



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

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

07 décembre 2023, 09h00 – 16h30, Paris

Participants en Présentiel

NOM	Prénom	Structure
BILLER	Clémence	Airbus
BODIN	Pauline	LCA Métiers du Grain
CHAMPOLIVIER	Luc	Terres Inovia
DHELLEMES	Grégory	EUROFINS Galys
DIEDHIOU	Khady	COMIFER
DUBOEUF	François	WANAKA
DUPRE	Grégoire	Abelio
FONTAINE	Clément	EUROFINS GALYS
FOURNAISE	Aurélien	VIVESCIA
GERARD	Philippe	VIVESCIA
HERVE	Marc	Anglo American
LAMBERT	Marc	Yara France
LEBAILLY	Anne-Laure	Chambre d'agriculture France
LEDUC	David	CA Pays de la Loire
LERENDU	Véronique	Corteva Agriscience
OBRIOT	Fiona	LDAR
VALE	Matthieu	Auréo AgroSciences
VARVOUX	Laurent	TERRENA
WEIL	Alexandre	PRECIFIELD

Participants en distanciel

NOM	Prénom	Structure
BEFF	Laure	CA Bretagne
BOUDES	Cedric	YARA
CACHON	Jean-Pierre	CETA Marle
CANARD	Alain	Soufflet Agriculture
CHARRON	Matthieu	Timac Agro
DHELLEMES	Gregory	Eurofins Galys
DUVAL	Christophe	Promize
GABRIEL	Honorine	CA Grand Est
GAILLARD	Julien	CA Aisne

GUEZENGAR	Anne	CA Bretagne
GUILLAUME	Thomas	AGROSCOPE
JONVILLE	Dominique	BASF
MARX	Simone	ASTA
MONPROFIT	Cédric	K+S France
MUTEAU	Régis	Tessengerlo
PAUT	Raphael	INRAE
RAMANANJATOVO	Toky	INRAE
REVALIER	Christian	CA Loiret
ROUCHES	Elsa	AAMF
STEFFEN	Maxime	Fertiberia France
TAULEMESSE	François	Arvalis
TOURLIERE	Pierre-Yves	Timac Agro
VARON	Tiphaine	WIUZ
VELOSO	Amanda	AIRBUS DS
VERBEQUE	Bernard	Retraité. de CA du Loiret
VERICEL	Grégory	Arvalis

9h30 – Début de réunion : Tour de table et présentation de l'ordre du jour.

Analyse APM inter-laboratoire Eurofins / AUREA

Matthieu VALE (AUREA)

L'objectif est d'inscrire cette démarche dans le circuit d'agrément pour en faire une mesure normalisée et pour cela il faut un mode opératoire bien défini. Les éléments actuels semblent insuffisants.

L'APM (Azote Potentiellement Minéralisable) est une méthode qui date des années 60 et qui permet une double extraction chimique de l'azote ammoniacal. L'analyse est réalisée sur le même échantillon que pour les analyses de terre classiques. Le protocole semble simple mais la mise en œuvre ne l'est pas et il y a encore un travail méthodologique à réaliser pour bien finaliser le protocole car il y a beaucoup de variabilité, notamment en fonction des appareils utilisés.

Historiquement, beaucoup de tests ont été réalisés afin de normaliser la méthode. Il y a également eu beaucoup de travaux en Bretagne sur ce sujet. L'APM est une méthode bien référencée avec différentes approches, et intégrée à certains OAD PPF de calcul de doses totales azotées pour le calcul des Mh et l'estimation du RSH.

L'APM ne donne pas directement des valeurs de Mh mais il constitue un des paramètres de l'équation qui permet d'estimer la minéralisation du sol (c'est un meilleur prédicteur que l'équation du K2 par exemple).

Une première campagne de mesure entre 2023 et 2024 a été réalisée dans le cadre des essais Arvalis : travail en laboratoire et comparaison avec les méthodes Clivot et Sol-Aid.

Pour inscrire assez rapidement cette méthode dans le circuit inter-labo, il faut que celle-ci soit stabilisée durant le premier semestre 2024.

L'APM a un coût assez modéré avec des résultats plutôt satisfaisants comparé à d'autres méthodes de mesure habituellement réalisées en laboratoire. Des écarts sont néanmoins constatés sur certains échantillons.

Lien avec le travail de comparaison des valeurs du poste Mh : mêmes modèles applicables partout ou à restreindre par zones climatiques ? → Objectifs : comparaison de calculs réalisée sur la base du même jeu de données pour évaluer et comparer les modèles. Dans un deuxième temps, il est prévu d'étudier la complémentarité entre les modèles si les résultats donnent des écarts significatifs.

Effet des légumineuses associées au colza : proposition d'introduction d'un nouveau poste dans le bilan azoté du colza

Luc CHAMPOLIVIER (Terres Inovia)

Retour sur l'historique autour de ce travail et présentation des résultats du rendement du colza en fonction de la nature du couvert associé.

A l'origine, le même abattement était utilisé sur le colza si la levée était correcte et quel que soit le niveau de biomasse. En 2014 il n'y a pas eu de différence entre Colza + 30 unités d'azote et colza seul. Cependant, un gain de 20 à 40 kg d'azote est observé sur le colza associé. Les INN ont également été mesurés pendant la floraison pour vérifier ces observations et confirmer la valeur de 30 unités d'azote permise par le colza associé (bonus azote avec plusieurs hypothèses possibles).

Les couverts de légumineuses avec les bonus azote les plus élevés sont ceux avec les meilleures biomasses et les meilleurs niveaux de fraction solubles.

Un arbre de décision en fonction de l'espèce de légumineuse a été construit à dire d'expert, avec la contribution de différents partenaires : 32 essais avec différents types de couverts de légumineuses.

Avec les essais 2017/2020, les différences observées sont de l'ordre de 34 à 41 kg d'azote par ha, soit des réductions d'apports de 30 unités d'azote (voir plus) sur colza associé à un couvert de légumineuses gélives, avec une forte variabilité. En dessous de 250 g de biomasse par m², il n'y a pas d'effet du couvert associé sur les gains d'azote du colza. Un traitement spécifique montre des résultats significatifs au-dessus de 250 g de biomasse par m² avec un écart d'environ 30 kg de N sur 4 essais. Les associations ont également donné de meilleurs rendements.

Sur la base des éléments présentés, le facteur « Fass » a été intégré à l'outil « réglette azote colza ».

Discussions :

Bénéfice sur les cultures d'après ? : pas encore regardé. Un des premiers objectifs était d'améliorer la fertilisation à long terme.

Déplafonnement car meilleure efficacité de l'N sur les couverts. Ok. Mais effets CRU sur les couverts ? L'effet « Fass » seul empêche de déplafonner (un peu limitant).

L'association permet probablement d'autres phénomènes qui peuvent être à l'origine des différences observées.

Comment identifie-t-on les cas où les abattements peuvent être pénalisants ? Les premières analyses faites dans ce sens ne montrent pas d'éléments concluants.

Quid de la variabilité intra-parcellaire ? Oui il y en a mais elle est difficile à évaluer et à prendre en compte dans les conseils.

Quid des problèmes de fuite de nitrates en hiver après une culture de colza associée ? Cela n'a pas été regardé.

Optinyte : Stabilisateur d'azote pour l'optimisation des apports

Véronique LERENDU (Cortéva)

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de la maîtrise des pertes d'azote. Optinyte est un inhibiteur de la nitrification qui permet d'agir sur tous les types d'engrais contenant de l'azote ammoniacal ou uréique) pour toutes les cultures sauf les céréales brassicoles car il n'y a pas assez de données pour ces cultures (effet supposé négatif sur les protéines). Le produit n'est pas homologué mais est utilisable selon le règlement (UE) 2019/1009.

Dans la pratique, il y a une dose à apporter à l'hectare. Pas de modulation selon la dose d'azote : même dose de Nitrapyrine quel que soit le volume de fertilisant apporté pour les lisiers et digestats.)

Le point faible des inhibiteurs de nitrification est qu'ils accroissent potentiellement la volatilisation. Qu'en est-il ? → La littérature ne semble pas unanime sur ce point mais la bonne pratique c'est effectivement de faire un enfouissement pour éviter les pertes par volatilisation.

Afin de ne pas perturber les pratiques habituelles, un outil adaptable à tous les types d'épandeurs a été mis au point pour accompagner l'usage de ce produit.

Un usage trop fréquent de ce produit peut avoir des effets négatifs sur l'équilibre de la flore bactérienne. D'où le conseil de se limiter à deux usages maximum par an.

Le risque de transfert vers les milieux aquatiques existe d'après la littérature mais les doses sont très faibles. Il faut des travaux et analyses de terrain pour vérifier ce point.

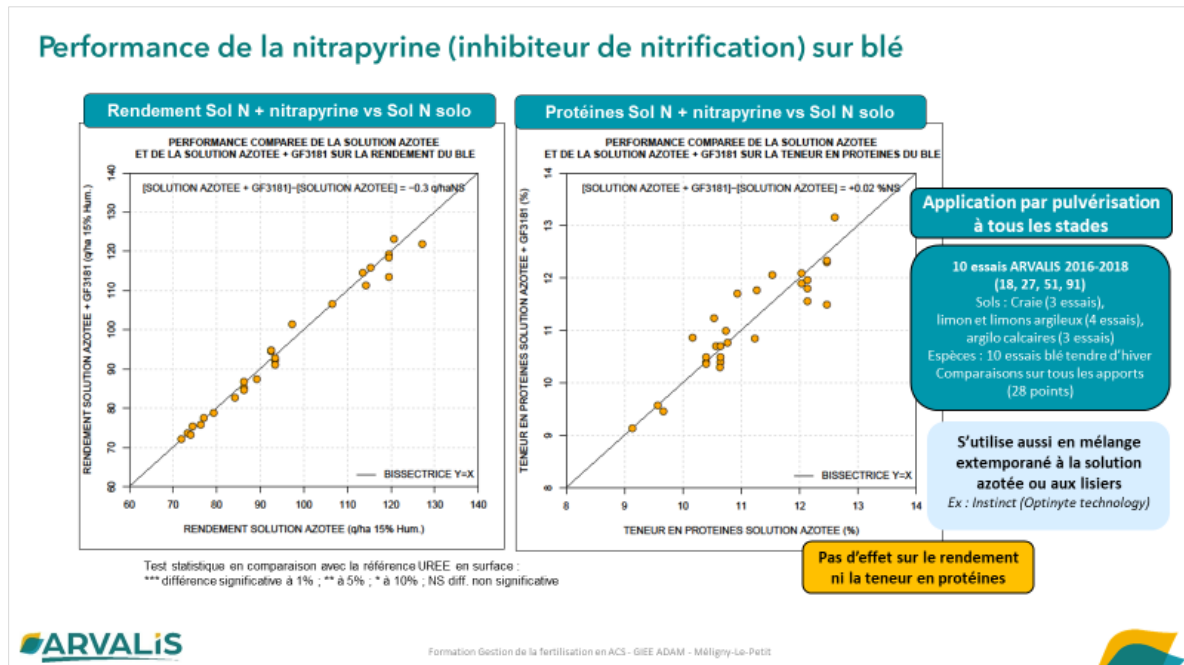
Au bout de 10 ans d'essais, une amélioration de 15% de l'efficacité des apports a été observée. Avec également des gains de rendement sur certains essais.

La température et l'humidité du sol vont impacter l'activité bactérienne et la dynamique de minéralisation. Plus la fraction ammoniacale est élevée plus l'efficacité de la nitrapyrine est exacerbée. Dans le cas contraire, l'effet du produit est fortement réduit.

En moyenne, il y a un gain de rendement avec usage de nitrapyrine sur blé et maïs.

Remarque Teams : des plafonds à ne pas dépasser aux USA et en Allemagne (200 mg/kg). Dosage par rapport à la quantité d'azote dans les digestats → objectif : réduire l'impact sur les milieux ?

En moyenne, sur les synthèses d'Arvalis basées sur une dizaine d'essais, il n'y a pas de gain significatif de rendement et de protéine. Il n'y a néanmoins pas d'effet négatif de la nitrapyrine observé sur ces essais. Cependant la nitrapyrine n'était pas directement mélangée avec la solution azotée sur les essais Arvalis (application le même jour mais en deux temps).



🚦 Résultats CHN-conduite en Bandes Agriculteurs 2023

François TAULEMESSE (Arvalis)

CHN-conduite est un outil de pilotage intégral qui permet un raisonnement des apports d'azote sur la base de 3 principes : diagnostic de l'état de nutrition du couvert ; raisonnement sur la base d'un INN minimal ; gestion des risques climatiques.

2 types de données d'entrée : informations de paramétrage de la parcelle et géoréférencement. Ce couplage permet de sécuriser les conseils et d'avoir une approche mécaniste des flux au sein de la parcelle. Eléments pris en compte : azote dans la parcelle, INN, déficit azoté du couvert, etc.

Échelle spatiale plus large en parcelles agriculteur : ce qui a permis de coupler le modèle CHN avec des observations satellites. 39 parcelles de blé tendre ont été pilotées en 2023 avec CHN-conduite et comparées avec des parcelles conduites de manière classique. Des résultats sur rendement et protéines ont été collectés sur 27 parcelles.

3 variables ont fait l'objet de la synthèse : rendement en grain, la concentration en protéine des grains, la dose d'azote apportée.

Les résultats montrent une grande variabilité des niveaux de rendement probablement en lien avec la diversité des pédoclimats. L'utilisation de CHN dans ce réseau a permis un gain de rendement significatif de l'ordre de 2,5 q/ha et un gain de protéine de 0,2 (risque d'erreur de 23%). En termes de dose on réduit de 12 kg/ha les doses d'azote.

Il n'y a pas une relation directe entre les doses agriculteurs (conduite classique : PPF, OAD de pilotage, etc.) et les doses CHN car CHN varie en fonction de plusieurs paramètres liés à la parcelle et au climat. Il y a une très mauvaise corrélation entre dose agriculteur et dose CHN.

CHN se comporte relativement bien à l'échelle des réseaux de parcelles agricoles suivi par Arvalis : gain de 3 q/ha en 2021 avec une dose d'azote plus élevée ; pas de gain de rendement en 2022 mais une dose d'azote plus faible ; tendances 2023 semblables à 2022.

CHN permet de s'adapter à l'année. En 2021 il y avait un potentiel de production que CHN a permis d'atteindre, en 2022 le potentiel semblait être contraint par des facteurs autres de l'azote.

La précision du modèle a été évaluée sur des parcelles conduites de manière « innovante » avec beaucoup d'apports organiques et le modèle s'est bien comporté en 2023.

Profils utilisateurs : beaucoup d'agriculteurs techniques qui avaient l'habitude de faire un pilotage du dernier apport. 77% d'entre eux utilisaient la méthode pour la première fois mais ce sont des agriculteurs « techniques » qui considèrent le volume de travail et de données acceptables. Néanmoins, il y a un besoin de plus de simplicité pour intéresser le plus grand nombre.

Quid de l'écart de rendement en fonction des écarts de doses ? → Aspect non testé dans le cadre de cette synthèse.

Y a-t-il eu des analyses sur les pratiques, dates d'apports, nombres d'interventions ? → Oui : en moyenne il y a eu une intervention supplémentaire avec CHN ; conduite comparée aux pratiques classiques du réseau des agriculteurs. Depuis 2023, une contrainte utilisateur a été intégrée pour que les apports ne soient pas guidés uniquement par le modèle.

Une approche économique a été utilisée pour évaluer globalement l'enjeu associé à l'utilisation de CHN. Une marge calculée à l'échelle des parcelles donne des résultats très encourageants avec de bonnes marges nettes.

Rendements comparables aux pratiques classiques selon le ressenti des agriculteurs. Approche dynamique et pas accessible à tous à court terme.

Pistes d'amélioration possibles d'après les retours des agriculteurs : difficulté d'accès aux images satellites, permettre à l'utilisateur de générer le nombre d'apport et de cibler des périodes en fonction de ses contraintes.

Quid du calibrage début de saison ? Pour environ 80% des parcelles il y a eu un recalage du reliquat sortie hiver (sur les 3 horizons quand c'est possible) + valorisation de l'information satellite et la capacité de la culture à valoriser le reliquat.

Pas de spatialisation de dose dans CHN mais on reste dans les « normes » d'un pilotage intégral avec la possibilité pour l'utilisateur de réaliser un pilotage du dernier apport.

Les images satellite constituent un gain en plus de ce que le modèle en lui-même permet de faire.

Présentation de l'OAD FARMSTAR

Clémence BILLIER (Airbus)

Airbus possède un réseau de satellites très résolu et exploités dans différents domaines dont l'agriculture. Le service repose sur l'accompagnement des instituts comme Terres Inovia (colza) et Arvalis (céréales à paille) pour l'aspect modélisation.

Farmstar existe depuis une vingtaine d'années avec environ 35 distributeurs. Le sud de la France n'est pas (ou peu) couvert.

Cultures d'hiver (colza, blé, orge, triticale) avec environ 680 000 ha. 25% de cette surface est piloté en modulation automatique via des images satellites avec 13% des utilisateurs Farmstar.

Les conseils fournis sont très « clé en main » et permettent un suivi au-delà de l'azote (verse, suivi de croissance, etc.). Les mesures de gains économiques et de rendements sont régulièrement suivies.

Les conseils sont modulables / leurs qualité dépend de la qualité des données d'entrée fournies par l'agriculteur.

Valorisation du réseau de satellites privé d'Airbus / Traduction des signaux en paramètres biophysiques / Diagnostic à chaque pixel / Contrôles qualité / PPF en début de cycle et pilotage QN en fin de cycle / Apports fixes pour l'instant mais volonté de dynamiser avec usage de CHN.

Le calcul de la mise en réserve à chaque pixel et le diagnostic sur les différents stades sont très importants pour piloter au mieux le dernier apport pendant la montaison. Deux premiers apports sont issus du PPF et le troisième apport est réalisé à partir du stade 2 nœuds.

La modulation du dernier apport a permis des gains de rendement dans certains cas mais les résultats sur ce point restent difficiles à bien quantifier via les analyses satellites.

Mise à jour de la liste des OAD HVE : point à date

Laurent Varvoux (Terrena)

Problème de consensus sur la partie « grandes cultures » et la manière de classer les OAD en fonction des services proposés : imagerie satellite, modulation intra-parcellaire, diagnostic de nutrition, diagnostic de biomasse, etc.

La deuxième colonne porte à confusion. Le RSH n'est pas un outil en soit. Le reliquat est primaire et il est à intégrer dès la phase PPF avec possibilité de le corriger en sortie d'hiver si besoin. Garder le terme « reliquat mesuré » qui est plus précis que le reliquat « estimé ». Le reliquat estimé dégrade le modèle RSH de base.

Proposer une recommandation COMIFER sur la mise en réserve.

Mettre les outils de répartition de dose dans la deuxième colonne ? → Finalement les mettre à part en bas du tableau (quid de l'attribution des points à ces outils ?)

Proposition de travailler ensemble sur un moyen d'évaluation des ODP : proposition de David L. et Laurent V. Objectif : faire des tests pour évaluer les outils de pilotage et centraliser les résultats au sein

du Groupe de travail du COMIFER. Idéalement il faudrait des essais à large échelle et réaliser des inter-comparaison multi outils et multi partenaires avec des données terrain.

Faire attention à la pertinence des conseils fournis / Voir avec Agroscope Suisse s'ils sont intéressés pour participer l'évaluation ?

Il faudra partir des modifications directement réalisées sur le document de travail par Laurent Varvoux pendant les échanges pour poursuivre les travaux.

Paramétrage du bilan azoté des CIVE et azote et azote potentiellement libéré jusqu'en sortie d'hiver : points à date

Khady Diedhiou

→ Les références obtenues sur les CIVE ont été évaluées entre l'été et le printemps : calculs de bilan et comparaison avec les données habituellement observées sur le terrain ; regard critique sur les données de la modélisation.

Les doses bilan obtenues sur CIVE avec les références du projet RECITAL sont souvent très élevées pour les cas types testés. L'estimation des postes Pi et « b » des CIVE semble incertaine. Le sous-groupe de travail se donne donc du temps pour revoir l'estimation de ces postes.

Pour les postes tels que le Mh et les autres postes de minéralisation, il est décidé de ne pas complexifier les choses en démultipliant les tables de références qui existent déjà dans les ARR. A la place, le sous-groupe de travail propose de partir des références existantes et de leur attribuer des coefficients spécifiques pour adapter les valeurs en fonction des jours normalisés des CIVE. L'autre option est de reprendre les éléments de la brochure NS pour certains postes du bilan comme le Rf. Le travail se poursuit dans l'objectif de produire une plaquette début 2024.

→ Sur l'APLSH, une première version finalisée a été a été transmise aux régions pendant l'été 2023. Les résultats ont été moyennés par grandes zones climatiques avec deux déclinaisons possibles : soit en fonction des types de produits organiques (typologie du PAN7) soit en fonction des caractéristiques physico-chimiques des PRO (C/N, N total, C total, etc.). Des erreurs sur les sorties des digestats ont été remontées par les régions après une première prise en main des résultats. Des corrections sont en cours côté COMIFER.

Fin de la réunion