

Juin 2019
volume n°9 / numéro 1
www.agronomie.asso.fr

Agronomie

environnement & sociétés



La revue de l'association française d'agronomie

Gestion de la fertilisation

AGRONOMIE

Agronomie, Environnement & Sociétés

Revue éditée par l'Association française d'agronomie (Afa)

Siège : 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.
Secrétariat : 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2.
Contact : afa@inrae.fr, T : (00-33)4 99 61 26 42, F : (00-33)4 99 61 29 45
Site Internet : <http://www.agronomie.asso.fr>

Objectif

AE&S est une revue en ligne à comité de lecture et en accès libre destinée à alimenter les débats sur des thèmes clefs pour l'agriculture et l'agronomie, qui publie différents types d'articles (scientifiques sur des états des connaissances, des lieux, des études de cas, etc.) mais aussi des contributions plus en prise avec un contexte immédiat (débats, entretiens, témoignages, points de vue, controverses) ainsi que des actualités sur la discipline agronomique.

ISSN 1775-4240

Contenu sous licence Creative commons



Les articles sont publiés sous la *licence Creative Commons 2.0*. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Directeur de la publication

Antoine MESSÉAN, président de l'Afa, Ingénieur de recherches, Inra

Rédacteur en chef

Olivier RÉCHAUCHÈRE, chargé d'études Direction de l'Expertise, Prospective & Etudes, Inra

Membres du bureau éditorial

Christine RAWSKI, Rédactrice en chef Cahiers Agricultures, Cirad
Guy TRÉBUIL, chercheur Cirad
Philippe PRÉVOST, Chargé des coopérations numériques à Agreenium
Danielle LANQUETUIT, consultante Triog et webmaster Afa

Comité de rédaction

- Marc BENOÎT, directeur de recherches Inra
- Héloïse BOURREAU, ingénieure à la Bergerie de Villarceaux
- Camille DUMAT, enseignante chercheuse à l'ENSAT/INPT
- Thierry DORÉ, professeur d'agronomie AgroParisTech
- Yves FRANCOIS, agriculteur
- Jean-Jacques GAILLETON, inspecteur d'agronomie de l'enseignement technique agricole
- Laure HOSSARD, ingénieure de recherche Inra Sad
- Marie-Hélène JEUFFROY, directrice de recherche Inra et agricultrice
- Aude JOMIER, enseignante d'agronomie au lycée agricole de Montpellier
- Christine LECLERCQ, professeure d'agronomie Institut Lassalle-Beauvais
- Francis MACARY, ingénieur de recherches Irstea
- Antoine MESSEAN, Ingénieur de recherches, Inra
- Adeline MICHEL, Ingénieure du service agronomie du Centre d'économie rurale de la Manche
- Marc MIQUEL, consultant
- Bertrand OMON, Chambre d'agriculture de l'Eure
- Thierry PAPILLON, enseignant au lycée agricole de Laval
- Philippe POINTEREAU, directeur du pôle agro-environnement à Solagro
- Philippe PRÉVOST, Chargé des coopérations numériques à Agreenium
- Bruno RAPIDEL, Cirad
- Jean-Marie SERONIE, consultant

Secrétaire de rédaction

Philippe PREVOST

Assistante éditoriale

Danielle LANQUETUIT

Conditions d'abonnement

Les numéros d'AE&S sont principalement diffusés en ligne. La diffusion papier n'est réalisée qu'en direction des adhérents de l'Afa ayant acquitté un supplément

(voir conditions à <http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>)

Périodicité

Semestrielle, numéros paraissant en juin et décembre

Archivage

Tous les numéros sont accessibles à l'adresse <http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/>

Soutien à la revue

- En adhérant à l'Afa via le site Internet de l'association (<http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>). Les adhérents peuvent être invités pour la relecture d'articles.
- En informant votre entourage au sujet de la revue AE&S, en disséminant son URL auprès de vos collègues et étudiants.
- En contactant la bibliothèque de votre institution pour vous assurer que la revue AE&S y est connue.
- Si vous avez produit un texte intéressant traitant de l'agronomie, en le soumettant à la revue. En pensant aussi à la revue AE&S pour la publication d'un numéro spécial suite à une conférence agronomique dans laquelle vous êtes impliqué.

Instructions aux auteurs

Si vous êtes intéressé(e) par la soumission d'un manuscrit à la revue AE&S, les recommandations aux auteurs sont disponibles à l'adresse suivante :

<http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/pour-les-auteurs/>

À propos de l'Afa

L'Afa a été créée pour faire en sorte que se constitue en France une véritable communauté scientifique et technique autour de cette discipline, par-delà la diversité des métiers et appartenances professionnelles des agronomes ou personnes s'intéressant à l'agronomie. Pour l'Afa, le terme agronomie désigne une discipline scientifique et technologique dont le champ est bien délimité, comme l'illustre cette définition courante : « *Etude scientifique des relations entre les plantes cultivées, le milieu [envisagé sous ses aspects physiques, chimiques et biologiques] et les techniques agricoles* ». Ainsi considérée, l'agronomie est l'une des disciplines concourant à l'étude des questions en rapport avec l'agriculture (dont l'ensemble correspond à l'agronomie au sens large). Plus qu'une société savante, l'Afa veut être avant tout un carrefour interprofessionnel, lieu d'échanges et de débats. Elle se donne deux finalités principales : (i) développer le recours aux concepts, méthodes et techniques de l'agronomie pour appréhender et résoudre les problèmes d'alimentation, d'environnement et de développement durable, aux différentes échelles où ils se posent, de la parcelle à la planète ; (ii) contribuer à ce que l'agronomie évolue en prenant en compte les nouveaux enjeux sociétaux, en intégrant les acquis scientifiques et technologiques, et en s'adaptant à l'évolution des métiers d'agronomes.

Lisez et faites lire AE&S !

Sommaire

7 AVANT-PROPOS

7 Avant-propos

A. MESSÉAN Président de l'AFA et O. RÉCHAUCHÈRE Rédacteur en chef

9 Éditorial

O. RÉCHAUCHÈRE et M.H. JEUFFROY, coordonnateurs du numéro



11 ENTREE EN MATIERE / PREAMBULE / CONTEXTE GLOBAL

13 De la fertilisation des cultures à la cascade de l'azote

P. CELLIER

19 ECLAIRAGES SUR LA GESTION ACTUELLE DE LA FERTILISATION DES CULTURES

21 Comparaison de la multifonctionnalité relative aux flux azotés induits par dix cultures de légumineuses

Maé GUINET - Bernard NICOLARDOT - Anne-Sophie VOISIN

31 Gestion de l'azote sur le blé biologique en Île-de-France

Charlotte GLACHANT

41 Rappels réglementaires sur l'utilisation des engrais et amendements organiques en agriculture biologique

Blaise LECLERC

43 LES NOUVELLES APPROCHES DE LA FERTILISATION

45 50 ans de méthode du Bilan : progrès passés et limites actuelles

Jean-Marc MEYNARD et Marie-Hélène JEUFFROY

55 Une nouvelle approche de la fertilisation des cultures

G. LEMAIRE

65 APPI-N : une nouvelle approche pour le raisonnement de la fertilisation azotée du blé

Marie-Hélène JEUFFROY, Clémence RAVIER, Arthur LENOIR, Jean-Marc MEYNARD

75 Mise au point du pilotage intégral de l'azote avec le modèle de culture CHN : approche « CHN-conduite »

B. SOENEN, M. BONNEFOY, C. DELPECH, B. PIQUEMAL, P. DESCAZEUX, F. DEGAN, F. LAURENT

87 Évaluation de la disponibilité et la gestion du phosphore dans les agrosystèmes : avancées scientifiques et techniques

Alain MOLLIER, Pascal DENOROY, Christian MOREL

99 Penser la gestion de l'azote autrement : témoignage sur le BAC du Tremblay-Omonville

Marine GRATECAP

105 Nouvelle approche de la fertilisation azotée pour répondre à de nouveaux enjeux : « revaloriser l'expertise agronomique des conseillers et des agriculteurs ».

Entretien avec Bertrand OMON

Gestion de l'azote sur le blé biologique en Île-de-France

Charlotte Glachant*

*Conseillère Grandes cultures biologiques
Chambre d'agriculture de Région Île-de-France,
418 rue Aristide Briand, 77350 LE-MEE-SUR-SEINE

charlotte.glachant@idf.chambagri.fr – 01 64 79 31 20 – 06 07 18 19 07

Introduction

En agriculture biologique (AB), les sources d'azote sont disponibles sous forme organique essentiellement, qu'elles proviennent du sol, des apports extérieurs autorisés (effluents d'élevage, matières organiques d'origine végétale) ou de l'effet précédent (résidus de légumineuses notamment). Cet azote organique doit passer par une phase de minéralisation dans le sol pour être assimilable par la plante. Tous les facteurs qui influencent l'activité du sol (conditions pédoclimatiques, travail du sol, introduction d'engrais verts, entretien de fond par des apports d'amendements calcaires et organiques) ont donc des conséquences importantes sur la disponibilité de l'azote pour les cultures, l'efficacité des apports d'engrais organiques et ont donc une place déterminante dans la gestion de l'azote en AB.

La minéralisation étant variable au fil de la campagne, lorsque la période de besoin maximum en azote de la plante est concomitante à une période de forte intensité de la minéralisation du sol et des produits organiques apportés, la gestion de la nutrition azotée de la culture en AB est plus simple... En AB, il est donc plus facile de gérer l'azote sur une culture d'été comme le maïs que sur les céréales dont les besoins sont importants en début de printemps, quand la minéralisation du sol est encore faible.

En Île-de-France (IdF), le blé d'hiver est ainsi la culture en AB sur laquelle la question de la gestion de l'azote est la plus prégnante, à la fois parce que ses besoins en azote sont relativement importants (pour la production de grains et de protéines) et parce qu'elle est la culture la plus représentée dans les assolements bio de la région (près de 30% des assolements de grandes cultures biologiques en IdF). Par ailleurs, dans cette région traditionnellement céréalière, avec peu d'élevages, les ressources locales en engrais organiques sont très limitées, ce qui rend l'approvisionnement pour les systèmes de grandes cultures biologiques coûteux.

Ainsi dès 1995, des essais sur la fertilisation organique sur blé biologique ont été mis en place par la Chambre d'agriculture de Région Île-de-France. Des suivis de parcelles et d'exploitations ont complété les références acquises en AB dans la région, permettant de confirmer l'importance de l'effet du précédent dans la gestion de l'azote, et d'élaborer l'outil d'aide à la décision Décid-org, présentés ci-après.

Importance de l'effet du précédent sur le rendement du blé biologique

Les analyses des données de Reliquats azotés en Sortie d'Hiver (RSH) réalisés en parcelles biologiques depuis 2004 en Île-de-France, principalement en limons battants et en limons argileux profonds, donnent une idée des quantités d'azote qui peuvent être libérées par les précédents légumineux à la sortie de l'hiver (figure 1). Si la valeur moyenne de reliquat par précédent n'est pas transposable tous les ans tant les variations sont importantes d'une année sur l'autre, le classement des espèces légumineuses dans leur capacité de restitution de l'azote reste relativement constant.

Ces synthèses ont également permis de mettre en évidence l'arrière effet de la luzerne : les RSH mesurés sur les parcelles ayant de la luzerne comme antéprécédent atteignent des niveaux proches de RSH laissés directement par des légumineuses à graines (féverole ou association légumineuse + céréale). Ce qui s'explique par la minéralisation des résidus de luzerne sur deux ans.

Ces niveaux de reliquats en fonction du précédent se repercutent directement sur les rendements des blés. La figure 2 montre les rendements du blé en fonction de différents précédents sur un réseau de 12 fermes de référence en grandes cultures biologiques mis en place à partir de 2003 par la Chambre d'agriculture d'Île-de-France. Les moyennes montrent le même classement entre précédents que les synthèses de RSH, et surtout des différences de l'ordre de +7 q/ha en faveur d'un précédent luzerne par rapport à un précédent légumineuse à graines, et de + 20 q/ha par rapport à un précédent céréale.

Ces résultats confirment l'intérêt de respecter des sous-rotations de 3 termes avec pour tête de rotation une légumineuse (les autres cultures perdent leur statut de tête de rotation en passant en AB !), suivie d'un blé et ensuite d'une culture moins exigeante en azote ou qui répond mieux à la fertilisation organique grâce à des besoins situés pendant une période où la minéralisation est bonne (culture d'été).

L'utilisation de légumineuses en culture intermédiaire, et en particulier les trèfles sous couvert, permet également de réinjecter de l'azote dans le système en cours de rotation avec une efficacité intéressante (pouvant aller jusqu'à un gain de 30 q/ha pour le maïs, comme l'ont montré les essais de couverts légumineux menés en AB par la Chambre d'agriculture de l'Oise de 2008 à 2011).

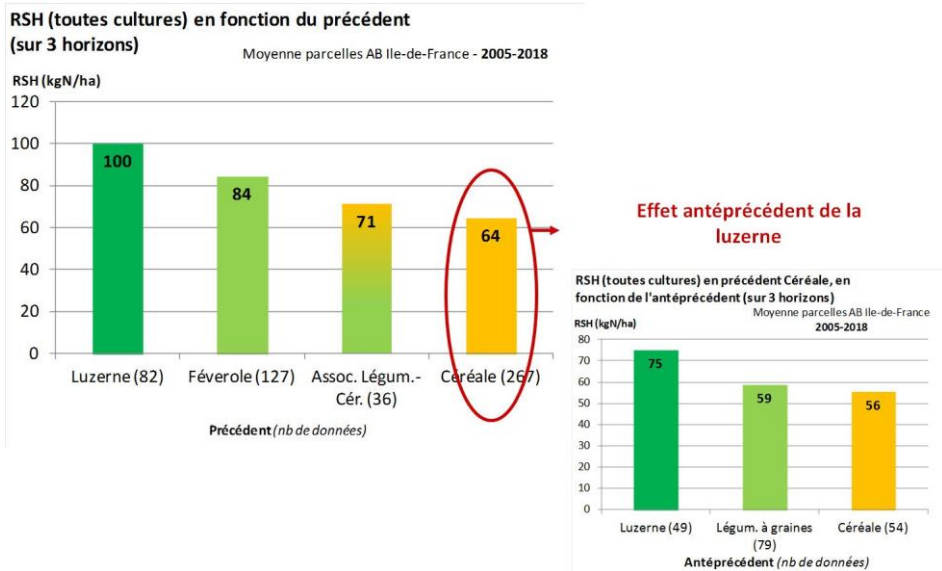


Figure 1 : Niveaux moyens de reliquats Sortie hiver (RSH), sur 3 horizons (0-90 cm), en fonction du précédent et de l'antéprecedent sur les parcelles bio d'Île-de-France (source : CAR IdF)

Effet du précédent sur le rendement du blé biologique
Résultats des fermes de références en grandes cultures biologiques d'Île-de-France

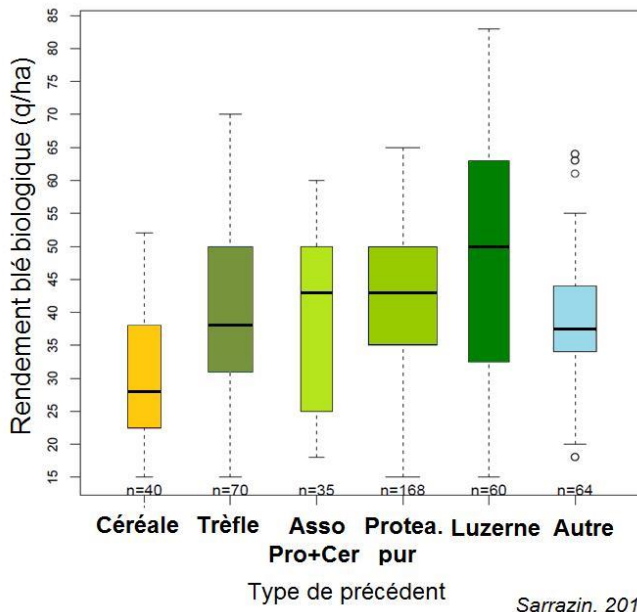


Figure 2 : Rendement du blé biologique en fonction de son précédent (source : Réseau de fermes de références grandes cultures biologiques, CAR IdF)

Et les engrais organiques ?

Effet des pratiques de fertilisation azotée sur les parcelles de blé bio en Île-de-France

Le réseau de fermes de référence a permis de mettre en évidence l'effet très variable des pratiques de fertilisation azotée sur le rendement du blé. La figure 3 présente les rendements comparés des parcelles de blé fertilisées avec des engrais organiques et des parcelles non fertilisées, observés au cours de 9 campagnes. L'écart de rendement moyen observé entre ces deux types de parcelles est inférieur à 2 q/ha, et il y

autant de campagnes où la fertilisation a été favorable que l'inverse.

Ces données sont issues de moyennes parcelaires de plusieurs exploitations, et par conséquent tous types de sols, précédents, etc. confondus. Si l'on regarde dans le détail ces résultats, non plus avec une approche annuelle, mais en fonction des précédents et des doses d'azote apportées sur les parcelles (figure 4), on constate que la fertilisation peut améliorer le rendement (cas des blés succédant à des légumineuses à graines), mais que le gain de rendement n'atteint pas le différentiel de productivité lié à l'effet précédent (par exemple, les parcelles fertilisées – même à haute dose – en précédent céréales, n'atteignent pas le rendement des parcelles non fertilisées, en précédent légumineuses).

En conclusion, l'effet du précédent est bien supérieur à celui que l'on peut escompter d'une fertilisation organique, quelle que soit la dose d'engrais organique apportée.

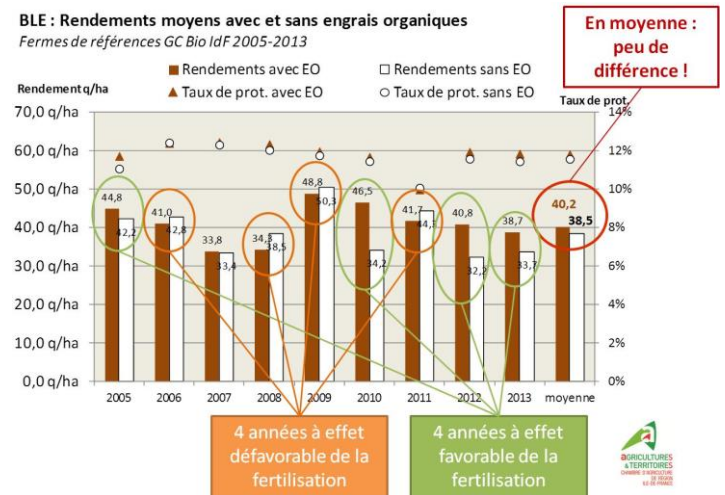


Figure 3 : Rendements comparés des parcelles de blé biologique fertilisées ou non fertilisées (source : Réseau de fermes de références grandes cultures biologiques, CAR IdF)

Rendement des blés bio en fonction de leur précédent et du niveau de fertilisation

Réseau de fermes de références grandes cultures bio Ile-de-France

Légende

Précédent :

C : Céréales
 LG+ : Légumineuse à Graines
 Lu : Luzerne

Niveau de fertilisation :

0 : 0 à 20 kgN/ha
 1 : 20 à 60 kgN/ha
 2 : 60 à 100 kgN/ha
 3 : 100 à 140 kgN/ha
 4 : > 140 kgN/ha

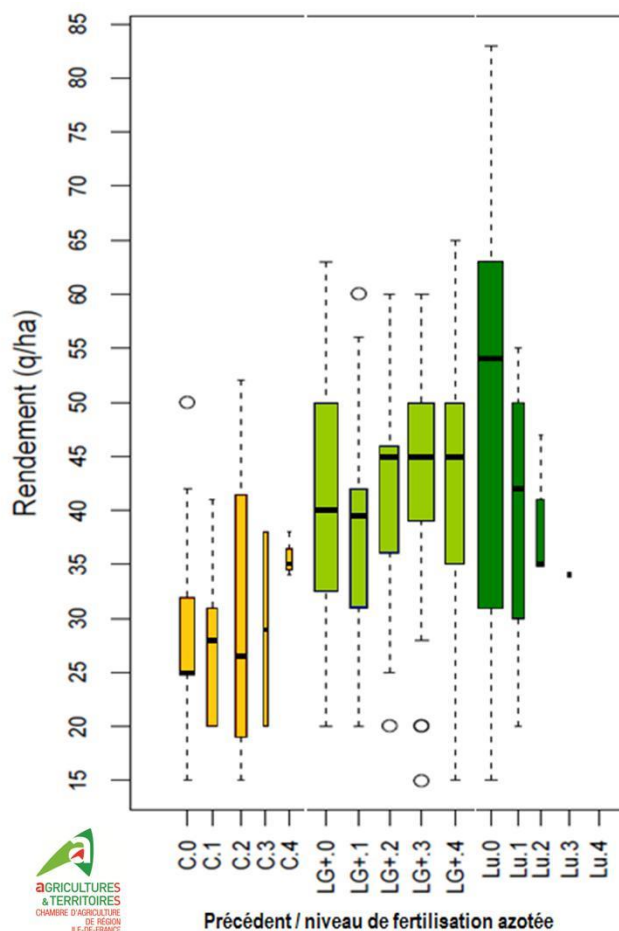


Figure 4 : Rendements des blés biologiques en fonction de leur précédent et du niveau de fertilisation (source : Réseau de fermes de références grandes cultures biologiques, CAR IdF)

Résultats d'essais sur la fertilisation du blé biologique au printemps

Pour mieux comprendre les conditions d'efficacité des engrais organiques, les résultats d'une centaine d'essais menés sur la fertilisation du blé biologique au printemps dans toute la France ont été collectés et analysés avec les résultats des essais d'Île-de-France¹ (Glachant, 2017).

Différence entre produits organiques testés

Dans les essais qui comparent les différents types d'engrais organiques (vinasses, farines de plumes, de viandes, fientes de volailles, guano), les différences entre produits sont rarement significatives (de l'ordre de 1 à 3 q/ha, 0 à 0,5% protéines), et surtout ne vont pas toujours dans le même sens. Aucun produit ne s'est donc distingué en montrant une meilleure efficacité que les autres.

Le choix de l'engrais organique doit donc reposer sur :

- son coût à l'unité d'azote,
- sa praticité d'épandage (rendu racine pour les vinasses, bouchons par distributeur d'engrais, fientes à l'épandeur),
- sa teneur en autres éléments (P et K principalement) en fonction des carences (ou risques) observées sur la parcelle : privilégier les vinasses dans un système luzerne qui exporte beaucoup de potasse par exemple.

Efficacité et rentabilité des apports

Si, sur l'ensemble des essais, le gain moyen de rendement est de l'ordre de 5 q/ha pour 60 kgN/ha apportés (figure 5), il est extrêmement variable et n'est significatif que dans seulement 50 % des essais !

Cette variabilité d'efficacité se traduit, en termes économiques, par une perte de marge brute liée au coût de l'apport d'engrais organique dans 40% des situations (figure 6).

¹ Essais réalisés entre 1995 et 2015 dans 9 régions, majoritairement en limons argileux, argilo-calcaires et limons battants.

Effet moyen d'un apport de 60 kg N/ha au tallage

sur 77 comparaisons issues de 57 essais

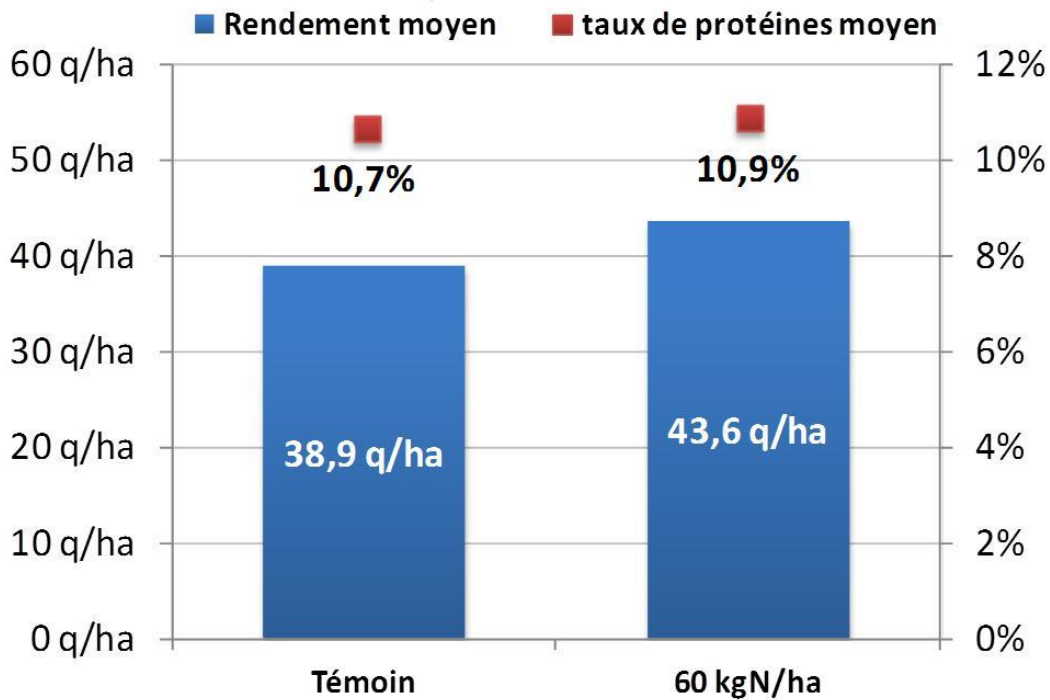


Figure 5 : Effet d'un apport de 60 kgN/ha au tallage sur le rendement et le taux de protéines du blé biologique (moyenne sur 77 situations) (source : CAR IdF)

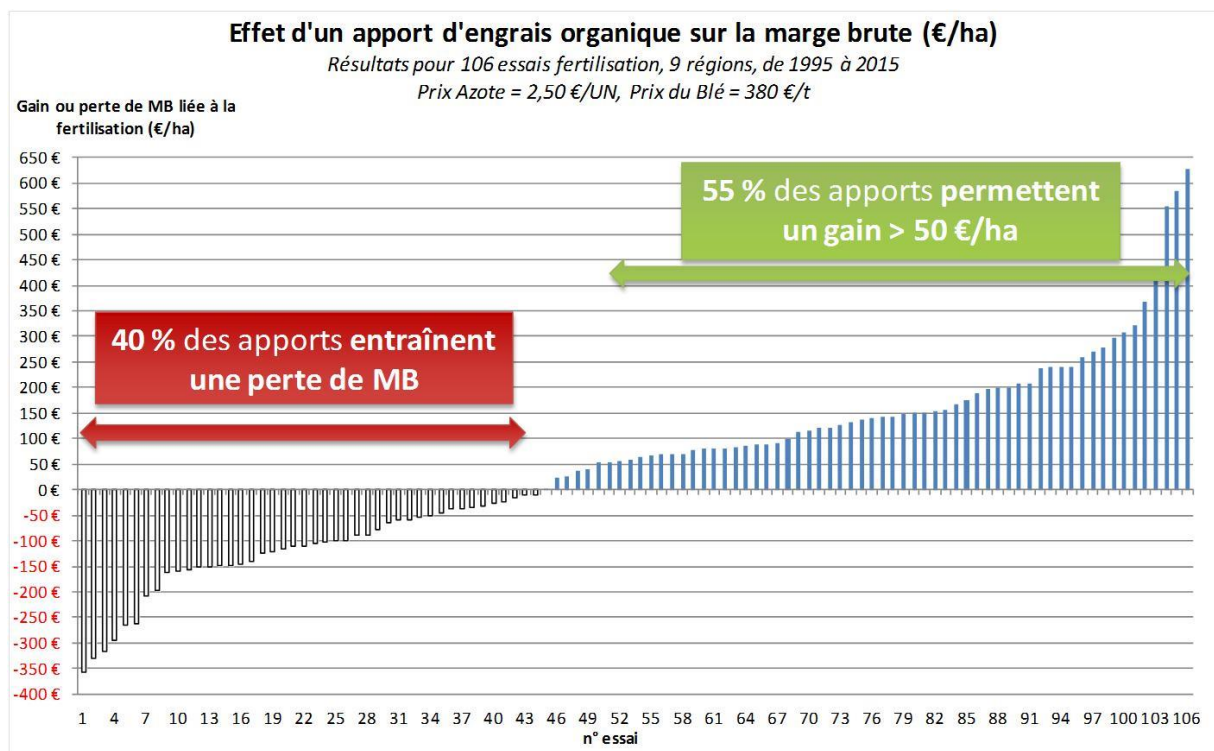


Figure 6 : Effet d'un apport d'engrais organique au printemps sur la marge brute du blé biologique dans 106 essais (source : CAR IdF)

Notion de facteur limitant et importance du RSH

Il était donc important, au vu des résultats de ces essais, d'identifier les conditions dans lesquelles les engrais n'ont pas ou peu d'efficacité, afin d'éviter d'engager des dépenses inutiles dans ces situations.

Chacun des essais a donc fait l'objet d'une caractérisation précise :

- positionnement du type de sol dans la classification agromonomique et comportementale des sols de Seine-et-Marne (Aubert et al., 2005),
- caractérisation de l'année climatique (pluviométrie hivernale, conditions post-apport),

- RSH (reliquats azotés à la sortie de l'hiver),
- Tous les facteurs ayant pu limiter le niveau de rendement et/ou d'efficacité de l'engrais, appelés par la suite facteurs limitants (FL) : enherbement, compaction du sol, densité du blé, attaque de maladies ou ravageurs, etc.

En effet, on considère que ces facteurs peuvent jouer soit sur la quantité d'azote mis à disposition de la plante (minéralisation réduite en cas de resserrement des sols, azote absorbé en partie par les adventices présentes dans la parcelle,...) soit sur la capacité de la culture à l'absorber (problème d'enracinement lié à un problème de structure du sol, peuplement réduit,...). Dans les deux cas, cela se traduit par une plus faible quantité d'azote absorbée par la culture, et donc un effet sur le rendement mais aussi sur l'efficacité de l'engrais apporté. Les essais ont été classés selon l'intensité du ou des facteur(s) limitant(s) identifié(s) (3 niveaux d'intensité : 0, 1 ou 2), ce qui a permis pour chaque classe de facteur limitant d'en quantifier l'impact sur le rendement mais aussi d'établir la relation entre l'efficacité de l'engrais organique et le niveau de RSH.

En conclusion, les deux facteurs majeurs qui jouent sur le niveau de rendement et d'efficacité des engrais organiques pour le blé biologique, sont :

- La quantité d'azote présent dans la parcelle (mesurée par le RSH) : plus elle est importante, plus le rendement est élevé, et moins les engrais organiques apportés en complément au printemps sont efficaces.
- La présence d'un ou plusieurs facteur(s) limitant(s) : plus l'intensité du facteur limitant est forte, plus le rendement est

affecté négativement, et moins les engrais organiques sont efficaces.

Ces relations ont été traduites en un outil d'aide à la décision, Décid-org, qui est présenté ci-après.

Décid-org : un outil pour décider ou non de fertiliser ses parcelles de blé biologique au printemps

Les résultats des essais ayant montré qu'un apport d'engrais organique n'est pas toujours efficace ni rentable, il semblait important d'utiliser la méthode du bilan non pas pour décider de la dose à apporter, mais pour évaluer l'intérêt de fertiliser ou non (suivant de la situation de la parcelle), avant de calculer la dose nécessaire.

Par ailleurs, compte-tenu de l'impact des facteurs limitant la disponibilité de l'azote sur le rendement du blé et l'efficacité des apports, il paraissait indispensable d'élaborer un outil qui permette de prendre en compte ces facteurs.

La démarche de l'outil Décid-org est présentée en figure 7.

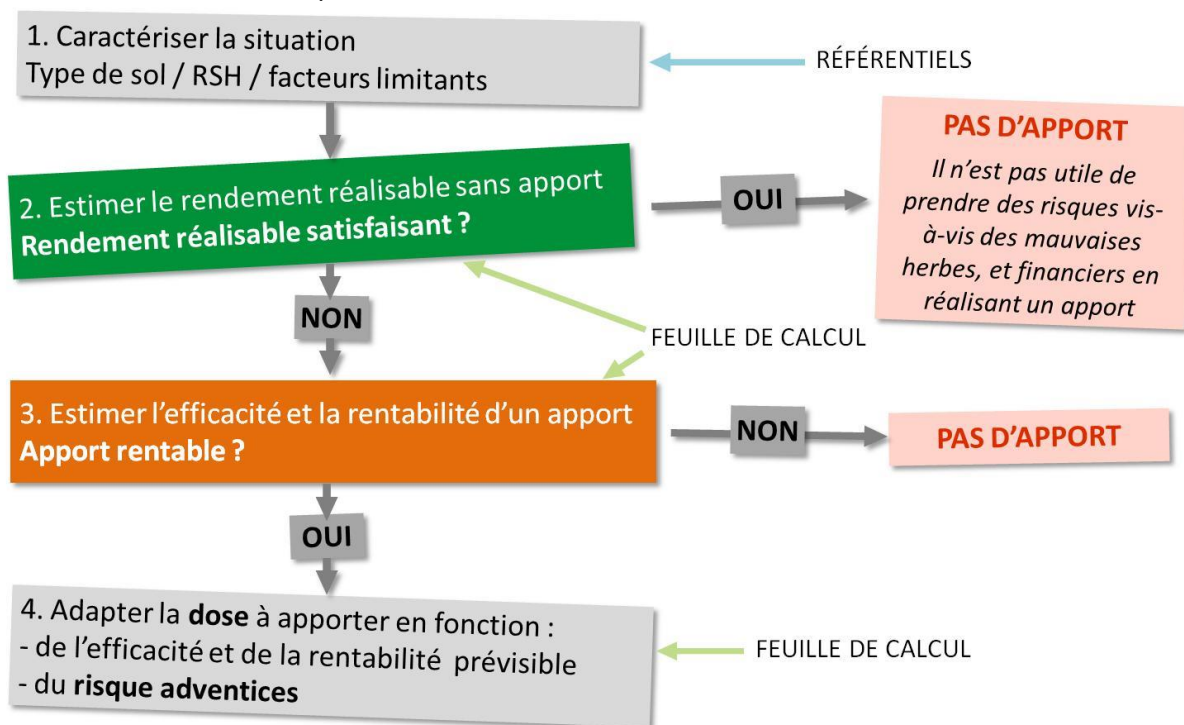


Figure 7 : Démarche d'utilisation de l'outil Décid-org

Décid-org comprend deux modules (figure 8) :

- un module de calcul du rendement réalisable dans la parcelle sans apport d'engrais,

- un module de prévision de l'efficacité et de rentabilité d'un apport d'engrais organique en fonction des facteurs limitants et du niveau de RSH de la parcelle.

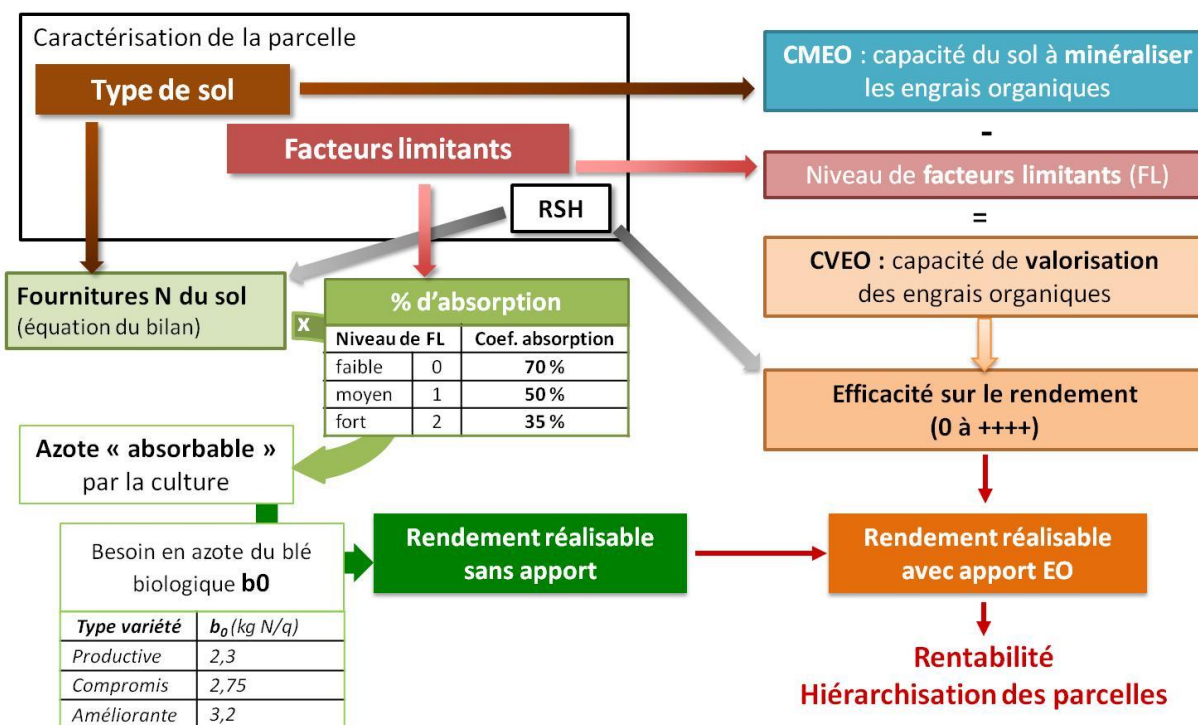


Figure 8 : Schéma de fonctionnement et paramètres de l'outil Décid-org

Module de calcul du rendement réalisable

Ce module est basé sur l'équation du bilan, mais avec des adaptations qui se sont avérées nécessaires suite à l'analyse des essais précédemment cités.

Equation du bilan retenue

Dans Décid-org, l'équation du bilan est utilisée pour calculer les fournitures totales d'azote par le sol à l'ouverture du bilan. L'équation utilisée est celle définie par l'arrêté définissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Île-de-France (2014) :

Fourniture d'azote par le sol = $P_i + R_i + M_h + M_{hp} + M_r + M_{rCi} + X_a + N_{irr}$

Avec :

P_i = quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan

R_i = quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan

M_h = minéralisation nette de l'humus du sol

M_{hp} = minéralisation nette due à un retournement de prairie

M_r = minéralisation nette de résidus de récolte

M_{rCi} = minéralisation nette de résidus de cultures intermédiaires

X_a = équivalent engrais minéral efficace

N_{irr} = azote apportée par l'eau d'irrigation

En dehors de M_h (voir paragraphe suivant), les données utilisées pour le calcul de la fourniture d'azote par le sol sont issues des référentiels classiques définis par le GREN IdF (arrêté précité).

Introduction d'un coefficient d'absorption de l'azote du sol

Un coefficient d'absorption a ensuite été introduit et s'applique aux fournitures du sol précédemment décrites : il correspond à la proportion d'azote du sol que la culture peut absorber, en fonction de l'intensité des facteurs limitants, puisqu'on considère que les facteurs limitants diminuent la quantité d'azote absorbée par la culture (voir plus haut).

Ainsi, dans Décid-org, à chaque classe d'intensité des facteurs limitants (0, 1 ou 2) correspond un coefficient d'absorption (70%, 50% ou 35%), qui permet de calculer la part des fournitures totales d'azote du sol que le blé est capable d'absorber. Ces valeurs de coefficient d'absorption pour chaque classe de facteurs limitants ont été établies de la manière suivante :

- Pour chacun des essais analysés, les données suivantes ont été calculées :

- les fournitures d'azote du sol, calculées avec l'équation du bilan, et en utilisant des valeurs de minéralisation nette de l'humus (M_h) réévaluées pour chaque type de sol grâce à un modèle fourni par Arvalis,
- la quantité d'azote absorbée par le blé dans le témoin sans apport (calculée à partir du rendement obtenu),
- le coefficient d'absorption, qui est le rapport entre la quantité d'azote absorbé dans le témoin et les fournitures d'azote par le sol.

- Les essais ayant été répartis en 3 classes en fonction de la présence d'un ou plusieurs facteurs limitants plus ou moins intenses, le coefficient d'absorption moyen a donc été calculé pour chacune des classes, aboutissant aux 3 valeurs indiquées ci-dessus.

A noter que, en lien avec l'introduction du coefficient d'absorption, les valeurs utilisées pour la minéralisation de l'humus (M_h) sont spécifiques à Décid-org et supérieures à celles utilisées pour la méthode du bilan classique (suite à leur réévaluation avec l'appui d'Arvalis).

Besoin en azote du blé biologique (sans apport)

Les témoins des essais ont permis de calculer le b_0 , c'est-à-dire le besoin en azote pour un blé conduit en AB, sans apport extérieur. Ce b_0 , équivalent au b utilisé en agriculture conventionnelle, est plus faible que ce dernier pour un même type de variété, la quantité d'azote disponible étant toujours inférieure à la dose optimale. Pour la variété RENAN, la plus cultivée en AB, il est de 2,75 kgN/q.

Calcul du rendement réalisable sans apport

L'application du coefficient d'absorption puis du besoin en azote du blé biologique b_0 aux fournitures d'azote du sol permet de calculer un rendement réalisable dans la parcelle, sans aucun apport d'engrais organique, et de juger s'il est satisfaisant ou non, avant de décider de fertiliser son blé ou non.

Module de calcul de l'efficacité et de la rentabilité d'un apport d'engrais organique

Les essais ont montré que l'efficacité des engrais organiques dépend de l'intensité des facteurs limitants (FL). Pour prendre ce paramètre en compte, les différents types de sol de la classification agronomique des sols de Seine-et-Marne (applicable à l'Île-de-France) ont d'abord été classés, à dire d'expert, selon leur capacité à minéraliser les engrais organiques (appelée CME0 dans Décid-org.) en 3 niveaux (1 à 3) (voir figure 9). On considère alors que l'intensité des facteurs limi-

tants (de 0 à 2) diminue d'autant la CME0, et donne la capacité de valorisation des engrais organiques (CVE0) dans la situation considérée (CVE0 = CME0 - FL).

Le deuxième facteur influençant l'efficacité de l'engrais organique est la quantité d'azote minérale disponible en sortie d'hiver (RSH). La relation déduite de l'analyse des essais est présentée dans la figure 10.

La CVE0 et le niveau de RSH permettent donc de prévoir le niveau d'efficacité de l'engrais organique, en part d'azote efficace et donc d'estimer le gain de rendement permis suivant la dose d'apport et d'en déduire le gain ou la perte de marge brute en fonction du coût d'engrais engagé.

Pour la prise de décision, il ne faut pas perdre de vue qu'un apport d'engrais organique profite tout autant aux mauvaises herbes qu'à la culture, et que, par conséquent, toute fertilisation expose à un risque accru de salissement de la parcelle (dès 50 kg N/ha pour les adventices nitrophiles et 100 kg N/ha pour les autres).

Types de sols		Azote du sol minéralisé Nm (en UN/ha)		CME0 Capacité du sol à Minéraliser les Engrais Organiques
		Récolte d'été		
		pHeau > 6,5	pHeau < 6,5	
Argile sableuse superficielle	Terres très humides (drainage inefficace)	45	45	1
Argile engorgée superficielle		55	55	
Limon sableux engorgé		50	50	
Limon argileux engorgé peu profond		50	50	
Sable limoneux engorgé	Terres humides peu profondes (drainées)	50	50	1
Sable calcaire engorgé (non drainé)		40	40	
Argile engorgée peu profonde		55	55	
Limon battant engorgé peu profond		45	45	
Argile limoneuse carbonatée peu profonde		75	75	
Argile limoneuse peu profonde (non drainée)		45	45	
Argile sableuse semi-profonde	Terres humides semi-profondes (drainées)	55	55	
Argile limoneuse sur argile		90	55	
Argile limoneuse sur calcaire (non drainé)		90	55	
Limon argileux engorgé semi-profond		80	50	
Limon argileux profond (drainé)	Terres profondes à très profondes	110	60	2
Limon battant profond (drainé)		100	75	
Limon argileux vrai		110	110	3
Limon calcaire profond		100	100	
Limon battant très profond		130	130	
Limon battant engorgé semi-profond	Terres intermédiaires humides (drainées)	140	140	2
Argile limoneuse carbonatée sur argile		75	45	
Argile limoneuse carbonatée sur calcaire		90	90	
		90	90	
Limon argileux semi-profond	Terres intermédiaires séchantes (non drainées)	90	60	2
Limon calcaire sur calcaire		80	80	
Limon franc semi-profond		90	90	
Limon battant semi-profond		80	55	
Sable argileux		80	50	
Argilo-calcaire sur marne	Terres séchantes (non drainées)	65	65	2
Limon calcaire sur argile		80	80	
Argilo-calcaire peu profond		55	55	
Sable sain limoneux		50	40	
Limon battant peu profond		70	45	
Sable calcaire sain	Terres très séchantes	40	40	2
Argilo-calcaire superficiel		55	55	
Limon calcaire peu profond		70	70	
Sable sain		40	30	

Figure 9 : Classification agronomique des sols d'IdF et CME0 associées au type de sol

CVEO	0	1	2	3
RSH (kgN/ha)	(faible)	(moyenne)	(élevée)	(très élevée)
0-50	+	++	+++	++++
50-80	0	+	++	+++
>80		0	+	++

Niveau efficacité	Part d'azote efficace dans l'engrais organique
0	0 à 15%
+	15 à 25%
++	25 à 35%
+++	35 à 45%
++++	>45%

Figure 10 : Niveau d'efficacité prévisible (0 à +++) de l'apport d'engrais organique en fonction de la CVEO et du niveau de RSH

Limites et perspectives de Décid-org

Les paramètres spécifiques à Décid-org (minéralisation de l'azote du sol, coefficient d'absorption, b_0) ont été établis sur la base des essais analysés, qui ont été conduits principalement en sols de type limons argileux (27% des essais), limons battants (24% des essais) et argilo-calcaires (24% des essais), sans irrigation. Les valeurs de ces paramètres sont donc fiables dans ces trois grands types de sols. Les autres types de sols étaient peu représentés dans les essais, et les valeurs des paramètres y sont donc moins bien adaptés. En particulier, le paramétrage réalisé ne s'applique pas bien aux sols de craie et aux situations irriguées, dont les conditions de minéralisation diffèrent de celles des sols principalement analysés dans la construction de l'outil.

La figure 11 montre la corrélation entre le rendement réalisable calculé avec Décid-org et le rendement réel obtenu dans les témoins de 68 essais. Le coefficient de corrélation est relativement bon ($R^2 = 0,74$), mais le rendement réalisable est généralement surestimé de manière assez importante en situation de RSH très élevés (supérieurs à 120 kg N/ha).

Décid-org nécessite une bonne caractérisation de la parcelle (type de sol et conditions météorologiques de l'année) ainsi que des facteurs limitants et son utilisation doit s'envisager dans le cadre d'une concertation entre conseiller et agriculteur.

Seuls les facteurs limitants déjà présents dans la parcelle au moment de la prise de décision de l'apport sont pris en compte dans cet outil. D'autres facteurs non prévisibles, comme la météorologie des semaines suivant l'apport, ou l'apparition de maladies en fin de cycle, peuvent influencer aussi l'efficacité de l'apport.

Les référentiels d'évaluation de l'intensité des facteurs limitants restent encore à affiner. Compte-tenu de son fonctionnement, Décid-org ne peut être utilisé que pour une fertilisation de printemps. Il pourrait être intéressant d'élargir l'approche aux apports d'engrais organiques à l'automne, en prenant en compte les risques de lessivage, ainsi qu'à d'autres cultures.

Comparaison du rendement réalisable calculé avec Décid-org et du rendement réel obtenu dans les témoins de 68 essais

(en orange les points où le RSH ≥ 120 kgN/ha)

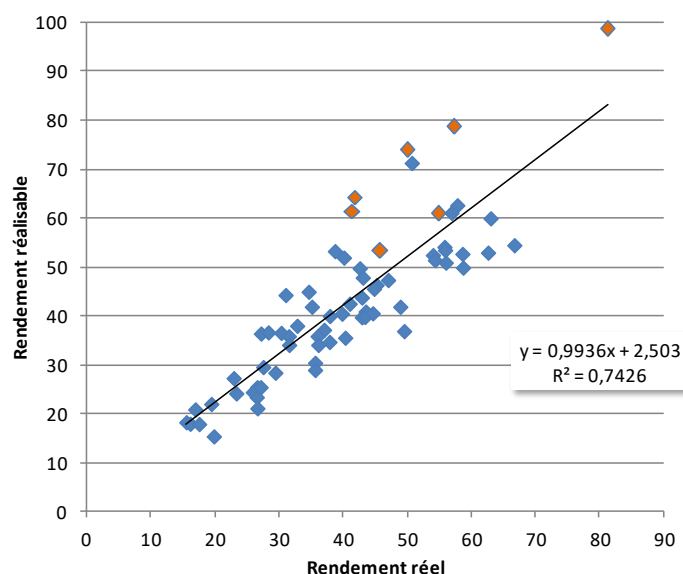


Figure 11 : comparaison du rendement réalisable calculé avec Décid-org et du rendement réel réalisé dans les témoins des essais

Conclusion

Le choix de la rotation et en particulier d'un précédent légumineuse permet de répondre au mieux aux besoins azotés du blé biologique, et les apports d'engrais organiques doivent se raisonner en compléments éventuels en fonction de la situation de la parcelle.

L'efficacité des engrais organiques apportés au printemps est fortement dépendante de facteurs dont on connaît les caractéristiques au moment de l'apport : la situation pédoclimatique, l'azote déjà présent dans le sol (RSH) et la présence éventuelle de certains facteurs limitants. L'outil Décid-org prend en compte tous ces paramètres pour permettre à l'agriculteur de choisir les parcelles à fertiliser en priorité (ou à ne pas fertiliser). Il reste avant tout un outil pédagogique d'aide au raisonnement qui permet d'estimer l'impact des principales causes de dégradation de l'efficacité des engrais organiques et du rendement du blé biologique : mauvais choix de rotation, mauvais travail du sol, mauvaise maîtrise des adventices...

L'approche présentée ici est centrée uniquement sur l'azote. En AB, la majorité des fertilisants utilisés ne contiennent pas seulement de l'azote mais également d'autres éléments, qui peuvent être nécessaires au système (P et K notamment), suivant la situation des parcelles. Il faut alors, comme souvent en AB, trouver le bon compromis agronomique et économique entre apports d'azote, impact sur l'enherbement, et besoins en autres éléments.

Décid-org est disponible sur demande auprès de l'auteur.

Pour plus d'informations sur la construction de l'outil :

BILLY L., 2008. *Mise en place d'un outil de gestion de l'azote pour le blé tendre en système de grandes biologiques en zone Centre*. Mémoire de fin d'études d'ingénieur, ENITAC.

Références bibliographiques :

Aubert C., Bizot E., Glachant C., Proffit L., Loussot P., Richer de Forges T. (2005). Guide conseil n°4, *Classification agronomique et comportementale des sols de Seine et Marne*. Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne, 176 p.

Glachant, C., 2017. *Blé biologique : fertilisation azotée au printemps – Synthèse nationale de 20 ans d'essais 1995-2015*. Fiche technique Tech&Bio.

Salitot, G., 2013. *Comparaison de couverts légumineuses*. Diaporama présenté en Groupe de travail APCA-ITAB Couverts végétaux en interculture en AB.