettre au point un prototype d'outil de gestion de la fertilisation azotée pour les plantes pérennes, en se basant sur un outil déjà existant et innovant, utilisé sur les grandes cultures (AzoFert®). L'accent est mis sur le fait que le projet doit aboutir à un prototype à caractère générique et non spécifique d'une région.

3. Programme de travail

Le programme de travail est structuré en 4 volets complémentaires, organisés autour de l'adaptation d'AzoFert® au cas des plantes pérennes.

- Volet 1 : Programmation d'un module plantes pérennes. Après une phase d'analyse du cahier des charges et du logigramme associé, il s'agit de vérifier la faisabilité conceptuelle et technique d'un prototype d'AzoFert® intégrant aussi bien les cultures annuelles que les plantes pérennes.
- Volet 2 : Adaptation du paramétrage aux cultures pérennes. Il s'agit de modifier certains paramétrages et surtout d'intégrer les nouveaux paramètres pour compléter le catalogue cultures pour les besoins en azote, le catalogue sols ou le catalogue produits organiques de façon à prendre en compte les spécificités des plantes pérennes.
- Volet 3 : Validation des sorties du prototype à partir de données expérimentales. Le travail de validation sera effectué principalement en viticulture mais un début de validation de l'outil est aussi envisagé en arboriculture afin de tester sa généricité aux principales cultures pérennes.
- Volet 4 : Transfert et diffusion des résultats. Selon le déroulement des volets 1 et 3, plusieurs actions sont envisagées : formation des partenaires du projet à l'appropriation du prototype du logiciel AzoFert®, colloque de restitution, rédaction et publication d'articles dans des revues spécialisées, interventions dans des conférences.

4. Echancier

Ce projet est prévu sur 3 ans. Les différents volets seront menés en parallèle, les différentes validations pouvant nécessiter une modification du paramétrage ou des formalismes inclus dans le prototype. Le volet 4 sera en grande partie réalisé lors de la dernière année.

I - SITUATION ACTUELLE DU SUJET DE RECHERCHE

1. Synthèse bibliographique permettant de situer le projet (une page maximum)**

Même si leurs besoins sont plus faibles que ceux des grandes cultures, les plantes pérennes nécessitent de l'azote pour se développer (4, 8, 19, 23). A la différence de ces premières, elles accumulent des réserves, notamment azotées, pendant leur cycle végétatif, les stockent pendant la phase hivernale dans leurs parties pérennes et les remobilisent au démarrage du cycle suivant (4, 11). La gestion de l'azote doit donc prendre en compte ces phénomènes et ne pas se raisonner à l'année.

Elle est rendue d'autant plus délicate 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 (18) et de rendement, tout en garantissant la qualité (15). Or l'équilibre à trouver reste difficile, une corrélation inverse existant entre le développement végétatif et la qualité du produit.

Les effets de l'azote sur ces plantes et sur la qualité des produits obtenus sont nombreux :

- en cas d'excès, un retard de maturité induisant une teneur en sucres plus faible et des fruits plus acides (4, 10), une diminution de la teneur en composés phénoliques (anthocyanes, tanins), une sensibilité accrue aux ravageurs (pucerons verts sur pêcher) et aux maladies cryptogamiques (7), en particulier au Botrytis, avec des répercussions au niveau quantitatif et qualitatif (25).

- en cas de carence, une baisse de production non viable économiquement, une diminution de la teneur en azote des moûts dans le cas de la vigne (avec une répercussion sur la fermentescibilité des jus, pouvant provoquer des mauvais goûts : réduction, acescence) (12, 21), une moindre typicité des vins rouges (qualité olfactive inférieure et tanins rêches), un défaut olfactif sur vin blanc (goût atypique de vieillissement) (14), une diminution des arômes fruités type thiols sur certains cépages blancs (6).

Ces derniers problèmes sont relativement nouveaux et plus particulièrement liés aux évolutions des modes d'entretien du sol. En effet, l'extension relativement récente (depuis 15-20 ans) de l'enherbement des inter-rangs, aux dépens du désherbage chimique, a remis en exergue cette gestion de l'azote, en liaison avec la concurrence plus ou moins prononcée pour les ressources du sol (eau et azote principalement) qu'exerce l'enherbement vis-à-vis de la vigne et des arbres fruitiers (1, 3, 5, 9). En vigne, elle se traduit par une baisse de vigueur et de production qui peuvent être dommageables tant sur le plan de la pérennité des plantes que sur le plan économique (2). En arboriculture fruitière, la problématique est un peu différente car l'enherbement de l'inter-rang est quasiment généralisé dans les vergers de fruits à pépins et à noyau. Par contre, le développement des techniques d'enherbement sur le rang pour supprimer l'utilisation des herbicides nécessite de ré-examiner la compétition azotée et hydrique d'un enherbement généralisé dans le verger. Cette technique d'entretien des sols procure, à l'inverse, des avantages non négligeables sur le plan environnemental et le fonctionnement écologique du sol : limitation de l'usage des herbicides, du ruissellement et de l'érosion (13), de la lixiviation des nitrates (2, 24), moindre sensibilité aux maladies cryptogamiques (25), enrichissement en matière organique...

La mise à disposition d'un outil permettant de gérer la fertilisation azotée, particulièrement dans le cas de parcelles enherbées, permettrait donc une utilisation plus large de cette technique de l'enherbement, et favoriserait les répercussions environnementales positives qui en découlent.

Les outils existant actuellement et permettant d'avoir une connaissance du statut azoté de la plante pérenne (analyses de sol, de feuilles, de raisins, observations...) ne sont pas systématiquement utilisés. Ils restent très dépendants des conditions du milieu, de la culture, du millésime (20, 22, 26). D'autre part ils n'ont pas un caractère générique suffisant pour être utilisés hors du domaine sur lequel ils ont été expérimentés.

L'approche par modélisation de cette problématique complexe s'avère prometteuse (17). L'existence d'un outil d'aide à la décision (16) permettant la gestion de la fertilisation azotée pour les grandes cultures et les cultures légumières (AzoFert® V1.3), et ayant été élaboré, par son principe (méthode du bilan), avec un souci d'intégration d'autres cultures, semble une opportunité intéressante, en l'adaptant au cas des plantes pérennes. AzoFert® est basé sur un bilan d'azote minéral complet, constitué de 19 postes comptabilisant l'ensemble des entrées et sorties d'azote. 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 de systèmes de cultures propres aux utilisateurs. La possibilité d'adaptation aux vignes et vergers de la version actuelle d'AzoFert-TEST a fait l'objet d'un travail dans le cadre d'un

* Les références répertoriées dans le texte font l'objet d'une liste en Annexe 1

projet du RMT Fertilisation et Environnement. Les résultats encourageants obtenus autorisent à concevoir un prototype pour la gestion de la fertilisation azotée intégrant les grandes cultures et les cultures pérennes.

2. Motivation des demandeurs

L'enjeu principal du projet est d'améliorer le raisonnement de la fertilisation azotée des plantes pérennes et en particulier de la vigne et des arbres fruitiers, pour d'une part éviter des baisses de productivité et de qualité liées à une sur-fertilisation ou une sous-fertilisation, et d'autre part limiter les pertes d'azote en cas d'excès. Ce dernier aspect environnemental rejoint des aspects plus législatifs de la Directive nitrates, se traduisant dans le cas des plantes pérennes par une justification des apports d'azote à la parcelle via la méthode du bilan, nécessitant alors des outils de gestion de la fertilisation. Cet aspect revêt un caractère d'autant plus important dans le contexte actuel et les critiques de la Commission Européenne vis-à-vis de la Directive nitrates élaborée par la France. Il convient également de signaler que l'optimisation de la vigueur, en lien avec la fertilisation azotée, a des retombées environnementales par la moindre sensibilité aux parasites qu'elle confère aux plantes pérennes (pourriture notamment).

Un autre enjeu important est l'adoption par un plus grand nombre de viticulteurs et d'arboriculteurs de l'enherbement dans les inter-rangs. Cette technique, permettant la diminution de l'utilisation des herbicides, nécessite de disposer d'un outil d'aide à la décision pour évaluer et gérer la concurrence exercée par le couvert herbacé pour les ressources du sol.

Enfin, en couvrant les principales régions productrices de fruits et de vin, ce projet doit aboutir à un outil à caractère générique et non spécifique d'une région. En effet, les modes de conduite diffèrent fortement d'un vignoble ou d'un verger à un autre, de même que les conditions pédoclimatiques.

Ce projet est un des axes de travail définis dans le cadre du RMT Fertilisation et Environnement.

3. Rappel des financements spécifiques déjà obtenus sur le sujet (montant, origine, date et, s'il y a lieu, références des comptes rendus réalisés)

Des financements spécifiques de la DGER (14 000 €) ont été obtenus pour la période 2008-2009, dans le cadre du RMT Fertilisation et Environnement, pour l'étude de faisabilité d'adaptation d'AzoFert® aux arbres fruitiers et à la vigne (CTIFL, IFV, INRA, ACTA), avec recrutement d'un CDD de 7 mois.

II - GAINS OU AVANTAGES ATTENDUS

1. Intérêt scientifique

- **Opportunité d'engager une thèse pouvant bénéficier d'une bourse CIFRE.**

Les travaux prévus étant réalisés sur la base des moyens propres à chaque partenaire, ils ne nécessitent pas l'appoint d'une bourse CIFRE.

- **Opportunité d'engager une mobilité d'ingénieur dans le cadre de ce projet.**

Une mobilité d'ingénieur n'est pas envisagée dans le cadre de ce projet.

- **Autre...**

L'intérêt scientifique de ce projet s'inscrit à plusieurs niveaux.

Un intérêt majeur est d'adapter aux plantes pérennes un cadre conceptuel générique pour le raisonnement de la fertilisation azotée (méthode des bilans), en bénéficiant en parallèle du développement d'un modèle informatique permettant d'intégrer progressivement les nouvelles connaissances sur les flux d'azote au sein de systèmes de culture associant plusieurs espèces végétales (culture principale et enherbement). L'investissement en efforts de recherche – expérimentation pour l'adaptation d'AzoFert® aux cultures pérennes permettra progressivement d'avoir un socle commun pour le raisonnement de la fertilisation des cultures sur le territoire national.

La prise en compte de la spécificité des plantes pérennes dans la simulation du bilan d'azote des cultures est innovante, les travaux antérieurs ayant porté uniquement sur les plantes annuelles. L'une des spécificités des plantes pérennes est la mise en réserves, en particulier de l'azote. Elle entraîne des répercussions d'une année sur l'autre et donc une gestion différente de la fertilisation azotée. Ce projet,

en abordant les cas de la vigne et de certains arbres fruitiers, est donc une première approche sur ce type de culture. Il pourrait être un tremplin ou servir de modèle pour d'autres cultures pérennes : autres espèces d'arbres fruitiers, prairie...

Un autre intérêt de ce projet réside dans l'intégration d'une problématique de compétition pour la nutrition entre les plantes ligneuses et les plantes herbacées en vignes et vergers. L'enherbement entre les rangs de vigne et/ou d'arbres fruitiers résulte dans une compétition avec la culture pérenne pour l'azote et l'eau. Il s'agira de prendre en compte cette concurrence dans l'élaboration du prototype.

2. Intérêt socio-économique

- **Estimation de l'impact socio-économique de la mise en œuvre des résultats par la profession (exploitations agricoles et entreprises amont / aval) ; nature du gain.**

Même si certains indicateurs sont disponibles, il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'outil permettant de gérer la fertilisation azotée à la parcelle des plantes pérennes. La fertilisation est donc réalisée de façon empirique et relativement imprécise, en utilisant des référentiels souvent régionaux.

D'un point de vue économique, l'aboutissement du prototype ainsi élaboré doit aboutir à terme à un outil d'aide à la décision permettant d'assurer une meilleure gestion de l'azote, un maintien de la pérennité des souches et une meilleure maîtrise du rendement et de la qualité.

Sur le plan social, il doit faciliter l'adoption de la technique de l'enherbement par les viticulteurs et les arboriculteurs, la concurrence culture pérenne-enherbement en étant un frein. En particulier la prise en compte possible de la concurrence de l'enherbement sur le rang en arboriculture fruitière doit aboutir à une avancée importante d'acceptation de cette technique.

Au niveau environnemental, il permettra également la limitation des pertes de nitrates par une gestion plus précise de la fertilisation azotée que ce soit en vigne ou en arboriculture fruitière, en particulier en lien avec la Directive nitrates. Il contribuera également au Grenelle de l'Environnement par une plus grande facilité d'adoption de la technique de l'enherbement (limitation de l'utilisation des pesticides, herbicides en particulier).

III - PLAN DE RECHERCHE

1. Programme DETAILLE des travaux (méthodes, protocoles opératoires, justification de la voie de travail choisie, description des différentes phases du projet, répartition des tâches entre les partenaires sur chaque phase...)

1.1. Les différentes phases du projet

Le programme de travail de ce projet se structure en 4 volets complémentaires, organisés autour de l'adaptation au cas des plantes pérennes, et plus particulièrement de la vigne, du modèle conceptuel AzoFert-MOD et de sa mise en forme informatique AzoFert-TEST tels que définis dans la nouvelle convention cadre AzoFert du RMT Fertilisation et Environnement (voir annexe 2). Les études et réflexions préalables, menées dans le cadre du RMT Fertilisation et Environnement, ont mis en évidence la réelle possibilité de cette adaptation aux plantes pérennes. L'adaptation d'un outil déjà existant permet une réduction substantielle des coûts par rapport à la création complète d'un nouvel outil, une grande partie des formalismes existant dans AzoFert-MOD pouvant être utilisée également pour les plantes pérennes (formalismes des fournitures en azote du sol, notamment).

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

Ce premier volet constitue la base même de l'outil. Il concerne la conception (formalismes) et la mise sous forme informatique de l'outil, à partir de l'outil AzoFert®. Plusieurs étapes peuvent être distinguées :

1.1- Analyse et validation du cahier des charges établi en amont (dans le cadre du RMT Fertilisation et Environnement) par les partenaires : faisabilité et éventuellement adaptation du logigramme

1.2- Analyse et spécifications

1.3- Programmation du module plantes pérennes et tests unitaires

1.4- Adaptation de l'interface LDAR pour pouvoir tester l'outil : analyse, spécifications, programmation et tests unitaires

1.5- Tests informatiques et agronomiques, et modifications du prototype selon les résultats des tests.

Volet 2 : Adaptation du paramétrage aux cultures pérennes

AzoFert-MOD et sa mise en forme informatique AzoFert-TEST sont basés sur l'utilisation d'un certain nombre de paramètres et de données d'entrée. AzoFert-TEST gère ces paramètres sous forme de tableaux ou sous forme de 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, ce volet intègre des paramètres spécifiques aux plantes pérennes à différents niveaux :

2.1- Sol

Ce paramétrage sera réalisé uniquement sur les expérimentations utilisées pour la validation, en prenant principalement en compte (en relation avec les besoins de l'outil AzoFert®) : taux d'argile, taux de calcaire, azote, profondeur du sol, pourcentage de cailloux, et le cas échéant des types de sols spécifiques.

2.2- Climat

Le même type de travail sera à réaliser au niveau des données météorologiques, à partir des données apportées par chaque partenaire.

2.3- Compartiments constitutifs des plantes pérennes

Ce paramétrage permet le calcul des besoins des plantes pérennes. La connaissance de la teneur en matière sèche et en azote est nécessaire sur les différents compartiments de la vigne et de l'arbre fruitier : tronc, racine, feuille, rameau...

Une étude bibliographique permettra de synthétiser les données disponibles.

2.4- Produit organique

La plupart des produits utilisés en agriculture sont déjà renseignés dans l'outil. Il s'agira de compléter le paramétrage par les produits utilisés spécifiquement sur les plantes pérennes : humus du commerce, mulch.

Le recensement de la disponibilité de ces données se fera auprès des partenaires conjointement au recensement des données expérimentales (voir volet 3.1).

Volet 3 : Validation des sorties du prototype

3.1- Recensement des données disponibles

Cette première étape est un préalable indispensable de la validation proprement dite. Elle s'effectuera en 4 étapes :

3.1.1- Etablissement d'un fichier standard à renseigner, à partir des données nécessaires au fonctionnement de l'outil : caractéristiques de la parcelle, données expérimentales

3.1.2- Recensement des expérimentations pouvant entrer dans le cadre de la validation (engrais azotés, amendements organiques, enherbement), auprès des différents partenaires, et renseignement du fichier standard

3.1.3- Vérification et validation des données, en collaboration avec les partenaires

3.1.4- Elaboration d'une base de données expérimentales

3.2- Validation des formalismes

3 niveaux peuvent être distingués dans cette phase :

3.2.1. Validation des hypothèses, spécifiques aux cultures pérennes, émises dans le cahier des charges d'AzoFert® (en lien avec le volet 1).

3.2.2. Validation des formalismes du bilan azoté simulé par l'outil, dans le cas de la vigne : certains bilans azotés ont été établis lors d'expérimentations menées par les centres de recherche. Il s'agit

d'utiliser ces bilans afin de vérifier la pertinence des formalismes proposés par AzoFert® et d'en envisager une évolution.

3.2.3. Validation à partir des données d'expérimentations regroupées dans la base de données (voir 3.1) : ces données précises sur le sol, la plante (données sur le végétal, sur les fruits), le climat, permettront d'alimenter l'outil et de comparer les données de sortie aux résultats issus des expérimentations en viticulture et en arboriculture.

Cette validation globale fonctionnera donc par étape, avec retour fréquent au niveau des choix réalisés dans le cahier des charges (formalismes, paramétrage) et donc de la programmation informatique.

Volet 4 : Transfert et diffusion des résultats

Même si l'objectif du projet est d'aboutir à un prototype, des actions sont prévues pour faire connaître l'avancée des travaux, en particulier dans le but de préparer une validation plus large de l'outil, cette étape de validation en conditions réelles de l'outil n'étant pas intégrée au projet. Cette valorisation se traduira par :

4.1- Formation des partenaires

Formation de présentation de l'outil pour les partenaires du projet, en début de projet. Un cas concret sera détaillé lors de cette formation,

4.2- Colloque de restitution des résultats du projet,

4.3- Rédaction et publication d'articles dans des revues spécialisées, interventions dans des conférences (Euroviti, Mondiaiviti, Journées GEMAS-COMIFER...).

1.2. Répartition des tâches entre les partenaires

Le tableau ci-dessous présente le rôle de chaque partenaire avec leur implication/participation par volet.

| Partenaire | Rôle |
|-------------------|---|
| ACTA | Volet 4 : co-organisation et animation de la formations partenaires, co-organisation du colloque |
| BNIC | Volet 2 : expertise Volet 3 : fourniture de données expérimentales viticoles, expertise Volet 4 : participation à la formation partenaires, au colloque, aux publications |
| CA 26 | Volet 2 : expertise Volet 3 : fourniture de données expérimentales viticoles, expertise Volet 4 : participation à la formation partenaires, au colloque, aux publications |
| CA 30 | Volet 2 : expertise Volet 3 : fourniture de données expérimentales viticoles, expertise Volet 4 : participation à la formation partenaires, au colloque, aux publications |
| CA 33 | Volet 2 : expertise Volet 3 : fourniture de données expérimentales viticoles, expertise Volet 4 : participation à la formation partenaires, au colloque, aux publications |
| CA 34 | Volet 2 : expertise Volet 3 : fourniture de données expérimentales viticoles, expertise Volet 4 : participation à la formation partenaires, au colloque, aux publications |
| CA 71 | Volet 2 : expertise Volet 3 : fourniture de données expérimentales viticoles, expertise Volet 4 : participation à la formation partenaires |
| CA 82 | Volet 2 : expertise Volet 3 : fourniture de données expérimentales arboricoles, expertise Volet 4 : participation à la formation partenaires, au colloque, aux publications |
| CA 89 | Volet 2 : expertise Volet 3 : fourniture de données expérimentales viticoles, expertise Volet 4 : participation à la formation partenaires, au colloque, aux publications |
| CEHM | Volet 3 : fourniture de données expérimentales arboricoles, expertise Volet 4 : participation à la formation partenaires, au colloque, aux publications |
| CIVC | Volet 2 : expertise |

| | |
|------------------|--|
| | <p>Volet 3 : fourniture de données expérimentales viticoles, expertise</p> <p>Volet 4 : participation à la formation partenaires, au colloque, aux publications</p> |
| IFV | <p>Animation administrative et technique du projet</p> <p>Coordination générale : travaux, équipe de travail, rédaction des comptes-rendus et des rapports</p> <p>Encadrement de l'ingénieur agronome recruté</p> <p>Volet 2 : expertise</p> <p>Volet 3 : fourniture de données expérimentales viticoles, expertise</p> <p>Volet 4 : co-organisation et participation à la formation partenaires, co-organisation du colloque, participation à la rédaction des publications</p> |
| INRA Avignon | <p>Volet 2 : fourniture de données physiologiques, expertise</p> <p>Volet 3 : fourniture de données expérimentales arboricoles, expertise scientifique sur arbres fruitiers</p> <p>Volet 4 : participation à la formation partenaires, au colloque, aux publications</p> |
| INRA Bordeaux | <p>Volet 3 : fourniture de données expérimentales viticoles, expertise scientifique sur vigne</p> |
| INRA Laon | <p>Co-encadrement de l'informaticien recruté</p> <p>Volet 1 : faisabilité, analyse et spécifications, programmation, tests</p> <p>Volet 2 : expertise scientifique agronomie</p> <p>Volet 3 : expertise scientifique agronomie</p> <p>Volet 4 : co-organisation et animation de la formation partenaires, participation au colloque, contribution aux publications</p> |
| INRA Montpellier | <p>Volet 2 : fourniture de données bilan azote, expertise</p> <p>Volet 3 : fourniture de données expérimentales viticoles, expertise scientifique sur vigne</p> |
| LDAR | <p>Co-encadrement de l'informaticien recruté</p> <p>Volet 1 : faisabilité, analyse et spécifications, programmation, tests</p> <p>Volet 2 : expertise</p> <p>Volet 3 : expertise</p> <p>Volet 4 : co-organisation et animation de la formation partenaires, participation au colloque, contribution aux publications</p> |

2. Calendrier des travaux : diagramme de Gantt

Il permet de représenter les tâches (phases du projet) dans le temps avec des segments proportionnels à la durée (une case cochée = un mois)

Phases du projet (l'implication des partenaires dans les différentes phases du projet aura été précisée au point III-1)

| Mois Volet | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|
| 1 | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | |
| 2 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | X | X | X | X | X | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | X | X | | | | | |
| 4 | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X |

3. Moyens en personnel (équipe(s) de recherche) et équipements nécessaires (existants et/ou à obtenir)

Le tableau suivant présente les équipes techniques mobilisées et les ETP sur les trois années du projet.

| Partenaire | Principaux responsables des équipes techniques | ETP par catégorie (ingénieur, technicien, chercheur) |
|------------------|--|--|
| ACTA | Emmanuel de Chezelles | 0,1 ETP Ingénieur |
| BNIC | Vincent Dumot | 0,12 ETP Ingénieur |
| CA 26 | Isabelle Méjean | 0,08 ETP Ingénieur |
| CA 30 | Bernard Genevet | 0,18 ETP Ingénieur |
| CA 33 | Pascal Guilbault | 0,18 ETP Ingénieur |
| CA 34 | William Trambouze | 0,18 ETP Ingénieur |
| CA 71 | Florent Bidaut | 0,05 ETP Technicien |
| CA82 | Jean-François Larrieu | 0,15 ETP Ingénieur |
| CA 89 | Guillaume Morvan | 0,06 ETP Ingénieur 0,25 ETP Stagiaire |
| CEHM | Xavier Créte | 0,1 ETP Ingénieur |
| CIVC | Olivier Garcia | 0,1 ETP Ingénieur |
| IFV | Jean-Yves Cahurel CDD (agronome) | 0,76 ETP Ingénieur 1 ETP Ingénieur |
| INRA Avignon | Daniel Plénet | 0,07 ETP Chercheur 0,1 ETP Ingénieur 0,1 ETP Assistant-ingénieur |
| INRA Bordeaux | Jean-Pascal Goutouly | 0,05 ETP Ingénieur |
| INRA Laon | Jean-Marie Machet | 0,54 ETP Ingénieur 0,27 ETP Technicien |
| INRA Montpellier | Aurélie Méta | 0,15 ETP Chercheur |
| LDAR | Nathalie Damay CDD (informaticien) | 0,35 ETP Ingénieur 2 ETP Ingénieur 0,38 ETP Technicien |

Un ingénieur agronome en CDD (12 mois) sera recruté sur les volets 2 et 3, d'une part pour le recensement des données disponibles et leur mise en forme, et, d'autre part, pour la validation de l'outil à partir des données expérimentales (volet 3.2.3).

Un informaticien en CDD (24 mois) sera également recruté sur le volet 1 pour la partie informatique du projet.

4. Moyens de management prévus par le Chef de projet pour assurer la coordination et la bonne réalisation de l'action de recherche.

Le projet s'appuiera sur une équipe composée des partenaires présentés au point III.3. L'animation et le pilotage global du projet (gestion administrative, coordination générale des travaux conduits dans les différents volets) seront assurés par l'IFV. La rédaction des rapports annuels (techniques et financiers), du rapport final et des comptes-rendus de réunions sera également coordonnée par l'IFV.

Chaque volet sera également piloté par un ou des partenaires :

- volet 1 : INRA Laon, LDAR
- volet 2 : INRA Laon

- volet 3 : IFV
- volet 4 : IFV, ACTA

Un soin particulier sera apporté au conventionnement concernant les données fournies (propriété, utilisation) et l'utilisation de l'outil (convention AzoFert).

Une réunion de l'équipe projet sera réalisée annuellement de façon à analyser et expertiser les résultats obtenus, complétée par des réunions téléphoniques ponctuelles.

L'expertise scientifique du projet sera assurée par l'INRA Laon pour la partie sol, l'INRA Bordeaux et l'INRA Montpellier pour la partie vigne et l'INRA Avignon pour la partie arbres fruitiers.

5. Nature, composition et modalités de fonctionnement de(s) l'instance(s) de pilotage :

Le comité de pilotage sera constitué des différents partenaires techniques du projet, d'un représentant de la mission DAR (MAAP), d'un membre du COMIFER et d'un représentant du RMT Fertilisation et Environnement (de préférence membre du comité de pilotage du projet AzoFert de manière à rendre compte des avancées de ce projet dans les deux instances de pilotage). Enfin un représentant du CTIFL complètera ce comité de pilotage afin de prendre en compte la diversité globale de la filière (le CTIFL ne pouvant pas prendre part au projet en raison d'un problème de personnel : disparition de la personne ressource).

Le comité de pilotage se réunira une fois par an pour valider les résultats obtenus durant l'année écoulée et le programme de travail de l'année suivante. Il s'appuiera sur les travaux effectués et présentés par les partenaires du projet. Le comité de pilotage aura également en charge d'apporter son avis sur les documents à communiquer et sur les suites à donner au projet (tests complémentaires, validation en situations réelles, diffusion de l'outil).

IV – RESULTATS ATTENDUS ET SUITES DU PROJET

1 Résultats attendus :

Le résultat attendu est d'aboutir à un outil, sous forme de prototype, de gestion de la fertilisation azotée intégrant à la fois les cultures annuelles et les plantes pérennes (vigne et certains arbres fruitiers). Sur ces dernières, cela doit permettre une évolution plus importante de la technique de l'enherbement et donc une réduction de l'utilisation des herbicides, tout en permettant l'obtention d'un rendement suffisant d'un point de vue économique. De plus, cet outil permettra d'harmoniser le raisonnement entre cultures, en lien notamment avec la Directive nitrates et la formation prochaine des GREN (groupes régionaux d'expertise nitrates).

La finalisation et l'opérationnalité pour les partenaires du RMT (modèle conceptuel et logiciel permettant de tester ce modèle), découleront du prototype validé. Ces résultats pourront alors être mis en œuvre par les partenaires de la convention cadre RMT selon leurs besoins et les modalités qui leur conviennent le mieux (laboratoires d'analyse, techniciens de développement, instituts). L'ensemble se fera avec un souci de cohérence dans les conseils délivrés par les outils dérivés selon les termes de la convention particulière AzoFert® du RMT. En outre, la validation en situations réelles de ce prototype sera encouragée grâce aux formations prévues.

Suites attendues du projet

Le développement d'un AzoFert® pédagogique, actuellement en cours au sein du RMT Fertilisation et Environnement (projet N-EDU), et dont l'objectif est de faciliter le transfert des connaissances sur le cycle biogéochimique de l'azote vers les agriculteurs, les conseillers et les étudiants, pourra être élargi au cas des plantes pérennes, moyennant quelques adaptations.

Les résultats du volet 3.3 devraient amener à mettre en place des expérimentations dans des cas plus particuliers ou pour l'étude de techniques encore prospectives, permettant d'affiner et de compléter la validation de l'outil.

Comme indiqué au § IV.1 les partenaires pourront prendre le relais en développant leurs propres outils de conseil à partir d'AzoFert-MOD et/ou AzoFert-TEST pour des usages correspondant à leurs activités

(agriculteurs, conseillers, etc.). Une deuxième phase de validation en conditions réelles est à prévoir dans ce sens à l'issue du projet.

Plusieurs voies possibles sont suggérées pour cette diffusion ultérieure de l'outil. Un outil en ligne serait la voie la plus satisfaisante, notamment pour assurer la maintenance de l'outil. Cette possibilité doit être étudiée en tenant compte de la convention AzoFert actuelle, en particulier par rapport à la définition AzoFert X de cette convention. L'ergonomie de l'outil sera alors également à prévoir, de façon à faciliter son utilisation.

Les possibilités pour la mise en ligne de l'outil sont les suivantes en termes d'hébergement de l'outil : IFV, ACTA, LDAR. Le LDAR semble le plus à même d'assurer la maintenance et la mise à jour de l'outil, du fait du travail réalisé dans le cadre de ce projet sur la partie informatique.

Il peut être envisagé de rendre l'outil payant pour assurer les moyens financiers nécessaires au travail d'ergonomie mentionné ci-dessus. Les mises à jour (liées aux avancées des connaissances et à la validation dans des conditions particulières) pourraient également être payantes pour assurer les frais inhérents à la gestion de l'outil.

Dans cette perspective de diffusion de l'outil, en viticulture, la phase décrite ci-dessus nécessite une phase préalable de validation en situation réelle à l'issue du projet. La validation plus légère réalisée en arboriculture nécessitera un approfondissement, en particulier sur des espèces et des situations différentes.

2 Valorisation et communication prévues (sur le projet, sur les résultats) :

Renseigner clairement les publications, séminaires, formations, autres modes de valorisation qui seront mis en œuvre, en précisant le public cible, les échéances.

La valorisation et la communication font partie intégrante du projet puisqu'un volet particulier leur est consacré (volet 4).

La formation à destination des partenaires, prévue en début de projet, permettra l'appropriation de l'outil par ces derniers.

Un colloque de restitution, programmé pour la fin 2015, aura pour objectif d'exposer les résultats du projet et sera destiné à la fois aux partenaires du projet, mais également aux acteurs du développement et de la formation (techniciens de chambres d'agriculture, d'instituts techniques, de coopératives, de la distribution, des laboratoires d'analyses, enseignants des établissements agricoles...).

Les résultats du projet seront valorisés par la rédaction et la publication d'articles dans des revues spécialisées et par des interventions dans des conférences (Euroviti, MondiaViti, Journées GEMAS-COMIFER...) à destination des techniciens et des agriculteurs, en fonction des avancées du projet.

Dans le cadre de l'animation du projet, des réunions annuelles seront organisées avec les partenaires pour échanger sur l'évolution du projet, de même que pour expertiser certains résultats.

Par ailleurs, le RMT Fertilisation et Environnement apportera une information régulière sur les avancées des travaux du projet ainsi que sur ses résultats lors de son séminaire ou via son site internet, à destination des organismes de développement, de la recherche et de l'enseignement agricole membres de ce RMT.

V - EVALUATION :

Indicateurs de suivi du projet et explicitation de leur pertinence

| | Indicateurs de suivi | Indicateurs d'évaluation |
|---------------------------|---|--|
| Pilotage du projet | Nombre de conventions signées entre partenaires Nombre de réunions du comité de pilotage par an Cumul de temps passé par organisme Rapports techniques et financiers annuels | Conventions entre partenaires Comptes-rendus des réunions du comité de pilotage Rapport final du projet |
| Volet 1 | Nombre de réunions organisées Cumul de temps passé par organisme Nombre de tests réalisés | Comptes-rendus de réunions Rapport des travaux réalisés Cahier des charges validé Logigramme validé Interface plantes pérennes adaptée à partir de celle du LDAR |
| Volet 2 | Nombre de réunions organisées | Comptes-rendus de réunions |

| | | |
|----------------|--|--|
| | Cumul de temps passé par organisme Inventaire des données disponibles | Rapport des travaux réalisés Bibliographie |
| Volet 3 | Nombre de réunions organisées Cumul de temps passé par organisme Inventaire des données expérimentales Analyse critique des données Nombre de validations expérimentales réalisées | Comptes-rendus de réunions Rapport des travaux réalisés Fichier standard Base de données expérimentales Nombre de sorties validées |
| Volet 4 | Nombre de réunions organisées Cumul de temps passé par organisme Organisation de formation Organisation d'un colloque de restitution final Rédaction d'articles | Comptes-rendus de réunions Rapport des travaux réalisés Retours sur le colloque de restitution Nombre de participants au colloque Nombre d'articles produits |

Moyens permettant d'évaluer les résultats de l'application de la recherche (critères mesurables si possible)

L'évaluation du projet sera assurée par le comité de pilotage présenté au point III.5 qui aura en charge de contrôler l'avancement du projet en termes d'objectifs remplis et de résultats produits, notamment au travers des indicateurs de suivi et d'évaluation identifiés ci-dessus et des indicateurs techniques, scientifiques et pédagogiques, socio-économiques et environnementaux mentionnés ci-dessous. Des évaluations seront également réalisées via la production d'articles et de communications orales.

- indicateurs techniques :
 - . nombre d'expérimentations intégrées à la base de données
 - . nombre de validations réalisées
 - . articles produits (revue, public)
 - . communications réalisées (public, nombre de participants)
 - . colloque de restitution (public visé, nombre de participants)
- indicateurs économiques et environnementaux : contribution des travaux du projet N-Pérennes aux objectifs du Grenelle de l'Environnement et de la Directive Nitrates (utilisation généralisée de la méthode du bilan).

VI COMPTE PREVISIONNEL DE REALISATION DU PROJET

1. Compte prévisionnel détaillé

| Désignation des partenaires par catégorie | Coût total en Euros | Temps en ETP | | | | | Autres dépenses (€) | Aide sollicitée CAS DAR | Autres concours financiers prévus | Auto-financement |
|---|---------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------|
| | | Stagiaires | CDD | Techniciens | Ingénieurs | Chercheurs | | | | |
| Pilotage du projet | | | | | | | | | | |
| IFV | 59 600 € | | | | 0.4 | | 10 500 € | 26 900 € | | 33 200 € |
| Missions confiées à une ou plusieurs Chambres d'agriculture | | | | | | | | | | |
| CA Drôme | 8 323 € | | | | 0.08 | | | 4 162 € | | 4 162 € |
| CA Gard | 17 000 € | | | | 0.18 | | 1 500 € | 8 500 € | | 8 500 € |
| CA Gironde | 15 000 € | | | | 0.18 | | 600 € | 7 500 € | | 7 500 € |
| CA Hérault | 18 000 € | | | | 0.18 | | | 9 000 € | | 9 000 € |
| CA Saône-et-Loire | 3 865 € | | | | 0.05 | | 500 € | 1 933 € | | 1 933 € |
| CA Tarn-et-Garonne | 11 618 € | | | | 0.15 | | 1 000 € | 5 809 € | | 5 809 € |
| CA Yonne | 6 400 € | 0.25 | | | 0.06 | | 1 000 € | 3 200 € | | 3 200 € |
| Missions confiées à un ou plusieurs Instituts techniques agricoles | | | | | | | | | | |
| ACTA | 11 000 € | | | | 0.1 | | | 5 500 € | | 5 500 € |
| IFV | 99 400 € | | 1 | | 0.36 | | 6 000 € | 70 000 € | | 29 400 € |
| Missions confiées à un ou plusieurs autres organismes professionnels agricoles | | | | | | | | | | |
| BNIC | 13 880 € | | | | 0.12 | | 1 000 € | 6 940 € | | 6 940 € |
| CEHM | 10 700 € | | | | 0.1 | | 500 € | 5 350 € | | 5 350 € |
| Missions confiées à un ou plusieurs organismes de recherche publique | | | | | | | | | | |
| INRA Laon | | | | | | | | | | |
| - salaires publics | 61 883 € | | | 0.27 | 0.54 | | | | | 61 883 € |
| - autres dépenses | 5 000 € | | | | | | 5 000 € | 5 000 € | | 0 € |
| INRA Avignon | | | | | | | | | | |
| - salaires publics | 15 979 € | | | 0.10 | 0.10 | 0.07 | | | | 15 979 € |
| - autres dépenses | 14 500 € | | | | | | 14 500 € | 14 500 € | | 0 € |
| LDAR | | | | | | | | | | |
| - salaires publics | 13 125 € | | | 0.38 | | | | | | 13 125 € |
| - autres dépenses | 166 870 € | | 2 | | 0.35 | | 5 000 € | 125 370 € | | 41 500 € |
| Total hors salaires publics | 461 156 € | 0.3 | 3 | 0.00 | 2.3 | 0 | 47 100 € | 299 663 € | 0 € | 161 993 € |
| Total salaires publics | 90 987 € | 0 | 0 | 0.75 | 0.64 | 0.07 | 0 € | 0 € | 0 € | 90 987 € |
| Total Général | 552 144 € | 0.25 | 3.00 | 0.75 | 2.95 | 0.07 | 47100 | 299 663 € | 0 € | 252 980 € |

2. Tableau récapitulatif par partenaire

| Nom des partenaires | ACTA | BNIC | CA 26 | CA 30 | CA 33 | CA 34 | CA 71 |
|-----------------------------------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|
| Coût total en € | 11 000 € | 13 880 € | 8 323 € | 17 000 € | 15 000 € | 18 000 € | 3 865 € |
| Total hors salaire public | 11 000 € | 13 880 € | 8 323 € | 17 000 € | 15 000 € | 18 000 € | 3 865 € |
| Total salaire public | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Aide sollicitée CAS DAR | 5 500 € | 6 940 € | 4 162 € | 8 500 € | 7 500 € | 9 000 € | 1 933 € |
| Autres concours financiers | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Autofinancement | 5 500 € | 6 940 € | 4 162 € | 8 500 € | 7 500 € | 9 000 € | 1 933 € |

| Nom des partenaires | CA 82 | CA 89 | CEHM | IFV | INRA Avignon | INRA Laon | LDAR | Total général |
|-----------------------------------|----------|---------|----------|--------------|-----------------|--------------|--------------|------------------|
| Coût total en € | 11 618 € | 6 400 € | 10 700 € | 159 000 € | 30 480 € | 66 883 € | 179 995 € | 552 144 € |
| Total hors salaire public | 11 618 € | 6 400 € | 10 700 € | 159 000 € | 14 500 € | 5 000 € | 166 870 € | 461 156 € |
| Total salaire public | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 15 979 € | 61 883 € | 13 125 € | 90 987 € |
| Aide sollicitée CAS DAR | 5 809 € | 3 200 € | 5 350 € | 96 900 € | 14 500 € | 5 000 € | 125 370 € | 299 663 € |
| Autres concours financiers | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € | 0 € |
| Autofinancement | 5 809 € | 3 200 € | 5 350 € | 62 600 € | 15 979 € | 61 883 € | 54 625 € | 252 980 € |

Annexe 1 - Références bibliographiques

1. Atkinson D., Johnson M. G., Mattam D., Mercer E. R. (1978). "The effect of orchard soil management on the uptake of nitrogen by established apple trees". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 30 : 129-135.
2. Celette, F. (2007). "Dynamique des fonctionnements hydrique et azoté dans une vigne enherbée sous le climat méditerranéen". Thèse de doctorat, Montpellier SupAgro, 200 pages.
3. Celette F., Findeling A., Gary C., 2009. "Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system: The case of an association of grapevine and grass cover in a Mediterranean climate". *European Journal of Agronomy* 30 : 41-51.
4. Champagnol, F. (1984). "Éléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale", 351 pages.
5. Chantelot, E., F. Celette and J. Wery (2004). "Concurrence pour les ressources hydriques et azotées entre vigne et enherbement en milieu méditerranéen." 19e conférence du COLUMA. Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon, 8-10 décembre 2004.
6. Choné, X., V. Lavigne-Cruège, T. Tominaga, C. Van Leeuwen, C. Castagnède, C. Saucier and D. Dubourdiou (2006). "Effect of vine nitrogen status on grape aromatic potential : flavor precursors (S-cysteine conjugates), glutathione and phenolic content in *Vitis vinifera* L. cv Sauvignon blanc grape juice." *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 40 (1): 1-6.
7. Daane K. M., Johnson R.S., Michailides T. J., Crisosto C. H., Dlott J. W., Ramirez H.T., Yokota G. Y., Morgan D.P. (1995). "Excess nitrogen raises nectarine susceptibility to disease and insects". *California Agriculture* : 13-18.
8. Greenham D. W. P. (1980). "Nutrient cycling : the estimation of orchard nutrient uptake". *Acta Horticulturae* 92 : 345-352.
9. Guilpart, N. (2010). "Etude du bilan d'azote d'une vigne enherbée. Quantification des flux et perspectives pour la modélisation". Mémoire de fin d'étude, SupAgro Montpellier, 76 pages.
10. Habib R., Triboi E., Génard M., Le Bail M. (1996). "La nutrition azotée des cultures et la qualité des produits". In : G. Lemaire, B. Nicolardot (Eds), *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes. Les colloques*, n° 83. INRA, Reims, pp. 141-159
11. Jordan, O., M., Wendler, R., Millard, P., (2009). "The effect of autumn N supply on the architecture of young peach (*Prunus persica* L.) trees". *Trees* 23 : 235-245.
12. Kunkel, R. E. (1991). "Relationship between nitrogen content of must and sluggish fermentation." *International Symposium of Nitrogen in Grapes and Wine*, Seattle, USA, 18-19 juin 1991, 148-155.
13. Le Bissonnais, Y. and P. Andrieux (2006). "Impact des modes d'entretien de la vigne sur le ruissellement, l'érosion et la structure des sols. Mécanismes et résultats expérimentaux." *Mondiaviti*, Bordeaux, 29 et 30 novembre 2006, 57-64
14. Linsenmeier, A., D. Rauhut, H. Kürbel, O. Löhnertz and S. Schubert (2007). "Untypical ageing off-flavour and masking effects due to long-term nitrogen fertilization." *Vitis* 46 (1): 33-38.
15. Lobit, P., Soing, P., Génard, M., Habib, R., (2001) Effects of timing of nitrogen fertilization on shoot development in peach (*Prunus persica*) trees. *Tree Physiol.* 20 : 35-42.
16. Machet, J.-M., P. Dubrulle, N. Damay, R. Duval, S. Recous, B. Mary and B. Nicolardot (2007). "Présentation et mise en oeuvre d' AzoFert®, nouvel outil d'aide à la décision pour le raisonnement de la fertilisation azotée des cultures." 8èmes rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre GEMAS-COMIFER, Blois, 20-21 novembre 2007.
17. Nesme, T., Brisson, N., Lescourret, F., Bellon, S., Crété, X., Plénet, D., Habib, R., (2006). "Epistatics; 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.
18. Nesme, T., Plénet, D., Hucbourg, B., Fandos, G., Lauri, P.-E., (2005). "A set of vegetative morphological variables to objectively estimate apple (*Malus x domestica*) tree orchard vigour". *Scientia Hort.* 106 : 76-90.
19. Sanchez E. E., Khemira H., Sugar D., Righetti T. L. (1995). "Nitrogen management in orchards". In : P.E. Bacon (Ed.), *Nitrogen Fertilization in the Environment*. Dekker, Sydney, pp. 327-380.
20. Soing P. (1999). "Fertilisation des vergers, environnement et qualité". Ctifl, Paris, 86 p.
21. Spayd, S. E., R. L. Wample, C. W. Nagel, D. Stevens and R. G. Evans (1991). "Vineyard nitrogen fertilization effects on must and wine composition and quality." *International Symposium of Nitrogen in Grapes and Wine*, Seattle, USA, 18-19 juin 1991, 196-199.
22. Spring J.-L., Jelmini G. (2002). "Nutrition azotée de la vigne : intérêt de la détermination de l'indice chlorophyllien pour les cépages Chasselas, Pinot noir et Gamay." *Revue suisse de Viticulture Arboriculture Horticulture* 34 (1) : 27-29.
23. Thiebeau, P., C. Herre, A. F. Doledec, A. Perraud, L. Panigai, B. Mary and B. Nicolardot (2005). "Incidence du mode de couverture du sol sur la fourniture en azote des sols de vigne en Champagne." *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 39 (4) : 163-177.
24. Tournebize, J. (2001). "Impact de l'enherbement du vignoble alsacien sur le transfert des nitrates". Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur de Strasbourg, 307 pages.
25. Valdés Gomez H. (2007). "Relations entre états de croissance de la vigne et maladies cryptogamiques sous différentes modalités d'entretien du sol en région méditerranéenne". Thèse Montpellier SupAgro.
26. 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.

Annexe 2 – Schéma général d'AzoFert

La convention est signée dans un premier temps entre les différents partenaires du RMT Fertilisation et Environnement appelés à travailler sur le projet AzoFert®. Elle définit un cadre de partenariat pour l'amélioration et l'appropriation des outils de raisonnement de la fertilisation azotée des cultures. La convention a été écrite pour que d'autres partenaires puissent s'associer au projet par avenant à cette convention si besoin.

Par **AzoFert-MOD** on entend le modèle conceptuel rassemblant l'ensemble des formalismes décrivant le cycle de l'azote sous-jacent aux applications logicielles dérivées destinées à l'élaboration d'un conseil de fertilisation azotée des cultures. A la date de signature de la convention, AzoFert-MOD est matérialisé par l'ensemble des formalismes consignés dans le manuel agronomique du logiciel AzoFert® version 1.3 et par le paramétrage de base de ce logiciel. On entend par paramétrage de base l'ensemble des paramètres liés aux cultures et précédents cultureux et un jeu suffisant de paramètres concernant les fertilisants, produits organiques et sols de façon à pouvoir apprécier la robustesse de l'outil dans une gamme variée de situations et permettre la comparaison avec d'autres outils de fertilisation.

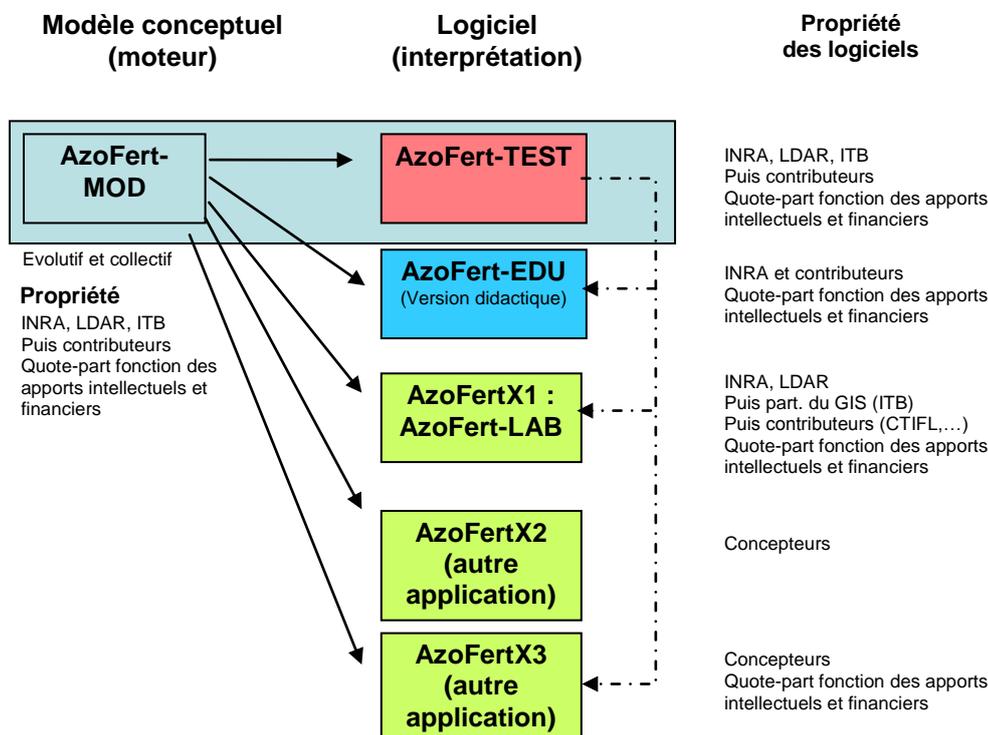
Par **AzoFert-TEST** on entend la mise en forme informatique d'AzoFert-MOD. AzoFert-TEST sera l'outil pilote destiné au test des concepts d'AzoFert-MOD (test dans une gamme élargie de situations, adaptation à de nouveaux systèmes de culture, espèces pérennes notamment). La version initiale "AzoFert-TEST version 1.0" sera constituée du moteur d' "AzoFert® version 1.3", de la base de paramétrage telle que définie pour AzoFert-MOD et devra être complétée par une interface d'entrée/sortie permettant une utilisation facile.

Les évolutions significatives proposées pour AzoFert-MOD (modifications des formalismes, mises à jour du paramétrage,...) seront introduites et testées dans AzoFert-TEST. Une fois les formalismes et paramétrages validés, les avancées d'AzoFert-MOD seront consignées sous forme de documents écrits et se concrétiseront sous forme d'une nouvelle version AzoFert-MOD et AzoFert-TEST.

Par **AzoFert-EDU** on entend un ensemble d'outils basés sur AzoFert-MOD destinés à la formation, incluant une ou plusieurs versions didactiques et des produits de formation.

Par **AzoFert-X** on entend d'autres applications logicielles dédiées à l'aide à la décision en matière de fertilisation azotée, utilisant les modèles et paramètres de AzoFert-MOD conçus et développés dans le cadre du RMT, construits par un ou des Partenaires soit dans le cadre du RMT, soit en dehors de ce dernier.

Par **AzoFert-LAB** on entend la mise en forme informatique d'AzoFert-MOD correspondant à la version 1.3 de AzoFert, et principalement destinée aux laboratoires d'analyse agronomique. AzoFert-LAB est constitué d'un moteur de calcul qui met en œuvre les formalismes, la base actuelle de paramétrage diffusée avec "AzoFert version 1.3" et une interface d'entrées/sorties développée par So'néo. A ce titre AzoFert-LAB est un AzoFert-X particulier.



Annexe 3 - CV du chef de projet

Jean-Yves CAHUREL
Né le 24 septembre 1963

IFV
210 boulevard Vermorel
BP 320
69661 Villefranche sur Saône Cedex
Tél : 04 74 06 43 43
Fax : 04 74 02 22 49
Email : jean-yves.cahurel@vignevin.com

Ingénieur Recherche Appliquée

Formation

Diplôme d'Ingénieur Agronome de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier (ENSAM), spécialisation Viticulture-Œnologie (1986)
Diplôme National d'œnologie (1987)

Expérience professionnelle

Depuis juillet 2000 : Ingénieur expérimentations viticoles à IFV Villefranche s/Saône : responsable des essais viticoles régionaux , chef de projets nationaux

1989-juin 2000 : Ingénieur expérimentations viticoles à la SICAREX Beaujolais à Villefranche s/Saône : essais viticoles, suivi maturation, informatique

1989 : Œnologue du domaine VICO (90 ha de vignoble AOC) à Ponte-Leccia (Haute-Corse) : préparation des vins à la mise en bouteille, embouteillage, gestion des stocks, vente de vin

Qualifications et réalisations en rapport avec le projet

Stages dans le cadre de la formation professionnelle

Communication et résolution de problème (1995 – 4 jours)
Pratique de l'audit qualité interne (1996 – 4 jours)
Maîtriser les clés du management de projet (2006 - 3 jours)

Animation et gestion de projets

Chef de projet national Gestion du patrimoine organique des sols viticoles, animation d'un réseau national
Chef de projet national Optimisation de la fertilisation azotée
Animateur du groupe national Fertilisation de la vigne
Organisation et animation de réunions
Communication : restitutions écrites et orales (rapports de synthèse, rapports d'études techniques, articles, présentations orales lors de colloques)

Réalisations dans le domaine de la fertilisation azotée

Suivi d'expérimentations : fertilisation minérale (produit, dose, époque d'apport), fertilisation organique, fertilisation foliaire
Participation à l'élaboration du cahier des charges *Adaptation du logiciel AzoFert® à la viticulture* dans le cadre du RMT Fertilisation et Environnement
Participation au projet ACTA *Minéralisation des fractions organiques endogènes et exogènes d'un agrosystème : modélisation des flux hydriques et azotés*. Utilisation de LIXIM (2004-2006)
Elaboration d'une fiche *L'azote en viticulture* dans le cadre du groupe national Fertilisation de la vigne