



Comité Français d'Étude et de Développement
de la Fertilisation Raisonnée

Réunion du groupe de travail Azote et Soufre (GT NS)

10 mars 2022

9h – 16h présentiel

Étaient Présents :

BOUCHARD	Marie-Astrid	JUNIA
CACHON	Jean-Pierre	CETA MARLE
CASSAN	Laurent	APEF - AOP ENDIVE
COULEROT	Julie	AGRO CONSEIL
DEGAN	Francesca	ARVALIS
DIEDHIOU	Khady	COMIFER
DUBOEUF	François	WANAKA
GERARD	Philippe	VIVESCIA AGRICULTURE SERVICES
HERVE	Marc	EUROCHEM AGRO
HEURTAUX	Mathilde	ACTA
LAFERTE	Stéphane	AUREA
LAMBERT	Marc	YARA
LEDUC	David	APCA / CA Pays de la Loire
MAHE	Mickael	SCA LE GOUESSANT
MOREL	Chloé	MAA
OBRIOT	Fiona	LDAR
PAUT	Raphael	INRAE
REVALIER	Christian	Chambre d'Agriculture du Loiret
TAULEMESSE	François	ARVALIS
TAUVEL	Odile	Chambre Agriculture Normandie
TURQUET DE LA BOISSERIE	Bruno	ISAGRI
VARVOUX	Laurent	Terrena Innovation
VERSLUYS	Luc	LM Agri S.à.r.l.
WEENS	Maëva	CA Grand Est
WEIL	Alexandre	Precifield

Introduction et éléments de réflexion (David Leduc)

Stratégies de gestion de l'azote : bien comprendre l'articulation entre bilan azoté, fractionnement et pilotage.

De multiples stratégies de gestion de l'azote existent. En général, les agriculteurs choisissent un schéma de gestion qui se répète dans le temps en fonction des cultures. Le raisonnement se fait sur le rendement, la qualité, la marge, etc. Il y a beaucoup de différences sur la manière dont les agriculteurs gèrent la fertilisation azotée, des plus pointus aux moins pointus.

En général une stratégie en trois temps est mise en œuvre : i) calcul de dose prévisionnelle (préconisé par le COMIFER puis appuyé par la réglementation) ; ii) fractionnement ; iii) pilotage partiel.

Nouveauté : le pilotage intégral. Le pilotage intégral diffère du schéma de base, car il part du principe qu'il n'est pas nécessaire de calculer une dose prévisionnelle basée sur les objectifs de rendement jugés trop variables. Il se base sur un diagnostic du couvert, afin d'appliquer différentes règles de décision qui permettent d'ajuster à la hausse ou à la baisse les doses d'azote.

Cependant, les objectifs des agriculteurs sont très variables et certains outils ne vont pas convenir à tout le monde. Le COMIFER prône l'usage d'un référentiel avec des outils de calcul de dose prévisionnelle (label PREV'N). Il s'agit d'outils d'aide à la réalisation de plans prévisionnels de fumure (PPF).

La méthode du bilan permet dans 50% des cas de calculer une bonne dose. Au fil du temps, différentes stratégies sont mises en œuvre pour booster cette méthode, avec beaucoup d'évolutions de format : amélioration du fractionnement, pilotage. Un travail sur la précision de la méthode du bilan est également mené au sein du COMIFER depuis quelques années.

Point sur le fractionnement : Quand ? Comment ? Prise en compte du passé récent de fertilisation ; etc. Attention cependant aux préconisations qui ne recommandent pas les bonnes pratiques. Certaines pratiques sont à l'origine de problèmes de valorisation (risques de volatilisation, etc.).

Il existe des stratégies d'apports (très précoces, précoces, intermédiaires et tardives) mises en œuvre sur les céréales. Les apports intermédiaires et tardifs représentent 80% des cas. Les apports très précoces ont pour objectif de sécuriser le rendement. Cependant, des raisons agronomiques peuvent pousser à adopter des stratégies particulières (maximiser et/ou préserver le rendement / optimiser la marge / optimiser l'azote). Plus les apports sont précoces, plus la quantité d'intrant utilisée est élevée. Sur les stratégies tardives, certains agriculteurs perçoivent un risque alors que d'autres perçoivent des économies d'azote.

Echanges sur la question de la mise en réserve avant diagnostic

L'intérêt de la mise en réserve est qu'elle permet d'éviter la sur fertilisation. Cependant, les optiques et les besoins de mise en réserve sont variables selon la culture car certaines espèces sont moins sensibles aux carences en azote. L'effet variétal joue également un rôle important avec l'existence de variétés qui supportent très mal les impasses. Il est donc nécessaire d'avoir une mise en réserve, même pour les cultures les moins exigeantes, en partant du principe qu'il vaut mieux éviter une carence qui affectera le rendement. Certaines carences n'étant pas toujours faciles (possibles) à rattraper.

La mise en réserve reste pertinente uniquement au-delà d'un certain seuil. Se pose donc la question du « risque acceptable ».

Au début des années 1990 le fractionnement consistait à réaliser deux apports. Puis au fil des années, on observe un développement des outils de pilotage et la préconisation de conseils mieux élaborés. Des outils comme JUBIL et Hydro N Tester ont permis une estimation plus ou moins directe de l'Indice de Nutrition Azotée (INN).

Avec le pilotage partiel, l'effet dose est supérieur à l'effet d'ajustement. Les outils de pilotages permettent un gain de précision lors des apports, mais pour certains d'entre eux, les protocoles de test et de mise en œuvre restent compliqués. Pour d'autres, il est nécessaire de réaliser des ajustements en actualisant les essais initialement réalisés.

Il existe aujourd'hui plusieurs gammes d'outils : outils de diagnostic ; de calcul de doses prévisionnelles ; pronostics de croissance ; spatialisations de doses ; etc. Ces outils permettent de réaliser des diagnostics en lien avec l'INN, par zone de la parcelle ainsi que des évaluations du statut azoté. Ces mesures se font soit par des prélèvements sur une zone, soit à l'échelle parcellaire (spatialisation).

Cependant, avec les outils de pilotage, il n'est pas toujours possible de récupérer les situations les plus critiques. De plus, pour certaines cultures, les 'fenêtres de tir' sont très réduites pour le pilotage, avec des risques météorologiques et climatiques plus élevés. Il est donc difficile de séparer la notion de mise en réserve de la notion de bilan. Les outils de pilotage doivent permettre d'ajuster les doses calculées avec la méthode du bilan.

Les deux approches peuvent donc être complémentaires, de manière à effectuer un pilotage au moment du dernier apport. La mise en réserve ne doit pas se dissocier de la dose du bilan.

Cependant, même sur la méthode du bilan, des incertitudes existent à plusieurs niveaux (postes de l'équation), avec des aspects agronomiques difficiles à prendre en compte.

Remarque : Une mise en réserve nulle c'est possible, mais il y a des situations bien identifiées : dose faible sur un reliquat élevé. Quelquefois les reliquats sont connus assez tard, or il faut avoir les reliquats à temps pour réussir le pilotage du premier apport. Il ne faut pas prendre de risque sur le premier apport, surtout pour les faibles doses.

Dans certaines situations, on accepte que les outils de pilotage dépassent les doses du bilan prévisionnel et il faut bien connaître les règles de décisions qui permettent de faire de la mise en réserve.

Présentation de l'outil d'ajustement de dose de Precifield (Alexandre Weil - Précifield)

La société Précifield a été créée en 2016. Elle propose un modèle de conseil basé sur un outil permettant de valoriser au mieux l'activité des agriculteurs, en leur apportant des conseils sur grandes cultures (blé et colza). L'outil permet de produire des cartes de biomasse entre le 31 octobre et le 1^{er} janvier, afin d'adapter les pratiques. Il laisse la possibilité à ses utilisateurs de s'en servir de manière autonome.

EXEMPLE Sur colza (démonstration)

L'utilisateur renseigne les informations requises (stratégies agronomiques) qui permettent de calculer et comparer les apports selon les scénarios qu'il envisage de mettre en œuvre, choisir les produits à apporter, préciser ses besoins de conseil, etc.

Le potentiel de rendement est calculé à trois dates différentes pour permettre des comparaisons. Le modèle mis en œuvre part du principe qu'il y a une relation entre la biomasse et le rendement.

L'outil se base sur les données de biomasses (données d'entrée et de sortie). Sur colza, il s'agit d'une 'duplication' d'une réglette permettant de moduler certains éléments. On crée ainsi un modèle qui propose une prédiction du potentiel de rendement à un temps t (ex : au 1^{er} mai) grâce à différents indicateurs liés à la biomasse et au rendement. Ces indicateurs sont issus de nombreuses cartes de rendement (données historiques ; images satellites) qui prennent en compte les évolutions semaine après semaine (sentinelle Hub + indice de surface foliaire) ainsi que les écarts de biomasse sur plusieurs parcelles à l'échelle de la France, sur les 5 dernières années. Cependant, l'outil ne prend pas en compte les types de sol.

L'outil permet une modulation (pilotage partiel) des objectifs de rendement à travers la biomasse.

Remarques :

Sur l'outil Précifield, l'azote n'est pas directement pris en compte. Il n'est donc pas considéré comme facteur limitant.

Le diagnostic azoté est un élément principal à prendre en compte dans le pilotage intégral.

L'outil Précifield est fonctionnel et utilisé sur le terrain, cependant, il ne s'agit pas d'un outil de pilotage au sens strict.

Le groupe : il est nécessaire de mettre un cadre pour l'usage des outils de pilotage et leur validation.

Point d'étape sur les travaux de JUNIA sur le pilotage de la fertilisation azotée (Marie-Astrid Bouchard - JUNIA)

Cf. Support PPT pour plus de détails

Dans le cadre de ce travail, différentes méthodes de pilotage sont testées en utilisant deux catégories d'OAD :

- Les OAD de pilotage du dernier apport, basés sur des données de croissance, transmittance, réflectance (Airnov, Wanaka, Farmstar)
- Les OAD basés sur le raisonnement dynamique (modélisation de l'azote disponible pour la culture)

L'objectif est d'étudier les performances agronomiques et environnementales de ces différents OAD en mettant en place un essai en 4 blocs complets sur orge, blé et colza. Les résultats obtenus entre 2017 et 2020, représentant la première partie du projet ont fait l'objet de la présentation.

Les principaux paramètres étudiés sont : la croissance de la culture, sa performance, le rendement, le reliquat avant l'implantation des cultures ainsi qu'en sortie d'hiver, la sur fertilisation sur la base du reliquat post récolte (reprise de minéralisation en fin de cycle), etc.

Les résultats sur une année donnée ont montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre l'entrée d'hiver et la période post récolte. On remarque également que le CAU n'est pas significatif et que plus la dose absorbée est élevée, plus le CAU est faible. Cependant, cette tendance s'inverse d'une année sur l'autre.

Le modèle STICS a été utilisé afin d'effectuer une simulation selon un pas de temps journalier. Cette modélisation permet d'observer peu de différences à la récolte en termes de rendement et de qualité. Une mauvaise valorisation de certaines formes d'azote a été observée (surplus en 2018 valorisé l'année suivante)

En conclusion, on observe peu de différences à la récolte entre les OAD testés. Les économies de doses ne portent pas de préjudice à la récolte et les surplus d'azote sont stockés dans le sol, ce qui engendre un risque de lessivage plus important. Une sur fertilisation sur blé a été observée dans 82% des situations (38 kg/ha en moyenne de sur fertilisation). Cela soulève donc une question sur l'intérêt des OAD qui doivent normalement permettre d'ajuster les doses en adaptant les pratiques aux conditions climatiques.

Remarques :

Comment on évalue plus globalement ces OAD sachant qu'il ne faut pas se limiter à un petit échantillon ? Quel volume d'essai faut-il mettre en place ?

Attention à différencier les valeurs relatives et les valeurs absolues. La biomasse est exprimée en valeurs relatives.

Des réserves méthodologiques, sur la manière d'évaluer les OAD : contexte expérimental ?

Travail sur l'encadrement de l'usage des outils de pilotage

Au vu des différents échanges entre les membres du groupe, il y a un besoin de cadrage des outils de pilotage pour que tout le monde puisse raisonner sur les mêmes bases.

Il semble important de cadrer la mise en réserve, et travailler sur la définition des différents types d'outils existant sur le marché et leurs conditions d'usage.

Un sous-groupe de travail a été mis en place pour travailler sur le sujet. Les participants sont : François Duboeuf ; Marc Lambert ; David Leduc ; François Taulemesse ; Odile Tauvel ; Laurent Varvoux (animateur).

14h – Etat d'avancement du développement de l'outil Appi'N (Raphael Paut - INRAE)

Cf. Support PPT pour plus de détails

Appi'N est un outil d'aide à la décision pour la fertilisation azotée du blé, basé sur le pilotage intégral.

Les références du COMIFER ainsi que celles des organismes de R&D sont les plus utilisés, avec des préconisations de règles de fractionnement. Le coefficient 'b' permet d'approcher les besoins de la culture et les règles de fractionnement sont mis en place afin de valoriser au mieux les apports.

Avec Appi'N, une nouvelle approche est proposée. L'outil ne prends pas en compte l'objectif de rendement. Sa conception est basée sur environ 200 traitements issus d'essais sur l'azote.

Un travail de simulation sur 20 ans (analyse des éléments climatiques sur les 20 dernières années) a été réalisé afin d'identifier les jours favorables à l'apport de fertilisants. Pour chaque période de jours favorables, il existe des seuils d'apport à ne pas dépasser. Les apports sont réalisés selon le risque évalué à partir de l'INN.

Les différences de biomasse observées entre les apports sont également prises en compte car elles sont liées au rendement.

En pratique, un témoin sur fertilisé est mis en place pour servir de référence afin de parvenir à une bonne estimation de l'INN. Ce carré sur fertilisé permet d'approcher plus facilement l'INN en sortie d'hiver.

La méthode tolère des carences et il existe des situations où la dose est augmentée. Néanmoins, des préconisations d'apport sont proposées grâce à des abaques. Ces abaques sont régionaux et basés sur le climat mais pas sur le type de sol ou la variété. La méthode définit des « fenêtres de tir » et les apports sont déclenchés si les conditions climatiques sont favorables.

Des écarts trop importants, non justifiés par les conditions climatiques ont néanmoins été remarqués.

Le déploiement de la méthode est en cours avec la diffusion d'abaques en régions. Ces abaques sont également utilisés pour la suite du projet avec notamment le déploiement d'une application

web et smartphone qui permettra de collecter et enregistrer une large gamme de données, travailler sur des outils pour estimer l'INN, passer à l'échelle de l'exploitation et adapter la méthode à d'autres cultures comme le colza ainsi que d'autres modes de production.

Etat d'avancement du développement de l'outil CHN (François Taulemesse - ARVALIS)

Cf. Support PPT pour plus de détails

La méthode est développée sur le blé tendre d'hiver. Elle prend en compte l'échelle parcellaire, affine les besoins de la plante et permet le pilotage du dernier apport afin d'actualiser le bilan sur chaque site de la parcelle.

Elle permet de réaliser un diagnostic-pronostic sur l'état nutritionnel et la biomasse, connaître la dynamique de l'INN minimale et optimiser les apports en intégrant le risque climatique. L'INN minimum dépend des conditions du milieu qui influencent à leur tour les composantes du rendement.

CHN est un outil basé sur un modèle qui prend en compte la croissance, le développement, l'état de nutrition et les flux (azote, eau, carbone). Le couplage aux bases de données internes d'Arvalis permet de faciliter son utilisation.

Le modèle est aussi couplé avec du satellite pour réduire le niveau d'incertitude. Il peut aussi être couplé à du reliquat. Il est également possible d'utiliser l'outil avec un CAU.

Le modèle CHN donne la possibilité de piloter le rendement et le niveau de protéine (aspects génétiques, valeurs d'INN à la floraison). L'outil utilise le climat fréquentiel pour identifier les périodes favorables (jours verts) et défavorables (jours rouges) ainsi que les niveaux d'azote disponible dans la plante. L'objectif est d'éviter les carences en gérant au mieux les risques (quand fertiliser ? et quelles doses en fonction du déficit identifié ?).

L'outil reste complexe alors que les utilisateurs ont généralement besoin de souplesse.

Quelques résultats ont permis d'observer de bons rendements et de bonnes teneurs en protéines mais dans certains cas les conditions de remplissage des grains ne sont pas favorables. Des pertes de rendement sont aussi observées du fait des apports tardifs.

L'outil a été testé en conditions réelles. L'effet satellite ainsi que l'effet PPF ont été évalué et permettent d'améliorer la précision du conseil. Les premiers résultats montrent qu'il faut être réactif au conseil, réaliser un bon suivi et prendre des initiatives pour piloter au mieux ses apports.

En 2022, il est prévu de refaire des essais en micro-parcelles et intégrer la possibilité de projeter les besoins de la plante sur une semaine pour apporter plus de souplesse à l'utilisateur.

Etat d'avancement du calage d'un bilan azotée sur CIVE, mise en place d'un groupe de travail (Francesca Degan – ARVALIS)

Cf. Support PPT pour plus de détails

Les travaux sur les CIVE ont débuté en décembre 2020, afin d'évaluer les méthodes raisonnement de leur fertilisation, notamment en travaillant sur l'estimation des valeurs prises par les postes du bilan.

Le travail effectué à ce jour a consisté à réaliser des modélisations de courbes de réponses à l'azote, en ciblant quelques contextes pédoclimatiques.

5 espèces de CIVE ont été testées ainsi que quelques postes du bilan :

- Pf, Pi, Rf et Mh : fait
- Autres postes : pas fait

L'objectif à présent est d'évaluer et de valider les premières références. Pour cela, différentes approches peuvent être mobilisé :

- Calculer des bilans régionaux et les comparer avec les résultats obtenus par modélisation
- Intégrer des données de terrains (pouvant potentiellement être fournies par Précifield)
- S'adresser à la chambre d'agriculture (Pays de la Loire ?)

Un groupe de travail a été mis place pour approfondir ce sujet. Les participants sont : Fiona Obriot, Odile Tauvel, Maeva Weens, Alexandre Weil.

Fin de réunion

Prochaine réunion : le 09 juin