

RAPPORT D'ACTIVITE

GROUPE REGIONAL D'EXPERTISE NITRATES PAYS DE LA LOIRE

MARS – JUILLET 2012

INDEX

1. Contexte réglementaire	3
2. GREN de la région Pays de la Loire	3
2.1. Constitution et composition du groupe GREN	3
2.2. Missions du GREN	3
2.3. Organisation et déroulement des travaux du GREN	4
2.3.1. Déroulement	4
2.3.2. Méthodologie	4
3. Eléments de conclusions transversaux	5
3.1. Définition de l'objectif de rendement en cas d'absence de référence de l'exploitant	5
3.2. Analyses de sol	5
3.3. Prise en compte de l'azote apporté par l'eau d'irrigation	5
3.4. Définition d'une dose plafond pour toutes les cultures non citées dans les références	5
3.5. Normes Corpen	6
4. Présentation des annexes	6
4.1. L'annexe 1	6
4.2. L'annexe 2	6
4.3. L'annexe 3	6
4.4. L'annexe 4	6
4.5. L'annexe 5	7
4.6. L'annexe 6	7
4.7. L'annexe 7	7
5. Limites du travail du GREN exprimées par les experts	7
5.1. Plafond pour les cultures spécialisées	7
5.2. Travail à l'échelle du système de production et limites du PPF	7
6. Prochaines étapes	7
6.1. Outils utilisés pour réaliser les PPF et outils de pilotage de l'azote en cours de culture	7
6.2. Travailler à l'échelle du système de production	7
6.3. Une banque de données pour les reliquats sortie hiver et les analyses de sol	8
7. Lettre de mission des membres du GREN	9
8. Arrêté nommant les membres du GREN	12
9. Compte rendu du 26 mars 2012-08-06	16
10. Compte rendu du 23 avril	21
10.1. Annexe au CR GREN 26-04 : Fertilisation azotée du lin de printemps	26
10.2. Annexe au CR GREN 26-04 : Fertilisation azotée du tournesol	29
10.3. Annexe au CR GREN 26-04 : Fertilisation azotée du colza	34
11. Compte rendu du 03 mai	41
11.1. Annexe au CR GREN 03-05 : méthode de calcul des rendements par Petites Régions Agricoles	44
12. Compte rendu du 15 juin	45
12.1. Annexe au CR GREN 15-06 : Note ARELPAL	51
13. Compte rendu du 02 juillet	56
13.1. Annexe au CR GREN 02-07 : Note pierre Aurrousseau	60

INDEX DES ABREVIATIONS

COMIFER : Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée

DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

GREN : Groupe Régional d'Expertise Nitrates

RSH : Reliquat Sortie d'Hiver

1. Contexte réglementaire

La réforme de la mise en œuvre des programmes d'actions pris au titre de la directive Nitrates dans le cadre de la procédure contentieuse engagée par la Commission Européenne, conduit à renforcer la mise en œuvre et le contrôle de l'équilibre de la fertilisation azotée à la parcelle.

A cette fin, le décret national du 10 octobre 2011 prévoit la constitution d'un groupe régional d'expertise nitrate (GREN) dans chaque région. Sa composition, son organisation et son fonctionnement sont précisés par l'arrêté interministériel du 20 décembre 2011.

D'autre part, le programme d'action national, défini dans l'arrêté interministériel du 19 décembre 2011, fixe la méthode de calcul de la dose prévisionnelle d'azote à apporter par les fertilisants et liste le détail des postes nécessaires au calcul. Elle s'appuie sur la méthode du bilan prévisionnel d'azote développée par le COMIFER.

L'objectif du GREN est donc de définir un référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre la fertilisation azotée afin de rendre l'écriture du bilan prévisionnel d'azote opérationnelle, adaptée aux caractéristiques agro-pédo-climatiques de la région et contrôlable.

L'article 4 de l'arrêté ministériel du 20 décembre 2011 précise que le groupe remet son expertise sous forme écrite en présentant les travaux réalisés, les conclusions auxquelles le groupe est parvenu et, le cas échéant, les points de divergence persistants. Ce document est rendu public. Le présent rapport vise ainsi à rendre compte du travail effectué par le GREN Pays de la Loire entre mars et juillet 2012.

Les référentiels définis seront rendus opposables juridiquement par un arrêté préfectoral régional, pris en application du programme d'action national et applicable au 1er septembre 2012.

2. GREN de la région Pays de la Loire

L'arrêté ministériel du 20 décembre 2011 portant composition, organisation et fonctionnement du groupe régional d'expertise nitrates (GREN) pour le programme d'actions à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole a servi de référence pour l'installation du groupe régional d'expertise nitrates en région Pays de la Loire.

2.1. Constitution et composition du groupe GREN

Le GREN Pays de la Loire a été désigné par l'arrêté préfectoral régional n°12-176 du 3 mai 2012, portant nomination du groupe régional nitrates. Ce GREN comprend vingt-deux experts nommés *intuitu personae*, titulaires et suppléants, identifiés pour leurs compétences en matière de gestion de la fertilisation azotée. Ces experts sont issus de différents collèges professionnels à savoir : services déconcentrés de l'État, chambres d'agriculture, coopératives agricoles, instituts techniques, établissements de recherche et d'enseignement, agences de l'eau.

Le secrétariat du groupe est assuré conjointement par la DRAAF et la DREAL Pays de la Loire. Les missions du GREN ont été définies dans une lettre de mission du Préfet de Région adressée à chacun des membres du GREN.

2.2. Missions du GREN

Cette lettre de missions rappelle que conformément à l'arrêté du 20 décembre 2011, le GREN Pays de la Loire est chargé de proposer les références techniques nécessaires à la mise en œuvre opérationnelle de certaines mesures du programme d'actions et en particulier celle prévue au 3° du I de l'article R211-81 du code de l'environnement à savoir « les modalités de limitation de l'épandage des fertilisants azotés fondées sur un équilibre, pour chaque parcelle, entre les besoins prévisibles en azote des cultures et les apports en azote de toute nature, y compris l'azote de l'eau d'irrigation ».

A partir des éléments définis dans l'arrêté du 19 décembre 2011, le GREN Pays de la Loire a donc pour principale mission de simplifier l'écriture générique proposée par le COMIFER et de la décliner pour chaque culture en zone vulnérable de la région.

Le document attendu est l'arrêté régional. Il présente le référentiel régional assurant la mise en oeuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour toutes les parcelles situées en zone vulnérable. Ce référentiel doit proposer une règle de calcul de la dose prévisionnelle pour chaque culture présente dans la zone vulnérable, accompagnée de toutes les références nécessaires à son paramétrage.

Pour les cultures où la méthode du bilan prévisionnel n'est pas encore opérationnelle ou pour les cultures minoritaires, le référentiel peut recourir au plafond d'azote total.

2.3. Organisation et déroulement des travaux du GREN

2.3.1. Déroulement

Six réunions, planifiées à un rythme mensuel entre mars et juillet 2012, ont permis de définir progressivement le référentiel régional :

- le 9 mars à la DRAAF à Nantes,
- le 26 mars à la DREAL à Nantes, site de la Chantrerie,
- le 3 mai au siège Terrena à Angers,
- le 15 juin à la DDT 49 à Angers,
- le 2 juillet à la DRAAF à Nantes,

A chaque réunion, il a été décidé d'inviter à la fois les titulaires et les suppléants, afin de profiter au maximum des compétences spécifiques de chacun. Des experts sont également conviés en fonction des cultures traitées.

2.3.2. Méthodologie

Les travaux du GREN Pays de la Loire se sont basés sur les éléments suivants :

- rappel du contexte, des contraintes réglementaires et des livrables attendus,
- liste des cultures présentes en zone vulnérable, à prendre en compte dans le référentiel,
- état des lieux des référentiels existants dans les 5 départements ligériens.

Le GREN a travaillé en premier lieu sur les grandes cultures, puis sur les prairies pour lesquelles de nombreuses références régionales, basées sur l'équation du bilan azoté, étaient déjà disponibles. Les autres cultures¹, moins documentées, ont été traitées dans un deuxième temps, par la définition de doses plafonds. Pour chaque culture, le GREN a retenu préférentiellement les références régionales, complétées le cas échéant par les références proposées nationalement par le COMIFER. Le référentiel est ainsi composé d'éléments répondant à des contraintes réglementaires spécifiques ainsi que de fiches cultures reprenant l'équation retenue et l'ensemble du paramétrage nécessaire à son application. Il est rappelé que ce référentiel définit les éléments du bilan prévisionnel de fertilisation azotée. Il est toutefois recommandé d'ajuster ce bilan prévisionnel en cours de campagne, entre autre, à l'aide d'outils de pilotage.

¹ maraîchage, arboriculture, horticulture, vigne, plantes à parfum, aromatiques et médicinales, porte-graines, soja, tabac et légumineuses.

3. Eléments de conclusions transversaux

3.1. Définition de l'objectif de rendement en cas d'absence de référence de l'exploitant

Afin de répondre aux cas d'absence ou d'insuffisance d'historique de rendements sur l'exploitation (nouvelle production, défaut d'enregistrement, installation sans accès aux cahiers d'enregistrement du cédant...), le GREN a défini un référentiel de rendement par défaut.

Ce point a été l'objet de nombreux débats au cours des différentes réunions (cf comptes rendus).

Si les rendements départementaux SRISE servent de base de pondération, certains experts ont souhaité avoir des rendements par petite région avec une différenciation supplémentaire selon le potentiel agronomique. Trois potentiels ont été proposés (faible, moyen, fort), mais il n'y a pas eu de consensus sur les définitions de ces potentiels.

Toutefois un exploitant sans référence, s'appuyant sur une carte pédologique ou une analyse de sol pourra aller au delà de la référence moyenne définie par petite région avec cependant un dépassement maximum limité à 25%.

Les chambres d'agriculture ont traité leurs propres données ainsi que celles transmises par les distributeurs, l'échantillonnage n'a été pas été présenté au GREN. Ces données ont été validées, toutefois, le rendement maïs ensilage irrigué pour la Sarthe reste à confirmer. Une analyse d'échantillonnage de ces données par un statisticien reste à réaliser pour leur donner une représentativité.

3.2. Analyses de sol

Le GREN a hésité à rendre obligatoire un type d'analyse. Au final, si le RSH a des atouts dans certaines situations, certains outils de pilotage sont capables de le simuler avec une bonne approximation. L'azote total présent dans les horizons travaillés présente un intérêt reconnu par beaucoup mais d'une part, il n'y a pas d'outil opérationnel à disposition pour utiliser cette donnée et d'autre part, la diversité des conditions de réalisation et son coût selon le nombre d'horizons analysés peut rendre aléatoire son utilisation dans un cadre comparatif. Au final, l'arrêté n'impose pas un type précis d'analyse.

L'arrêté du 19 décembre précise également que les analyses de sol réalisées sur chaque exploitation doivent alimenter un réseau de références techniques mobilisables par le GREN. Le GREN Pays de la Loire n'a pas encore défini l'organisation de ce réseau, ceci pourra faire l'objet d'un travail spécifique dans la suite de son mandat.

Il reste que les RSH simulés à l'aide d'outil de pilotage ou réalisés in situ, sont souvent l'objet d'une prestation payante et restent la propriété, dans certains cas, des prestataires. Leur utilisation collective par petite région, type de sol et zone de précipitation reste à mettre en place et est une étape essentielle au raisonnement de la fertilisation azotée.

3.3. Prise en compte de l'azote apporté par l'eau d'irrigation

Le contenu en azote de l'eau apportée par l'irrigation sur l'exploitation doit être connu de l'exploitant.

Certains experts ont souhaité qu'en dessous d'une teneur à déterminer, la valeur de l'azote apportée par l'eau d'irrigation ne soit pas prise en compte.

Au final, la valeur à prendre en compte sera celle fournie par l'analyse.

L'utilisation de bandelettes pour mesurer la teneur en azote à l'aide d'un outil de type Nitramek est possible.

A terme, un référentiel des analyses des taux de nitrates par secteur d'irrigation ou/et par nappe pourrait être mis en place pour suivre l'évolution de celles ci dans le temps.

3.4. Définition d'une dose plafond pour toutes les cultures non citées dans les références

Afin de s'assurer de couvrir l'ensemble des cultures et pour combler les manques de références, une « dose plafond balai » a été définie. Le GREN a validé la dose de **210 unités d'azote total/ha**. Cette dose s'applique à toutes les cultures qui ne font pas l'objet d'un référentiel spécifique.

3.5. Normes Corpen

Le sujet a été abordé hors séance par messagerie:

- Veau de boucherie : il est précisé que la norme à prendre en compte est celle du veau produit par an de préférence à celle de la place de veau,
- Vache laitière: Il a été demandé que le mode de calcul autorisé des parts respectives de l'azote maîtrisable et de l'azote non maîtrisable soit communiqué par les services centraux du ministère.

4. Présentation des annexes

A noter, en préambule, que les aspects pilotage de la fertilisation, sous les formes de fractionnement, de suivi de la teneur en azote, des feuilles, du sol, des conditions de température et d'humidité etc ... , prises en comptes par les outils de raisonnement et par les outils de pilotage ne sont pas traités dans cet arrêté et dans ses annexes.

4.1. L'annexe 1

Elle rappelle les équations du bilan azotée telle que présentées dans le guide méthodologique du COMIFER, cité comme référence réglementaire, l'une dite d'efficience concerne les prairies et l'autre concerne l'essentiel des céréales, des oléagineux et des surfaces fourragères à base de céréales. Elle rappelle la définition des postes retenus pour la région. A noter que pour les prairies deux méthodes sont proposées, l'une pour optimiser selon les besoins fourragers de l'exploitation et l'autre selon l'optimisation à la parcelle.

Commentaires :

L'usage de cette méthode du bilan concerne au final environ 94% de la SAU de la région. Les autres cultures pour lesquelles une dose plafond a été proposée (cf annexe 3) : arboriculture, maraîchage, viticulture, cultures maraîchères et autres cultures spécialisées ne concernent que 6%.

4.2. L'annexe 2

Elle renvoie aux cultures concernées par la méthode du bilan et aux références utilisables dans le cadre de ces cultures.

4.3. L'annexe 3

Elle présente les doses plafonds pour les cultures qui ne sont par concernées par l'annexe 2. A noter pour les cultures maraîchères, la prise en compte de la problématique proposée par l'ARELPAL, jointe aux compte-rendu du 3 mai (partie II du rapport) , qui présente la diversité des rotations maraîchères et l'organisation du système de culture annuel avec plusieurs cycles sur une même parcelle, une même année, avec parfois la spécificité supplémentaire de sols très appauvris en matière organique (<0,5%).

Il faut noter que les doses retenues, peuvent être différentes des fiches cultures COMIFER, un travail de relecture de ces doses plafond pourra être entrepris dans l'avenir..

4.4. L'annexe 4

Elle propose des recommandations dont certaines préparent la réflexion sur la fertilisation raisonnée à l'échelle du système de production dans son ensemble.

4.5. L'annexe 5

Elle est un complément à l'annexe 2 et donne les références de rendement proposées par petites régions par département.

4.6. L'annexe 6

Elle propose une aide sous forme de grille pour calculer la dose d'azote minéral à apporter pour atteindre l'équilibre prévisionnel. Ces grilles, l'une pour les cultures et l'autre pour les prairies déroulent, poste par poste, les tableaux de références utilisables présents dans l'annexe 2.

4.7. L'annexe 7

Elle traite de la méthode du bilan appliquée aux mélanges céréales-légumineuses

5. Limites du travail du GREN exprimées par les experts

5.1. Plafond pour les cultures spécialisées

Les chiffres établis pour les cultures spécialisées, dont le maraîchage, très représenté en Pays de la Loire, correspondent à des plafonds par culture, fournis par les experts mobilisés. Cependant, certains plafonds se situent au dessus des chiffres donnés dans les fiches COMIFER, sorties après la réunion portant sur ce sujet. A terme la faisabilité d'appliquer l'équilibre de la fertilisation à une partie de ces cultures pourra être étudiée.

5.2. Travail à l'échelle du système de production et limites du PPF

La dernière réunion du GREN a mis en évidence que l'équilibre de la fertilisation, qui se calcule à l'échelle de la culture, est une condition nécessaire mais pas suffisante pour la reconquête de la qualité de l'eau. Un travail de fond ultérieur, à l'échelle des systèmes de productions, devra viser à réduire l'excès de la balance globale azotée dans chaque exploitation. Le collège scientifique a souligné que le PPF n'a pas de caractère opérationnel ni contrôlable techniquement. Le contrôle permet de vérifier que les paramètres y sont mais pas la cohérence des chiffres entre eux ; le contrôle est administratif mais pas technique ce qui limite la portée de la mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation (voir proposition fait sur l'automatisation des PPF). Dans l'attente, une annexe de l'arrêté régional précise dès maintenant quelques recommandations à l'échelle du système de production.

6. Prochaines étapes

6.1. Outils utilisés pour réaliser les PPF et outils de pilotage de l'azote en cours de culture

A l'avenir, il serait souhaitable de :

- « faire tourner les outils PPF existants »,
- faire un inventaire des outils de pilotage de l'azote (Pilazote, Nitreachek, Farstar, logiciels divers utilisant les images satellite, etc.) et de leur condition d'utilisation pour les cultures de la région,
- généraliser les outils de calcul de la balance globale azotée au niveau de l'exploitation déjà disponible chez quelques prestataires,
- mettre à disposition à terme un outil de calcul automatisé du PPF (en cours en Bretagne).

6.2. Travailler à l'échelle du système de production

Suite au constat des limites du travail sur l'équilibre de la fertilisation azotée, il apparaît pertinent d'élargir la réflexion du GREN à l'ensemble des paramètres à prendre en compte pour s'assurer de l'atteinte des objectifs de qualité de l'eau :

- Tester un objectif de rendement inférieur à la médiane sans affecter le résultat économique,
- s'assurer de l'équilibre de la fertilisation sur cette base par des outils de raisonnement,
- préconiser les outils de pilotage de la fertilisation qui permettent de « mettre en réserve une certaine quantité d'azote » et de les utiliser en cas de besoin (faisable dès maintenant dans la région avec quelques outils),
- raisonner la couverture hivernale en cohérence avec le reliquat à la fermeture du bilan.
- Proposer une approche au niveau de la rotation des cultures

6.3. Une banque de données pour les reliquats sortie hiver et les analyses de sol

Ce point a été évoqué dès la première réunion du GREN, en faisant état des difficultés prévisibles pour mettre en place une banque de données des analyses de sol ouverte au public. A terme, il serait souhaitable qu'une telle banque de données puisse exister et être suffisamment représentative des situations pédo-climatiques de la région pour être utilisées facilement par les agriculteurs et les techniciens agricoles, au même titre, par exemple que le bulletin de santé des végétaux (BSV).

En effet, un niveau de RSH par petite région, s'il est accessible à tous, est susceptible de limiter de façon conséquente les apports d'azote inutiles pour les rendements de la culture.

7. Lettre de mission des membres du GREN



PREFET DE LA REGION PAYS DE LA LOIRE

Nantes, le **- 3 MAI 2012**

DIRECTION REGIONALE DE
L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMENAGEMENT
ET DU LOGEMENT

DIRECTION RÉGIONALE
DEL'AGRICULTURE,
DE L'ALIMENTATION ET DE LA FORÊT
DES PAYS DE LA LOIRE

Réf : 12-176
Affaire suivie par : Valérie LECOMTE et
Philippe GENET
Tél : 02-40-99-58-51
valerie.lecomte@developpement-durable.gouv.fr

Le préfet de la région Pays de la Loire,

à

Mesdames et Messieurs les membres
du Groupe Régional d'Expertise Nitrate

Objet : Nomination des membres du Groupe Régional d'Expertise Nitrate
PJ : Annexe de l'arrêté régional

La mesure n°3 du programme national de lutte contre les nitrates d'origine agricoles (arrêté interministériel du 19 décembre 2011) repose sur l'obligation de raisonnement de la fertilisation imposée à tout exploitant agricole exerçant dans la zone vulnérable. La France a ainsi choisi de faire appliquer le raisonnement par la méthode du bilan équilibré à l'échelle de chaque culture et non par la fixation de plafonds de fertilisants par unité de surface.

Il en découle l'obligation de décliner la méthodologie au niveau du territoire par le choix d'une méthode pour chaque type de culture et par le paramétrage de la formule correspondante. Cette déclinaison est confiée à l'échelon régional. J'en établirai les modalités par arrêté au début de l'été 2012. Votre groupe est chargé de me faire toutes propositions utiles et nécessaires à la mise en œuvre opérationnelle de l'équilibre de la fertilisation azotée à l'échelle de la région.

.../...

Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement des Pays de la Loire
34 place Viarme – BP 32205 – 44022 Nantes cedex 1
Téléphone : 02.40.99.58.33 – Fax : 02.53.46.59.04
Courriel : DREAL-Pays-de-la-Loire@developpement-durable.gouv.fr

En s'appuyant sur le guide COMIFER, vous avez, en tant que membre du GREN, pour objectif de travail d'écrire les équations du bilan prévisionnel de la fertilisation azotée pour chaque culture présente dans la région ; pour les cultures sans références, vous devrez proposer une dose pivot ou un plafond (cf ; annexe : extrait de l'arrêté du 19 décembre 2011). Vous donnerez les valeurs par défaut nécessaires, les conditions dans lesquelles le recours à la mesure ou à la modélisation est possible ainsi que les coefficients d'équivalence entre engrais organiques et engrais minéral. Vous établirez les conditions dans lesquelles les coefficients d'équivalence peuvent être établis localement. En ce qui concerne les cultures particulières comme les légumineuses, vous établirez la dose maximale tolérée.

Vous pourrez également proposer toutes dispositions relatives aux analyses de sol qui seraient utiles à l'écriture opérationnelle de la méthode ou au renforcement des réseaux de références régionaux. Vous aurez à examiner l'opportunité de préciser le contenu du plan de fumure (intitulés, calendrier...) dans l'arrêté régional. L'ensemble de ces points issus de l'arrêté national est repris plus en détail en annexe.

Pour cela, vous apporterez votre contribution en terme de références documentées disponibles dans chacune de vos structures, en associant étroitement votre suppléant, qui peut à tout moment vous remplacer.

Pour chaque petite région agricole ou chaque type de sol identifié (ou toute autre échelle de travail reconnue comme pertinente par le groupe), vous réunirez en interne et présenterez à chaque réunion du GREN, selon l'organisation prévue avec la DRAAF et la DREAL, les références dont vous disposez pour l'ensemble des éléments de calcul du bilan suivant :

- Référentiel de rendement (avec évolution sur 5 ans par culture en enlevant les extrêmes)
- Besoins des variétés et des cultures selon rendement
- Reliquats sortie hiver, reliquats post récolte
- Référentiel des quantités d'azote issues de la minéralisation des matières organiques, de la minéralisation des résidus de culture du précédent, de la minéralisation des résidus de cultures intermédiaire, des résidus de retournement de prairie
- Estimation des arrières effet fumier et lisier
- Estimation de l'azote déjà absorbé par la culture fin hiver
- Référentiel d'analyses de sol (dont taux de matière organique)
- Référentiel d'analyses d'effluents
- Référentiel de coefficient apparent d'utilisation (CAU, mesures) pour prairie

La discussion portera sur les équations et les références par culture qui sont présentées, par chaque membre du GREN, en argumentant sur leur représentativité territoriale et pédoclimatique.

Je compte sur la contribution de chacun d'entre vous pour alimenter la réflexion du groupe en apportant les références dont vous disposez de façon à construire le référentiel régional. La DRAAF et la DREAL sont chargées d'organiser vos travaux, d'en formaliser les conclusions et de les transposer sous forme de projet d'arrêté.

.../...

Le référentiel a vocation à évoluer pour tenir compte de l'avancée des données et des connaissances techniques et scientifiques. L'arrêté régional sera actualisé au vu des travaux de votre groupe.

Enfin, vous pourrez faire toutes propositions utiles lors de l'élaboration du programme d'action régional qui devrait venir en 2013 compléter le programme national.

Je vous remercie vivement de votre engagement dans cette mission essentielle.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'J' followed by 'D' and 'AUBIGNY'.

Jean DAUBIGNY

8. Arrêté nommant les membres du GREN



PREFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE

ARRETE N° 2012 / DREAL/ n° 117
Portant sur la création du groupe régional d'expertise "nitrates" pour le programme d'actions à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole des Pays de la Loire

LE PREFET DE LA REGION PAYS DE LA LOIRE
PREFET DE LA LOIRE-ATLANTIQUE

VU le code de l'environnement, notamment son article R. 211-81 ;

VU l'arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole ;

VU l'arrêté du 20 décembre 2011 portant composition, organisation et fonctionnement du groupe régional d'expertise « nitrates » pour le programme d'actions à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole ;

Considérant la proposition de la chambre régionale d'agriculture,

Considérant la proposition des instituts techniques agricoles consultés (Arvalis-Institut du végétal, CETIOM, Institut de l'élevage),

Considérant la proposition de Coop de France Ouest,

Considérant la proposition de l'INRA de Rennes, de l'Agrocampus Ouest de Rennes et du Groupe ESA d'Angers,

Considérant la proposition de l'Agence de l'eau Loire Bretagne,

Considérant les compétences techniques et scientifiques des personnes concernées,

SUR proposition du directeur régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement et du directeur régional de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt;

Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement des Pays de la Loire
34, place Viarme – BP 32205 – 44022 NANTES CEDEX 1
TELEPHONE : 02.40.99.58.53 – COURRIEL : DREAL-Pays-de-la-Loire@developpement-durable.gouv.fr
SITE INTERNET : <http://www.pays.de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr>

ARRETE

Article 1 : Création du GREN

Il est institué un Groupe Régional d'expertise Nitrates (GREN) pour la région Pays de la Loire, comportant une zone vulnérable.

Article 2 : Composition du GREN

Le GREN est présidé par le préfet de région ou son représentant.

Le directeur régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement ou son représentant et le directeur régional de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt ou son représentant sont membres de droit.

Les membres nommés du groupe régional d'expertise « nitrates » en Pays de la Loire et leurs suppléants sont désignés *intuitu personæ* en raison de leurs compétences techniques et scientifiques en matière de gestion de l'azote dans les écosystèmes ou les exploitations agricoles. Les membres du groupe régional d'expertise « nitrates » en Pays de la Loire et dessous sont nommés pour une durée de quatre ans.

Collèges	Titulaires	Suppléants
Coopération	Eric ROYER (CAM)	Suzette DUBOIS (CAVAC)
	Laurent VARVOUX (Terrena)	Sébastien BEAUVALLET (CAPL)
Instituts techniques	Anne-Monique BODILIS (Arvalis)	Benjamin POITEREAU (Arvalis)
	H. CHAMBAUT (Institut de l'élevage)	André MERRIEN (Cetiom)
Chercheurs et enseignants	Guillaume PIVA (ESA Angers)	Christophe NAUDIN (ESA Angers)
	Pierre AUROUSSEAU (Agrocampus Rennes)	Françoise VERTES (INRA Quimper)
Chambres d'agriculture	Isabelle LECOMTE (72)	Sarah PETIARD (CRA)
	Sylvain LEGRAET (53)	Pierre MULLIEZ (49)
DDT(M) ou DD(SC)PP	Jean-Luc CHARLES (DDT53)	Xavier PINEAU (DDT72)
	James ILLAND (DDCSPP53)	Philippe MARCHAND (DDT49)
Agence de l'eau	Bernard PFEIFFER (délégation du Mans)	Olivier BICHOT (délégation de Nantes)

Les membres titulaires disposent d'un suppléant qui participe à la réunion en cas d'empêchement du membre titulaire. En cas de départ d'un membre du groupe, il est procédé à son remplacement pour la durée restant à courir jusqu'au terme de quatre ans.

Article 3 : Missions du GREN

Le groupe régional d'expertise « nitrates » est chargé de proposer, sur demande du préfet de région, les références techniques nécessaires à la mise en oeuvre opérationnelle de certaines mesures du programme d'actions et en particulier celle prévue au 3° du I de l'article R. 211-81 du code de l'environnement.

Le préfet de région saisit le groupe régional d'expertise « nitrates » par une lettre de mission précisant la question sur laquelle l'expertise du groupe est sollicitée.

Article 4 : Fonctionnement du GREN

Les représentants des services régionaux de l'Etat organisent le travail du groupe afin de préparer la réponse à la question dont il a été saisi. Ils en assurent aussi le secrétariat.

Le groupe régional d'expertise « nitrates » peut faire appel, le cas échéant, à un expert qualifié. Ce dernier participe aux seuls débats sur la question pour laquelle il a été convié.

Le groupe remet son expertise sous forme écrite en présentant les travaux réalisés, les conclusions auxquelles le groupe est parvenu et, le cas échéant, les points de divergence persistants.

Ce document est rendu public.

Article 5 : Exécution

La secrétaire générale pour les affaires régionales, le directeur régional de l'aménagement, de l'environnement et du logement et le directeur régional de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au recueil des actes administratifs de la Préfecture de la région Pays de la Loire.

Nantes, le **-3 MAI 2012**



Jean DAUBIGNY

ANNEXE

Extraits de l'arrêté ministériel du 19 déc 2011

■ Cultures ou prairies pour lesquelles une écriture opérationnelle de la méthode du bilan prévisionnel est disponible (annexe 1 – art. III 1b)

- Pour chaque culture ou prairie, l'écriture opérationnelle de la méthode ainsi que les règles s'appliquant au calcul des différents postes

- Valeurs par défaut nécessaires au paramétrage complet de l'écriture opérationnelle retenue et les conditions dans lesquelles le recours à la mesure ou à la modélisation peut se substituer à l'utilisation de ces valeurs par défaut, en fonction des conditions particulières de sol et de climat présentes.

- Coefficients d'équivalence engrais minéral pour les principaux fertilisants azotés organiques (rapport entre la quantité d'azote apportée par un engrais minéral et la quantité d'azote apportée par le fertilisant organique permettant la même absorption d'azote, pouvant être calculé pour l'ensemble du cycle cultural ou uniquement pour une partie de ce cycle)

- Conditions dans lesquelles les coefficients d'équivalence peuvent être établis par une étude préalable d'épandage ou estimés à l'aide d'outils dynamiques modélisant les cinétiques de minéralisation de l'azote du fertilisant en fonction de jours normalisés.

■ Cultures ou prairies pour lesquelles aucune méthode opérationnelle du bilan prévisionnel n'est disponible ou applicable en cas d'insuffisance de références expérimentales pour paramétrer la méthode... (annexe 1 – III 1b)

- Pour chaque culture concernée, les mesures nécessaires à la limitation, a priori, de la dose totale d'azote apportée. Cette limitation peut consister en la définition soit d'une limite maximale d'apports azotés totaux autorisés, soit de règles de calcul de la dose azotée totale sur la base d'une dose pivot.

■ Cultures particulières (annexe 1 – art. III 1c)

- Dose maximale tolérée pour certaines légumineuses comme le haricot (vert et grain), pois légume et soja

- En cas particuliers d'absence ou d'insuffisance de références sur l'exploitation pour calculer un objectif de rendement selon la règle nationale, valeur par défaut d'objectif de rendement ou éventuellement de besoin d'azote forfaitaire par unité de surface pour la culture des betterave sucrière et pomme de terre ou pour des cultures de semences

■ Obligation d'analyse de sol sur un flot cultural au moins pour une des trois principales cultures exploitées en zone vulnérable (annexe 1 – art. III 1c)

- type d'analyse à réaliser, en fonction de l'écriture opérationnelle de la méthode retenue (reliquat azoté en sortie d'hiver, taux de matière organique ou azote total présent dans les horizons de sol cultivés)

- Règles particulières, notamment en terme d'échantillonnage (identification des parcelles, dates d'échantillonnage, protocoles d'échantillonnage...), afin d'organiser et d'assurer la pertinence et la cohérence des réseaux.

■ Établissement du plan de fumure (annexe 1 – art. IV)

- Date limite fixe pour l'établissement du plan de fumure afin de l'adapter à l'écriture opérationnelle de la méthode du bilan retenue.

- Intitulés du plan de fumure afin de l'adapter à l'écriture opérationnelle de la méthode du bilan retenue.

■ Actualisation du référentiel régional (annexe 1 – art. III 1b)

Le référentiel est actualisable au vu du travail du groupe régional d'expertise « nitrates » et pour tenir compte de l'avancée des données et des connaissances techniques et scientifiques.

9. Compte rendu du 26 mars 2012-08-06

Lieu : site de la Chantrerie de la DREAL à Nantes

Présents :

Collèges

Coopération	Eric ROYER (CAM) Laurent VARVOUX (Terrena)	Suzette DUBOIS (CAVAC) Patrick DEUIL (Hautbois Négoce)
Instituts techniques	Anne-Monique BODILIS (Arvalis)	
Chercheurs et enseignants	Guillaume PIVA (ESA Angers)	Françoise VERTES (INRA Quimper)
Chambres d'agriculture	Isabelle LECOMTE (72) Sylvain LEGRAET (53)	Pierre MULLIEZ (49)
DDT(M) ou DD(SC)PP	Jean-Luc CHARLES (DDT53) James ILLAND (DDCSPP53)	Xavier PINEAU (DDT72)
Agence de l'eau	Bernard PFEIFFER (délégation du Mans)	
DRAAF	Philippe GENET	Jean-Michel LE BLANC
DREAL	Valérie LECOMTE	

Introduction:

Retour sur les points importants de la réunion Comifer RMT du 15 mars à Paris :

- * Les règles d'application et les références des futurs arrêtés pris dans le cadre de la méthode du bilan prévisionnel devront être convaincantes vis à vis de la communauté européenne.
- * L'arrêté régional doit donner les moyens à l'exploitant de calculer sa dose d'azote, il doit être facilement utilisable par les services de contrôle.
- * Les références indiquées seront opposables juridiquement.
- * Il doit être écrit dans un esprit de minimiser les risques de fuite de nitrates vers les eaux.
- * Lorsqu'elles existent les références nationales proposées par le COMIFER seront utilisées en priorité.
- * La transparence d'accessibilité aux modes d'obtention et aux sources devra accompagner les références et les données proposées au niveau régional dans le futur arrêté

Définition et composition du GREN : Dans l'attente de l'avenant à l'arrêté du 20 décembre 2011, pour introduire le négoce dans le collège des distributeurs-prestataires aux cotés des coopératives agricoles, Monsieur Patrick Deuil, dont la candidature a été proposée par la Fédération du négoce dans ce nouveau cadre, participe à la réunion.

1/ Équation retenue

Sur le terrain, l'équation [3], établie dans le guide méthodologique « Calcul de la fertilisation azotée » (COMIFER, 2011, p23), représente la forme la plus diffusée du bilan de masse.

Le groupe valide l'utilisation de cette équation :

$$Pf = Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + X + Xa - L - Rf$$

L'équation dite équation d'efficacité [4], ne sera utilisée que pour les prairies.

2 / Proposition de références pour chaque poste de l'équation :

Les propositions de références par poste ont été présentées et discutées et, pour certaines, acceptées par le GREN. Les postes ont été discutés pour les cultures « céréales à paille » mais beaucoup d'entre eux sont communs aux autres cultures. Les références utilisées doivent être présentées sous forme de nombres et non de fourchettes de nombres afin d'être opposables.

Les annotations « à défaut tabl. page n » font référence au guide Comifer.

Postes		Discussion / Propositions	Validation
Pf = Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan	b: Besoin par unité, par variété, par unité produite	Utilisation des références ARVALIS « Céréales à paille, besoins en azote par quintal de grain produit, références par espèces et par variétés. », mars 2012 avec une mise à jour annuelle, En blé, si la variété n'est pas connue, une valeur moyenne de 3kg par quintal pour le blé tendre et 3,5 kg par quintal pour le blé dur sont utilisées.	Validé
	Y: Objectif de rendement selon zonage local	En principe l'objectif de rendement par parcelle est défini par l'agriculteur, pour ce faire il doit disposer de 5 années de références de rendement, qui sont les cinq dernières de rendements de la culture pour les parcelles qui ont des conditions comparables de sol. S'il ne dispose pas de ces références, c'est le rendement de référence de l'arrêté qui s'impose sauf cas particulier du à l'année climatique et à justifier. Le rendement de référence peut être donné soit par les données SRISE par département, soit par petites régions agricoles (cf p4, Agreste Pays de la Loire, 2011). Les types de sol : soit la réserve utile aux champs, soit la profondeur, soit le caractère hydromorphe, soit la teneur en argile, sable, limon, seront également pris en compte pour une seule de ces caractéristiques à déterminer par petite région, la caractéristique choisie pourra varier avec la culture implantée sur la parcelle. La partie ci-dessus est validée. Les chambres d'agriculture en lien avec les coopératives et Arvalis feront des propositions de références par petite région, type de sol en précisant le poids en surface de ces binômes, petite région- sol, de façon à ce que le rendement pondéré soit proche du rendement départemental indiqué par les données du SRISE.	Valeur par défaut à présenter et à valider à la réunion du 3 mai si possible

Postes		Discussion / Propositions	Validation
Pi = Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan		Les fiches cultures Comifer donneront des indicateurs d'évaluation de la biomasse présente à l'ouverture du bilan, à défaut des méthodes régionales sont à proposer	En attente complément COMIFER
L = Pertes par lixiviation du nitrate		Pour les cultures à paille, l'ouverture du bilan est réalisée en fin d'hiver, ceci donne: L = 0.	Validé
Mh = Minéralisation nette de l'humus du sol	Tnorg	Arvalis doit faire une proposition sur la base de cas type régionaux, (situations pivots telles que : maïs -blé ; contexte pédologique, précédent enlevé) à partir de modélisation (logiciel Arvalis-Inra), les résultats seront comparés aux valeurs disponibles dans les arrêtés actuels.	Données à proposer pour le 23 avril si possible
	Km (Comifer p 33)		
	JN	Des exemples sur ces dernières années pourront être fournis par les experts utilisant les modèles dynamiques	

Remarques :

- Un logiciel est en cours de test Inra/Arvalis sur la « minéralisation basale du sol »
- Il faut enlever la situation « résidus brûlés » car cela est dorénavant interdit.

Postes	Discussion / Propositions	Validation
Mhp = Minéralisation nette due à un retournement de prairie	Des références nationales sont proposées page 36, tableaux 4a et 4b, effets azote prairie sur le supplément de minéralisation.	Validé tab.p36
Mr = Minéralisation nette de résidus de récolte (kg N/ha)	Des références nationales sont proposées page 38, tableau 5, en fonction de la nature des résidus de la culture précédente. Pour le Ray Grass en dérobée, la valeur est portée à 30U.	Validé tab5 p38
MrCi = Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire (kg N/ha)	Des références nationales sont proposées page 40, tableau 7, en fonction de la nature des résidus de la culture intermédiaire.	Validé tab7 p40
Nirr = Azote apportée par l'eau d'irrigation	Analyses réalisées par l'agriculteur : Tous les 5 (?) ans pour les captages d'eaux souterraines. Par bandelettes tracées, datées, avec 3 analyses par saison pour les eaux superficielles. Mise en place d'une feuille déclarative	Faire valider par le national la fréquence des analyses et la possibilité d'utiliser des bandelettes tracées d'ici le 3 mai

Questions / réponses :

- Quels sont les types d'analyses acceptés ? Par un intervenant extérieur (laboratoire, ...), ou par l'exploitant lui-même (bandelettes, ...). Dans ce dernier cas, une fiche déclarative d'analyses sera-t-elle acceptée lors d'un contrôle ?
- La chambre d'agriculture de la Sarthe propose de définir un seuil au-dessous duquel ce poste n'interviendrait pas dans l'équation (en dessous de 5u).

Remarques : un référentiel des analyses des taux de nitrates par secteur d'irrigation, par nappe pourrait être mis en place afin de suivre l'évolution de celles ci dans le temps.

Postes	Discussion / Propositions	Validation
X = Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse	Ce poste est le résultat de l'équation.	Sans objet

Questions / réponses :

- Les références COMIFER prennent en compte la forme de fertilisation en azote la plus efficace, à savoir l'amonitrate. Existe-t-il une équivalence pour les autres formes de minéralisation minérale moins efficiente, peut-on faire évoluer les choses sur ce point, au vu de l'usage de plus en plus répandu d'autres formulations ?

Postes		Discussion / Propositions	Validation
Xa = Fourniture d'azote par les PRO (postes regroupés Mpro1 + Mpro2 + Xpro) Xa = Npro*q*Keq	Npro	Deux méthodes seront utilisées : Normes Corpen avec ajustement par les volumes épandus, ou application à partir d'analyses de l'exploitant. Sinon, références nationales COMIFER proposées page 56, tableau 13 à confronter aux valeurs des arrêtés 53-72 et au document « Fertiliser avec les engrais de ferme, Institut de l'élevage, 2001 Arvalis va demander des chiffres plus précis et plus récents auprès de l'Institut d'Élevage	Références à confronter pour le 23 avril
	Q	L'exploitant agricole déclare les quantités (nombres d'épandeurs, de tonnes à lisiers, avec le poids correspondant	
	Keq	ARVALIS transmettra un tableau avec des valeurs entourées par un écart-type	Tableau à discuter à la réunion du 23 avril si possible
Rf = Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan		ARVALIS devrait obtenir sous peu, un tableau de références nationales	Tableau à présenter et valider à la réunion n+1
Ri = Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan		→ Proposition de plusieurs sources : 1 - Réalisation d'analyses par l'éleveur, 2 - Références locales d'accès public ou privé fournies par les chambres d'agricultures, les coopératives, 3 - Utilisation des références contenues dans les modèles dynamiques utilisés, ceux-ci sont en attente de validation par le MAPRAAT-MEDDEM ; 4 - Références statiques selon la pluviométrie de l'hiver (utilisé dans l'arrêté du département de la Mayenne) L'arrêté devra proposer des valeurs par défaut selon le contexte pluviométrique de l'hiver ou définir les sources auxquelles les exploitants devront se référer chaque année.	Les chambres d'agriculture et les coopératives proposeront à titre indicatif les références des cinq dernières années qu'ils avaient indiquées aux exploitants

Questions à traiter d'ici la signature de l'arrêté :

- débat sur la prise en compte du type d'épandage (+/- efficace selon le matériel) et les pertes inhérentes induites, le guide Comifer précise (p.23) que l'équation 3' choisie correspond à une minimisation des pertes (Gx) par voies gazeuses (donc bonnes conditions d'épandage qui réduisent au minimum les pertes).
- débat sur le classement des digestats de méthanisation : plan d'épandage pour la partie liquide (type II), produit normé pour la partie solide compostée (type III) ; il y a des demandes d'origine Bretagne sur les possibilités d'épandage de ce type de compost dans la région, doit-on les prendre en compte dans le calcul du plafond des 170u N organique ?
- débat sur l'intérêt d'imposer dans l'arrêté le type d'analyse, en fonction de l'équation décidée :
 - reliquat azoté en sortie hiver ? dépassé pour beaucoup de membres,
 - taux de matière organique ? jugé difficilement utilisable par le groupe dans notre contexte,
 - azote total présent dans les horizons de sols cultivés ? le plus intéressant à condition d'imposer le nombre d'horizons à analyser sous peine d'incohérence.
- productions d'azote épandable pour les vaches laitières : A compter du 1er septembre 2012, la norme de production d'azote épandable par animal est indiquée dans le tableau B (temps passé à l'extérieur des

bâtiments / production laitière) de l'annexe II de l'arrêté du 19/12/2011. A noter que pour les exploitations ayant plus de 75% de surface en herbe dans la SFP, ce niveau de production est plafonné à 95 kg d'azote/an/vache du 1er septembre 2012 au 31 août 2013.

3/ Travail attendu d'ici la prochaine réunion (Chambre d'agriculture à Angers, 26 avril)

Les documents attendus par mail sont attendus avant la prochaine réunion, notamment les tableaux de références manquantes proposées par ARVALIS (voir tableaux ci-dessus), les valeurs de rendements de cultures « céréales à paille » pour chaque PRA -type de sol sont attendues pour la réunion du 3 mai.

L'ordre du jour de la prochaine réunion du 26 avril « Maïs, sorgho, céréales à paille (fin) » est modifié par l'ajout de « Oléagineux, protéagineux, lin » initialement prévu le 24 mai. Ces cultures sont traitées le matin.

L'après midi est consacrée aux prairies.

Pour les prairies, le SRISE a des données par département, la chambre régionale d'agriculture disposerait de références à communiquer.

Un expert prairie pourrait être associé à la réunion.

4/ Calendrier du GREN actualisé

Dates	Culture ou sujet	Lieu
26 mars	Références sol, minéralisation, reliquats, etc ; céréales à paille	Nantes, DREAL site de la Chantrerie
23 avril	<u>Matin</u> : Maïs, sorgho, oléagineux, protéagineux et selon temps disponible céréales à paille, <u>Après-midi</u> : prairies, méteil, mélange de cultures	Angers, Chambre d'agriculture 49, salle Aubance
3 mai	Mise à jour et prise en compte des références en attente pour les céréales à paille. Fin prairies	Angers, siège de Terrena
24 mai	Retour sur points à valider des séances précédentes. Début cultures pérennes.	Angers, ESA
15 juin	Vergers, légumes, vignes Cultures sans références	Angers, Cité administrative, DDT 49, salle 3 (rez de chaussée) Experts maraîchage, vignes et arboriculture à prévoir
2 juillet	Bilan, avis sur le projet d'arrêté régional	Nantes

10. Compte rendu du 23 avril

Lieu : chambre de l'agriculture à Angers

Présents :

Collèges

Coopération et négoce	Eric ROYER (CAM) Laurent VARVOUX (Terrena)	Suzette DUBOIS (CAVAC) Patrick DEUIL (Hautbois Négoce)
Instituts techniques	Anne-Monique BODILIS (Arvalis) André Merrien (Cetiom)	Hélène CHAMBAULT (IDELE)
Chercheurs et enseignants	Guillaume PIVA (ESA Angers)	Françoise VERTES (INRA Quimper)
Chambres d'agriculture	Sylvain LEGRAET (53)	Pierre MULLIEZ (49)
DDT(M) ou DD(SC)PP	Jean-Luc CHARLES (DDT53) James ILLAND (DDCSP53)	
Agence de l'eau	Bernard PFEIFFER (délégation du Mans)	
DRAAF	Philippe GENET	Jean-Michel LE BLANC
DREAL	Valérie LECOMTE	

Documents joints : 3

fiche synthèse lin (CETIOM, 2012) / fiche synthèse tournesol (CETIOM, 2012) / fiche synthèse colza (CETIOM, 2012).

Introduction:

Retour sur les points suivants :

- Définition et composition du GREN : l'arrêté de nomination des membres du GREN et la lettre de missions sont à la signature du préfet,
- Information sur la note de cadrage du ministère de l'agriculture :
 - L'évolution des travaux du GREN des Pays de la Loire correspond aux consignes contenues dans la note de cadrage du ministère,
 - Cette note rappelle qu'un plafond d'azote total doit être fixé pour toutes les cultures non citées par ailleurs dans l'arrêté,
 - Cette note précise également qu'en fonction du temps restant disponible, les points suivants pourront être abordés : type d'analyse de sol et organisation de l'acquisition de références expérimentales au niveau régional.

Remarque : le GREN suggère d'introduire des recommandations liées à un raisonnement par « système de culture » pour la gestion de l'azote. Cela pourrait se faire par des recommandations jointes à l'arrêté préfectoral.

1/ Validation du compte rendu de la réunion du 26 mars 2012

Le compte rendu de la réunion du GREN du 26 mars 2012 à Nantes est adopté. Les remarques formulées sont reportées dans ce compte rendu ci (azote absorbé après floraison sur maïs).

2/ Points sur les références attendues pour les céréales à paille

Un mail précédent la réunion a été envoyé par ARVALIS avec les références attendues en particulier Pi, Rf et Mh. Ces références seront discutées à la prochaine réunion du 3 mai 2012.

3/ Équation retenue pour les cultures colza, tournesol, lin, maïs, sorgho

Le groupe a déjà validé pour les cultures l'utilisation de l'équation :

$$Pf = Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + X + Xa - L - Rf$$

Les propositions de références par poste ont été présentées et discutées et, pour certaines, acceptées par le GREN.

Les postes ont été discutés pour les cultures colza, tournesol, lin, maïs, sorgho. Il est rappelé que les références utilisées doivent être présentées, dans la mesure du possible, sous forme de nombres et non de fourchettes de nombres afin d'être opposables juridiquement.

Les annotations «à défaut tabl. page n » font référence au guide Comifer.

La date d'ouverture du bilan retenue dans la présentation des paramètres est la reprise de végétation après l'hiver.

Pf = Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan

b: Besoin par unité, par variété, par unité produite

Y: Objectif de rendement selon zonage local

Pi = Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan

L = Pertes par lixiviation du nitrate

Mh = Minéralisation nette de l'humus du sol

Tnorg

Km (Comifer p 33)

JN

Mhp = Minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr = Minéralisation nette de résidus de récolte (kg N/ha)

Postes	Lin		Colza	Tournesol	Maïs	Sorgho (Sunday Grass)
	hiver	printemps				
b	4.5 kgN/q	4.5 kgN/q	6.5 kgN/q	4.5 kgN/q	Grain : 2.3 kgN/q, Ensilage : 13 kgN /tMS Semence : 4.3 kgN/q	Grain : 2.4 kgN/q, Ensilage : 14 kgN/t
Y	25 kgN/q Modulé par PRA ²	20 kgN/q Modulé par PRA	Modulé par PRA	25 à 27 kgN/q Modulé par PRA	Modulé par PRA	Modulé par PRA
Pi	20 kgN/ha	0	3 outils aux choix (1 minimum): – Pesée biomasse, – réglette imagée, – données satellite	0		
L	0					
Tnorg	Arvalis fera une proposition sur la base de cas type régionaux, (situations pivots telles que : maïs -blé ; tel contexte pédologique, (précédent enlevé) à partir de modélisation (logiciel Arvalis), les résultats seront comparés aux valeurs disponibles dans les arrêtés actuels					
Km						
JN	Des exemples sur ces dernières années pourront être fournis par les experts utilisant les modèles dynamiques					
Mhp Mr	Idem céréales à paille					

MrCi = Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire (kg N/ha)

Nirr = Azote apporté par l'eau d'irrigation

² PRA = Petites Régions Agricoles

Postes	Lin		Colza	Tournesol	Maïs	Sorgho
	hiver	printemps				
MrCi	Idem céréales à paille	Idem tournesol et maïs	Non concerné	tabl. MrCi (Arvalis, 2011)	Tabl. MrCi (Arvalis, 2011)	
Nirr		?		Idem céréales à paille		

Questions / réponses :

- Pour le maïs, faut-il fixer une période après la floraison, date au-delà de laquelle plus de 60% de l'azote apporté par l'eau d'irrigation n'est plus absorbé ? L'azote restant dans le sol après cette date est sous forme minérale et est susceptible d'être lessivé s'il n'est pas réorganisé avant les pluies. Arvalis préconise une période d'apport d'azote par l'eau d'irrigation jusqu'à 3 semaines après la floraison et précise l'apport d'azote par l'eau d'irrigation n'est pas à considérer dans la dernière période de la culture « maïs grain ».
- Dans le cadre des rendements en général, la possibilité de prendre 10 ans de données pour les références de rendement (France Agrimer) n'est pas retenue (prise en compte de l'évolution des variétés), cela supposait d'enlever 4 années (les 2 meilleures et les 2 plus mauvaises années de rendement).

Xa = Fourniture d'azote par les PRO (postes regroupés Mpro1 + Mpro2 + Xpro) (Xa = Npro*q*Keq)

Npro

Q

Keq

Rf = Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan

Ri = Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan

	Lin		Colza	Tournesol	Maïs	So
	hiver	printemps				
	Idem céréales à paille					
	Idem céréales à paille		Tabl 8 page 42 (colonne Keq sur la période du bilan) A compléter pour le colza par Arvalis : - fumier de bovins, - compost bovins, - compost volailles, - lisier de canard (=lisier de porc)	Tabl 8 page 42 (colonne Keq sur la période du bilan) A compléter pour le colza par Arvalis : - fumier de bovins, - compost bovins, - compost volailles, - lisier de canard Comparer avec le 4 ^{ème} programme de la Mayenne. Un tableau de valeurs plus complet est en préparation pour l'automne + complété début 2013 suite au bouclage du Casdar PROs. En attendant, prendre le tableau comifer p42 complété par celui du 4 ^{ème} prog 53 pour les lignes manquantes (dans ces situations, on peut être amené à surestimer les fournitures par les Pros mais cela jouera sur de faibles quantités d'azote.		
30			Table RF (source AZOBIL@INRA) Les données transmises par Arvalis s'appliquent bien à toutes les cultures.			
	Idem céréales à paille		20 pour sol superficiel 30 pour sol profond	Utilisation des outils proposés (voir céréales à paille) sinon 40 par défaut	Idem céréales à paille	

Questions / réponses :

Introduire des recommandations dans l'arrêté pour des cas particuliers reconnus. Par exemple, pour une mauvaise année de rendement en blé, l'azote non utilisé peut être bien valorisé par une culture de colza à l'automne.

4/ Équation retenue pour les prairies

Le groupe valide l'utilisation de l'équation [4'] dite équation d'efficience : **Pf = PO + (X + Xa) . CAU**

Les propositions de références par poste ont été présentées et discutées et, pour certaines, acceptées par le GREN.

Pf = N_{exp} + N_{réserves} Besoins d'azote de la culture = azote absorbé par la prairie jusqu'à la récolte

N_{exp}, quantité totale d'azote exportée par la prairie (kgN/ha) N_{exp} = MS x %N

N_{réserves}, azote mis en réserve dans les organes non récoltés (feuilles, gaines, tiges, racines)

Postes			Références	
Pf	N _{exp}	MS, objectif de production en tMS/ha	17 Approche globale à partir de la valorisation moyenne de l'herbe de l'exploitation à l'échelle de l'année Nbre d'UGB x (besoins MS/UGB/an – achats de fourrages +/- D de stocks) – consommation de maïs ensilage et autres) ha prairies	Les besoins MS/UGB/an sont 5.5 tMS/UGB En attente des données par les chambres d'agriculture.
		Les 2 approches sont à utiliser. (p.67 à 70)	27 Approche parcellaire par les niveaux de production accessibles à l'échelle de l'année ou de la saison	Tabl. Page 68
	%N, teneur en azote de l'herbe			Tabl.20 page 72
N _{réserves}			N _{réserves} = 0	

Questions / réponses :

Pour le calcul de MS, il existe une 3^{ème} approche (Comifer p 68) qui a été considérée comme intégrée dans les deux précédentes.

PO = Mh + N_{rest} + Fs Fournitures globales d'azote minéral par le sol (kgN/ha) (explication Comifer p.66)

Mh = Minéralisation nette de l'humus du sol, Estimation de la fourniture d'azote par le sol (explication Comifer p.72 + Brochure fertilisation des prairies, pays de la Loire - édition 1998 p.5),

N_{rest} = Contribution directe des restitutions au pâturage de l'année (kgN/ha),

Fs = Quantité d'azote fixé par les légumineuses présentes (kgN/ha), 2 situations en fonction du taux de trèfle au printemps (explication Comifer p.75).

Postes		Références
PO	Mh	Plaquette ¹ page 2 tableau du haut modifié : – observée est remplacé par recommandée – rajout de 110 et 85 (en ligne moyen/colonne élevé).
	N _{rest}	Plaquette ¹ page 3 tableau en bas à droite modifié : - rajout de la ligne 4 t MS : 15/5/0 - à valider par les chambres d'agriculture - à comparer tabl.23 page 76 Comifer
	Fs	<p>%TB >30% (au printemps) Fs = Pf à X = 0</p> <p>10%<%TB<30% (au printemps) FS = Biomasse (kg MS/ha/an) x %TB x N% du trèfle x % de fixation</p> <p>Plaquette¹ page 3 tableau en bas à gauche modifié : – rajout de la ligne 4 t MS : 20/35 – modification des titres de colonnes: colonne 1 : 20% été / 10-15% printemps, colonne 2 : 30% été / 15-20% printemps</p>

X = Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

¹ Plaquette « Fertilisation azotée des prairies : de 30 à 120 kg d'azote fournis par le sol » – réalisation Chambre d'agriculture des Pays de la Loire - édition février 2006

¹

¹

Postes	Références
X	A déterminer avec l'équation

Xa = %N_{pro} x Q x Keq (Fourniture d'azote par les PRO)

N_{pro} = teneur en azote total de l'effluent (% par unité de volume ou de masse)

Q = volume ou masse de l'effluent épandu par hectare

Keq = coefficient d'équivalence engrais minéral efficace

Postes	Références	
Xa	N _{pro}	Idem équation 3'
	Q	Référence exploitation
	Keq	Idem équation 3' Tableau 9 p.43

CAU = Coefficient Apparent d'Utilisation de l'engrais (sans unité), Prise en compte le Ix et Gx

Postes	Références
CAU	0.7 (Comifer page 77)

5/ Travail attendu d'ici la prochaine réunion (Siège de Terrena à Angers, 3 mai)

Les documents attendus par mail sont attendus avant la prochaine réunion :

Par Arvalis, les tableaux de références manquantes (voir tableaux ci-dessus) :

- Mh « colza, tournesol, lin, maïs, sorgho »,
- XaàKeq « colza, tournesol, lin, maïs, sorgho »,

Par les chambres d'agriculture (voir tableaux ci-dessus) :

- les valeurs de rendements de cultures « céréales à paille, colza, tournesol, maïs, sorgho et lin » pour chaque PRA-type de sol,
- PfàNexpàMS pour les prairies : les besoins MS/UGB/an

Chanvre : En attente des chiffres de la CAVAC.

Une réponse doit être apportée à la question de l'équivalence des différentes formes d'engrais évoquée dans le guide Comifer page 54 « Une majoration de la solution azotée de 10% en sols non calcaires [...] réduit l'écart mais ne le comble pas totalement ».

6/ Calendrier du GREN actualisé

Dates	Culture ou sujet	Lieu
26 mars	Références sol, minéralisation, reliquats, etc ; céréales à paille	Nantes, DREAL site de la Chantrerie
23 avril	<u>Matin</u> : Maïs, sorgho, oléagineux, protéagineux et selon temps disponible céréales à paille, <u>Après-midi</u> : prairies	Angers, Chambre d'agriculture 49, salle Aubance
3 mai	Mise à jour et relecture des références pour les céréales à paille. Rendement par PRA et type de sol Fin prairie, méteil, mélange de cultures, luzerne, chanvre et cultures sans référence.	Angers, siège de Terrena
24 mai	Retour sur points à valider des séances précédentes. Début cultures pérennes.	Angers, ESA
15 juin	Vergers, légumes, vignes Cultures sans références	Angers, Cité administrative, DDT 49, salle 3 (rez de chaussée) Experts maraîchage, vignes et arboriculture à prévoir
2 juillet	Bilan, avis sur le projet d'arrêté régional	Nantes

7/ Point particuliers.

Modélisation Mh céréales à paille : Prévoir une simulation pour le Nord de la Mayenne

10.1. Annexe au CR GREN 26-04 : Fertilisation azotée du lin de printemps

1- Equations utilisées

En France, le raisonnement de la fertilisation azotée de grandes cultures fait appel à la méthode du bilan de masse prévisionnel d'azote minéral dans le sol sur la profondeur explorée par les racines dont les bases remontent aux années 1970 (Hébert, 1968 ; Rémy et Hébert, 1974). Ce bilan s'écrit : Etat final – Etat initial = Entrées – Sorties. Sa forme développée complète comprend un grand nombre de poste (COMIFER, 2011). Différents hypothèses simplificatrices permettent d'obtenir les deux écritures suivantes :

- $Pf + Rf = Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + X + Xa - L$

et

- $Pf + Rf = Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + XxCAU + Xa - L$, aussi appelée équation d'efficacité, elle-même souvent simplifiée en $Pf = P0 + (X + Xa) \times CAU$

Avec

Pf : Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan

Rf : Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan

Pi : Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan

Ri : Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan

Mh : Minéralisation nette de l'humus du sol

Mhp : Minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr : Minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi : Minéralisation nette des résidus de cultures intermédiaires

Nirr : Quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation

X = Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

Xa : Equivalent engrais minéral efficace lié à l'apport de produits organiques

L : Pertes par lixiviation du nitrate

CAU : Coefficient apparent d'utilisation de l'azote de l'engrais minéral de synthèse

P0 : fourniture d'azote par le sol (Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr)

La méthode de raisonnement de la fertilisation azotée proposée pour le lin repose sur l'écriture du bilan de masse.

Nous allons ici surtout nous intéresser au paramétrage de quelques postes vis-à-vis desquels le lin présente des spécificités fortes.

Soulignons qu'il existe deux types de culture de lin : le lin d'hiver et le lin de printemps. On considère que les seules différences sont liées à la période d'ouverture du bilan ainsi qu'à la quantité d'azote absorbé par la culture et à la quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan.

2 - Période d'ouverture du bilan

La période d'ouverture du bilan va :

- pour le lin d'hiver : de la reprise active de croissance à la sortie de l'hiver (de fin janvier et fin février selon les années et les régions) à la récolte (de fin juin à fin juillet selon les années et les régions) ;
- pour le lin de printemps : du semis (de fin février à fin mars selon les régions) à la récolte (de fin juillet à fin août selon les régions).

3 - Postes liés au besoin de la culture

3.1 - Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan (Pf)

On estime que la quantité d'azote absorbé à la fermeture du bilan est proportionnelle au rendement, au moins pour les doses de fertilisation optimales et sub-optimales (Flénet, 2004). Dans ces conditions, Pf (kgN/ha) = objectif de rendement (q/ha) x besoin unitaire (kgN absorbé / q de graines).

3.1.1 – Besoin unitaire

Le besoin unitaire est estimé à 4.5 (Flénet, 2004). Ce besoin n'est pas modulé en fonction d'objectifs de qualité des graines.

3.1.2 – Objectif de rendement

Le choix de l'objectif de rendement est du ressort de l'utilisateur. Il s'agit d'un exercice difficile du fait de la

forte variabilité interannuelle des rendements dans un milieu donné, en particulier dans les sols superficiels. L'une des principales origines en est la variabilité climatique et en particulier au niveau de la disponibilité en eau. Il convient donc d'appréhender une notion de risque.

La recommandation habituelle est de choisir la moyenne des 3 années médianes parmi les 5 dernières années (élimination des 2 années extrêmes. C'est à ce niveau que se situe probablement l'une des principales sources d'erreur dans le calcul de dose.

3.2 - Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)

Dès lors que la fertilisation azotée est bien ajustée au besoin de la culture, le reliquat d'azote minéral du sol à la récolte est relativement faible. La valeur forfaitaire retenue est de 30 kgN/ha (Flénet, 2004).

4 - Postes liés aux fournitures d'azote

4.1 - Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi)

Lin d'hiver

Les dates de semis conseillées ont été définies de façon à obtenir le plus souvent un niveau de croissance de 0.2 t/ha, valeur considérée comme optimale pour concilier une tolérance au froid hivernal suffisante, un risque de verse au printemps réduit et une absence d'altération du rendement potentiel. Ceci correspondant à une quantité d'azote absorbé dans les plantes entière voisine de 15 kgN/ha.

Toutefois, la variabilité observée des quantités d'azote absorbé dans les plantes entières à la sortie de l'hiver varie le plus souvent de quelques kg à 30 kgN/ha. Elle peut parfois atteindre des valeurs légèrement plus élevées (figure 1).

Figure 1 : Quantité d'azote absorbé dans les plantes entières à l'ouverture du bilan sur lin d'hiver (essais CETIOM conduits en 1994 et 1995 dans le Gers, la Côte-d'Or, la Haute-Garonne et la Seine-et-Marne ; 31 situations ; hypothèse : N absorbé plantes entières = N absorbé aérien x 1.35 ; moyenne = 18 kgN/ha)

La recommandation pour une application simplifiée de la méthode du bilan est donc de prendre en compte la valeur de 20 kgN/ha pour le poste Pi.

Lin de printemps

S'agissant d'une culture de printemps pour laquelle la période d'ouverture du bilan est fixée au semis, la valeur du Pi est 0.

4.2 - Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

La mesure de la quantité d'azote minéral à l'ouverture du bilan doit être réalisée sur la profondeur maximale d'enracinement qui dans le cas lin peut atteindre 90 cm.

Cette quantité peut être très variable selon les conditions : bilan azoté du précédent, potentiel de minéralisation du sol, système de culture, lixiviation hivernale, conditions météorologiques....Il est donc conseillé de la mesurer ou de l'estimer à partir de références régionales ou par simulation (figure 2).

Figure 2 : Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan sur lin d'hiver (à gauche) et lin de printemps (à droite) (lin d'hiver : 22 situations sur sols de limons en Picardie de 1996 à 2001 ; lin de printemps : 13 situation sur sols de limons en Picardie de 1998 à 2000 ; source : synthèse Alternatech)

4.3 - Postes ne présentant pas de spécificité liée au colza d'hiver et non pris en compte dans la réglette azote colza

Mh : minéralisation nette de l'humus

Mhp : Minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr : Minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi : Minéralisation nette des résidus de cultures intermédiaires

Nirr : Quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation

X = Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

Xa : Equivalent engrais minéral efficace lié à l'apport de produits organiques

L : Pertes par lixiviation du nitrate

4.4 - Coefficient apparent d'utilisation de l'azote de l'engrais (CAU)

Les rares références disponibles montrent une grande variabilité du CAU (figure 3). Le CAU moyen est l'ordre de 0.65 (0.8 en lin d'hiver et 0.5 en lin de printemps).

Figure 3 : Variabilité du CAU (lin d'hiver : 7 situations sur sols de limons en Picardie en 1998 et 1999 ; lin de printemps : 7 situation sur sols de limons en Picardie de 1998 et 1999 ; source : synthèse Alternattech)

4.5 - Fourniture d'azote par le sol (P0 = Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr)

Les références de fourniture d'azote par le sol sont également rares. La figure 4 présente quelques valeurs obtenues en Picardie (Flénet, 2004).

Figure 3 : Quantité d'azote absorbé par les témoins sans apport d'azote (lin d'hiver : 7 situations sur sols de limons en Picardie en 1998 et 1999 ; lin de printemps : 7 situation sur sols de limons en Picardie de 1998 et 1999 ; source : synthèse Alternattech ; Nabsorbé plantes entières = N absorbé aérien x 1.1)

La mesure de la quantité d'azote absorbé doit être réalisé de préférence vers la fin de la floraison pour le lin d'hiver et à maturité pour le lin de printemps. Une réduction de la quantité d'azote présent dans les organes en place au moment du prélèvement est en effet souvent observée entre la fin de la floraison et la maturité sur lin d'hiver. Ce phénomène n'est pas observé sur lin de printemps : l'accumulation d'azote se poursuit jusqu'à maturité (source : données Alternattech, Picardie).

6 - Les dates d'apport et les règles de fractionnement de la dose totale d'azote

Lin d'hiver

En l'absence d'apport organique régulier, la dose d'apport d'azote est généralement comprise entre 70 et 130 kgN/ha.

Il est conseillé de fractionner les apports en 2 passages si la dose le justifie :

- 50 kgN/ha à la reprise de végétation ;
- le complément 3 à 4 semaines plus tard.

Lin de printemps

L'apport peut être réalisé au semis. Si nécessaire, un apport sous forme d'engrais solide peut être réalisé jusqu'à l'apparition des boutons floraux.

Les outils de pilotage de la fertilisation azotée en cours de printemps

Aucun outil de pilotage n'est disponible.

Les formes d'azote

Bibliographie :

Flénet F. (2004) - Références pour de nouveaux itinéraires techniques en lin graine. Dossier de synthèse ALTERNATECH, section Agrotransfert, 118 pages.

10.2. Annexe au CR GREN 26-04 : Fertilisation azotée du tournesol

1- Equations utilisées

En France, le raisonnement de la fertilisation azotée fait appel à la méthode du bilan de masse prévisionnel d'azote minéral dans le sol sur la profondeur explorée par les racines dont les bases remontent aux années 1970 (Hébert, 1968 ; Rémy et Hebert, 1974). Ce bilan s'écrit : Etat final – Etat initial = Entrées – Sorties. Sa forme développée complète comprend un grand nombre de poste (COMIFER, 2011). Différents hypothèses simplificatrices permettent d'obtenir les deux écritures suivantes :

- $Pf + Rf = Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + X + Xa - L$

et

- $Pf + Rf = Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + XxCAU + Xa - L$, aussi appelée équation d'efficacité, elle-même souvent simplifiée en $Pf = P0 + (X + Xa) \times CAU$

Avec

Pf : Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan

Rf : Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan

Pi : Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan
Ri : Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan
Mh : Minéralisation nette de l'humus du sol
Mhp : Minéralisation nette due à un retournement de prairie
Mr : Minéralisation nette des résidus de récolte
MrCi : Minéralisation nette des résidus de cultures intermédiaires
Nirr : Quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation
X = Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse
Xa : Equivalent engrais minéral efficace lié à l'apport de produits organiques
L : Pertes par lixiviation du nitrate
CAU : Coefficient apparent d'utilisation de l'azote de l'engrais minéral de synthèse
P0 : fourniture d'azote par le sol (Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr)

Le CETIOM propose 2 types d'outils pour le calcul prévisionnel de la dose de fertilisation azotée minérale du tournesol : d'une part Héliotest et d'autre part des grilles ayant pour entrées l'objectif de rendement et le niveau de reliquat d'azote minéral dans le sol au semis. Ces deux outils reposent sur la méthode du bilan prévisionnel très simplifiée Les écritures de référence sont :

- l'équation d'efficacité pour Héliotest
- l'équation du bilan de masse pour les grilles.

La caractéristique d'Héliotest est qu'il propose d'estimer les fournitures d'azote à la culture grâce au principe de la bande azotée : stade d'apparition d'une différence visuelle entre une bande de la parcelle fertilisée au semis et le reste de la parcelle non fertilisé au semis

Nous allons ici surtout nous intéresser au paramétrage de quelques postes vis-à-vis desquels le tournesol ou les outils développés par le CETIOM présentent des spécificités fortes. Les autres postes ne présentent pas de spécificité particulière.

2 - Période d'ouverture du bilan

La période d'ouverture du bilan va du semis (de début avril à mi-mai selon les situations en culture principale) à la récolte (de fin août à fin septembre selon les conditions).

En conditions favorables, la culture est probablement capable d'absorber de l'azote jusqu'à maturité physiologique (de mi-août à début septembre selon les conditions) .

3 - Postes liés au besoin de la culture

3.1 - Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan (Pf)

On estime que la quantité d'azote absorbé à la fermeture du bilan est proportionnelle au rendement, au moins pour les doses de fertilisation optimales et sub-optimales (Reau et al., 2004). Dans ces conditions, Pf (kgN/ha) = objectif de rendement (q/ha) x besoin unitaire (kgN absorbé / q de graines).

3.1.1 – Besoin unitaire

Dans le cas du tournesol, il est malaisé d'estimer le besoin, car les essais présentant une réponse du rendement à la dose d'azote sont rares. Il est donc difficile de déterminer expérimentalement sans équivoque une dose optimale et le besoin à cette dose (dans les essais ne répondant pas à l'azote, le témoin 0N n'est pas forcément un bon candidat pour la dose optimale car il peut déjà correspondre à une sur-alimentation de la culture en azote).

Le besoin unitaire actuellement pris en compte est de 4.5 kgN absorbé / q de graines produit (tableau 1 ; figure 1). Il a été défini à partir de quelques références acquises par le CETIOM en 1993 et au début des années 2000. Dans ce dernier cas, c'est une approche indirecte qui a été utilisée (figure 1).

Le besoin n'est pas modulé en fonction d'objectifs de qualité des graines.

Tableau 1 : Données des essais 1993 ayant conduit à la première estimation du besoin (essais avec réponse significative du rendement à la dose d'azote ; valeurs de besoin déterminées à la dose optimale : dose la plus basse avec rendement en classe « a » du test de student-Neuman-Keuls : moyenne des 4 valeurs = 4.2 arrondi à 4.5 par « sécurité ») (source : Reau et al., 1997)

Figure 1 : Relation entre le rendement maximum des essais et la quantité d'azote absorbé à maturité par le témoin sans azote (parties aériennes) pour les essais avec réponse du rendement à la fertilisation N (références Héliotest 2000-2001) ; il n'y a réponse du rendement à l'apport d'azote que lorsque le rapport entre offre (Nabs aérien) et demande (rdt maxi) est inférieur à 4.1, soit 4.5 si l'on considère les plantes entières.

La valeur du besoin unitaire diminue très rapidement dès lors que le rendement s'éloigne par défaut du rendement maximum et augmente très vite lorsqu'on s'en éloigne par excès.

3.1.2 – Objectif de rendement

Le choix de l'objectif de rendement est du ressort de l'utilisateur. Il s'agit d'un exercice difficile du fait de la forte variabilité interannuelle des rendements dans un milieu donné, en particulier dans les sols superficiels sans irrigation. L'une des principales origines en est la variabilité climatique et en particulier le niveau de la disponibilité en eau. Il convient donc d'appréhender une notion de risque. Notre recommandation habituelle est de choisir la moyenne des 2 meilleurs rendements des 5 dernières années (notice Héliotest). C'est à ce niveau que se situe probablement l'une des principales sources d'erreur dans le calcul de dose. Le recours à l'irrigation permet de régulariser le rendement et ainsi de diminuer l'erreur liée à ce poste.

3.2 - Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)

Dès lors que la fertilisation azotée est bien ajustée au besoin de la culture, le reliquat d'azote minéral du sol à la récolte du tournesol est très faible compte tenu de la capacité de la culture à « vider » le sol de son eau et de son azote : de l'ordre de 10 unités par couche de sol de 30 cm colonisée par les racines (Reau et al., 1997).

4 - Postes liés aux fournitures d'azote

4.1 - Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi)

$P_i = 0$

S'agissant d'une culture d'été dont la période de bilan est ouverte au semis, la quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan est égale à 0.

4.2 - Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

La mesure de la quantité d'azote minéral à l'ouverture du bilan doit être réalisée sur la profondeur maximale d'enracinement qui dans le cas du tournesol atteint couramment 120 cm dans les sols profonds.

Les reliquats d'azote minéral du sol à l'ouverture du bilan peuvent être dans le meilleur des cas mesurés, sinon estimés par modélisation du bilan du précédent et du lessivage hivernal des nitrates (possibilité offerte par certains logiciels comme PC Azote et Epicles) ou à partir de résultats mesurés chaque année sur des réseaux de parcelles de référence.

C'est un paramètre très variable d'une année à l'autre (figure 2) en raison de la variabilité des sols, des cultures précédentes (nature, adéquation du rendement et de la fertilisation) des apports de produits organiques et de la gestion de l'interculture.

Figure 2 : Distribution des quantités d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (parcelles du réseau Héliotest de 2000 et 2001).

4.3 - Minéralisation nette de l'humus du sol (Mh)

Pas de spécificité de la culture du tournesol.

Dans les expérimentations conduites par le CETIOM dans les années 1990, elle représentait 40 à 54 unités, dans trois situations, avec un cas à 136 unités (Reau et al., 1997).

4.4 - Postes ne présentant pas de spécificité liée au tournesol

Mhp : Minéralisation nette due à un retournement de prairie
Mr : Minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi : Minéralisation nette des résidus de cultures intermédiaires : l'implantation de cultures intermédiaires avant tournesol va probablement se généraliser dans le cadre de l'obligation de couverture du sol pendant l'hiver en zones sensibles dans la mesure où la culture précédente le tournesol est le plus souvent une céréale à paille récoltée pendant l'été précédent l'implantation du tournesol.

Nirr : Quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation

X = Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

Xa : Equivalent engrais minéral efficace lié à l'apport de produits organiques

L : Pertes par lixiviation du nitrate (hormis la spécificité liée à l'enracinement profond du tournesol)

Il convient toutefois de souligner que le tournesol a une forte aptitude à extraire l'azote du sol (probablement supérieure à celle de la plupart des autres cultures) que ce soit en termes de profondeur où de teneur en azote résiduelle dans le sol). Les postes de fourniture d'azote à la culture par le sol sont donc souvent sous-estimés (cf chapitre sur fourniture d'azote par le sol).

4.5 - Coefficient apparent d'utilisation de l'azote de l'engrais (CAU)

Le coefficient apparent d'utilisation de l'azote du tournesol est difficile à estimer pour les mêmes raisons que le besoin unitaire : difficulté à identifier les situations à l'optimum de fertilisation azotée fait de réponse du rendement à la dose d'azote. La valeur généralement proposée est de 0.80 (Reau et al., 1997 ; Wagner et al., 2002 ; Champolivier et al., 2002). Il s'agit d'une moyenne qui recouvre une forte variabilité (figure 3). Dans les situations particulières, il est préférable de constituer un référentiel spécifique pour ajuster ce CAU aux conditions.

Figure 3 : Coefficients apparents d'utilisation pour des apports en végétation (dispositifs Héliotest 2000-2001 ; la structure des données ne permet pas de présenter une déclinaison régionale) (source : Champolivier et al., 2002)

Lorsque le CAU de l'apport au semis est inférieur à 100 %, le CAU de l'apport en végétation ne lui est pas inférieur en moyenne (Champolivier et al., 2002)

Figure 4 : Coefficients apparents d'utilisation pour des apports en végétation ou au semis (dispositifs Héliotest 2000-2001 ; la structure des données ne permet pas de présenter une déclinaison régionale) (source : Champolivier et al., 2002)

4.6 - Fourniture d'azote par le sol ($P_0 = M_h + M_{hp} + M_r + M_{rCi} + N_{irr}$)

4.6.1 - Un niveau de fourniture d'azote par le sol souvent élevé

Comme mentionné précédemment, il s'agit d'un poste dont les valeurs sont souvent sous-estimées du fait de la forte capacité d'extraction de l'azote du sol par la culture.

Le tournesol est souvent capable d'extraire au moins 90 kgN/ha du sol pendant son cycle (figure 4), quelles que soient les conditions de cultures.

Si l'on fait l'hypothèse que la fourniture d'azote par le sol par minéralisation pendant la période du bilan est égale à la quantité d'azote absorbé par les témoins sans apport d'azote moins le reliquat d'azote minéral au semis, il apparaît que cette fourniture d'azote par minéralisation est souvent comprise entre 60 et 150 kgN/ha.

Figure 5 : Quantités d'azote absorbé par des témoins sans apport d'azote (dispositifs Héliotest 2000, 2001, 2003, 50 situations variées ; la structure des données ne permet pas de présenter une déclinaison régionale) (source : Wagner et al., 2002)

4.6.2 - Un indicateur des fournitures d'azote par le sol

La méthode Héliotest propose un indicateur précoce de cette disponibilité en azote du sol sur l'ensemble du cycle : il s'agit du stade d'apparition d'une différence visuelle entre une bande de parcelle fertilisée au semis

(60 à 80 kgN/ha) et le reste de la parcelle n'ayant pas reçu cet apport (Wagner et al, 2002). Les hypothèses sous-jacentes sont les suivantes :

- l'apparition d'une différence visuelle traduit un état de carence azotée sur la partie non fertilisée ;
- plus cette différence visuelle apparaît tôt, plus la carence est intense ; cela se traduit par une relation positive entre le stade et l'INN au stade B12 (figures 6 et tableau 2) ; si la différence visuelle apparaît après le stade « 14 feuilles », elle n'a pas de conséquence sur le rendement ;
- l'intensité de la carence au stade B12 sur le témoin sans apport d'azote est un indicateur fiable des fournitures du sol (figure 7).

Figure 6 : Relation entre le stade d'apparition d'une différence visuelle entre des modalités avec (60 à 80 kgN/ha) et sans apport d'azote au semis et l'INN du témoin sans azote au stade « 12 feuilles » (résultats Héliotest 2001) (source : Wagner et al., 2002)

Tableau 2 : Paramétrage de la relation entre le stade d'apparition de la différence visuelle et l'INN au stade « 12 feuilles » dans Héliotest (prise en compte d'une « marge de sécurité » liée aux incertitudes sur la détermination du stade, de l'INN...) (résultats Héliotest 2001) (source : Wagner et al., 2002)

Figure 7 : Relation entre la quantité d'azote absorbé par les témoins sans apports d'azote et leur INN au stade « 12 feuilles » ; l'équation retenue au potentiel dans Héliotest est $N_0 = 79,6 \times \text{INN B12} + 58,8$ (résultats Héliotest 2001 ; la structure des données ne permet pas de présenter une déclinaison régionale) (source : Champolivier et al., 2002)

4.6.3 – Méthode de détermination des fournitures d'azote par le sol

Dans le cadre de la mise au point de références régionales, il convient de prendre quelques précautions pour la détermination de cette variable au champ. Si la culture est capable de poursuivre l'absorption d'azote jusqu'à maturité physiologique dans certaines conditions, il est fréquent que la quantité d'azote mesurée dans les plantes à maturité soit inférieure à celles mesurées au stade M0 (chute des fleurs ligulées). L'origine de cette diminution en fin de cycle n'est pas clairement identifiée. Il est possible que la fragilisation des feuilles les plus âgées (base de la tige) du à leur dessèchement en fin de cycle (ces feuilles restent toutefois accrochées à la tige) soit l'une des causes de ces pertes si des précautions toute particulière n'est pas prises lors du prélèvement pour les collecter.

Compte tenu de ce comportement, il est recommandé de réaliser les prélèvements au stade M0, stade où le maximum de présence d'azote dans les organes en place est le plus fréquemment observé.

4.7 - Table simplifiée de préconisation proposée par le CETIOM (brochures tournesol)

A côté d'Héliotest, le CETIOM diffuse une grille simplifiée de préconisation pour la fertilisation azotée du tournesol (tableau 3). Cette table a deux entrées, la quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan et l'objectif de rendement, car elle est construite selon l'hypothèse que ces deux postes sont les plus variables. La fourniture d'azote par le sol par minéralisation au cours de la période d'ouverture est estimée forfaitairement à 50 à 70 kgN/ha en sol superficiel (associé à l'objectif de rendement de 25 q/ha) et à 70 à 90 kgN/ha en sol profond (associé à l'objectif de rendement de 35 q/ha). Elle s'applique en conditions dites standard : absence d'apport de produit organique et pas de retournement de prairie. Dans ces derniers cas, la dose devra être minorée de l'équivalent de fourniture d'azote correspondant à ces pratiques.

Tableau 3 : Table simplifiée de préconisation pour la fertilisation azotée du tournesol (source : brochures culture CETIOM, 2012)

5 - Fertilisation azotée et teneur en huile des graines

La réponse de la teneur en huile à des doses croissantes de fertilisation azotée minérale est sensiblement linéaire et négative : la teneur en huile diminue lorsque la disponibilité en azote augmente.

Les pentes des fonctions linéaires de décroissance de la teneur en huile en fonction de la dose d'azote minéral apporté sont variables. La figure 8 présente les résultats moyens obtenus sur un référentiel d'essais conduits par le CETIOM et ses partenaires dans les années 1990. Ces essais ont été conduits dans des milieux et avec des variétés très divers. Pour homogénéiser les essais, nous avons représenté l'écart de teneur en huile de chaque modalité avec la modalité conduite à la dose optimale (déterminée a posteriori sur la base des relations entre le rendement et la dose d'azote apporté) en fonction de l'écart de dose de

chaque modalité à la dose optimale. La moyenne est de 0.5 point d'huile en moins pour 40 kgN/ha en plus.

Figure 8 : Relation entre la moyenne des écarts de teneur en huile entre chaque modalité et la modalité conduite avec la dose d'azote optimale de l'essai et l'écart entre la dose N appliqué sur la modalité et la dose N optimale de l'essai (53 essais conduits de 1992 à 1994)

6 - Les dates d'apport et les règles de fractionnement de la dose totale d'azote

Compte tenu des doses relativement faibles conseillées (de 0 à 100 kgN/ha), celles-ci peuvent être amenées en une fois, de préférence en végétation (des stades 6 feuilles à 14 feuilles). Ces apports en végétation permettent de synchroniser la disponibilité de l'azote apporté par l'engrais avec la période de besoin maximum de la culture et de mettre en œuvre la technique de la bande azotée (Héliotest).

Les outils de pilotage de la fertilisation azotée en cours de printemps

Héliotest constitue à la fois un outil de détermination prévisionnelle de la dose optimale et un outil de pilotage en cours de culture (ajustement de la dose en fonction de l'état de la culture des stades 6 à 14 feuilles).

D'autres outils de type chlorophylle-mètre ou jus de base de tige ont été testés mais cela n'a pas pu aboutir à la mise au point d'une méthode de pilotage.

Les formes d'azote

Bibliographie :

Reau R., Wagner D., Champolivier L. (1997) : Tournesol : Synthèse « fertilisation azotée » sur la base des essais des années 1992, 1993. Dossier technique CETIOM, 29 p.

Wagner D., Champolivier L., Reau R. (2002) : Test de la bande azotée – Résultats 2000 – 2001. Dossier technique CETIOM, 15 p.

Champolivier L., Bernadet J., Raimbault J., Reau R., Sauzet G., Wagner D. (2002) : Héliotest : un outil pour raisonner la fertilisation azotée du tournesol. Présentation ppt.CETIOM, 35 p.

10.3. Annexe au CR GREN 26-04 : Fertilisation azotée du colza

1- Equations utilisées

En France, le raisonnement de la fertilisation azotée du colza fait appel à la méthode du bilan de masse prévisionnel d'azote minéral dans le sol sur la profondeur explorée par les racines dont les bases remontent aux années 1970 (Hébert, 1968 ; Rémy et Hébert, 1974). Ce bilan s'écrit : Etat final – Etat initial = Entrées – Sorties. Sa forme développée complète comprend un grand nombre de postes (COMIFER, 2011). Différentes hypothèses simplificatrices permettent d'obtenir les deux écritures suivantes :

- $Pf + Rf = Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + X + Xa - L$

et

- $Pf + Rf = Pi + Ri + Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr + XxCAU + Xa - L$, aussi appelée équation d'efficacité, elle-même souvent simplifiée en $Pf = P0 + (X + Xa) \times CAU$

Avec

Pf : Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan

Rf : Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan

Pi : Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan

Ri : Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan

Mh : Minéralisation nette de l'humus du sol

Mhp : Minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr : Minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi : Minéralisation nette des résidus de cultures intermédiaires

Nirr : Quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation

X = Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

Xa : Equivalent engrais minéral efficace lié à l'apport de produits organiques

L : Pertes par lixiviation du nitrate

CAU : Coefficient apparent d'utilisation de l'azote de l'engrais minéral de synthèse

P0 : fourniture d'azote par le sol (Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr)

Selon les outils auxquels on s'adresse, le niveau de simplification varie : le formalisme utilisé dans Azofert (INRA) est par exemple beaucoup plus complet que celui utilisé dans la réglette azote colza (CETIOM).

Dans la réglette azote du CETIOM (diffusée à partir du milieu des années 1990), le choix de l'équation dépend de la région considérée (tableau 1) (*NDA « note de l'auteur » : le choix du formalisme retenu a été réalisé en étroite concertation avec nos partenaires régionaux*).

Tableau 1 : Equation utilisée dans chacune des réglettes azote colza

NDA : Cela a conduit à utiliser l'équation du bilan de masse en Poitou-Charente, région à fortes surfaces de terres à cailloux, milieux sur lesquelles l'équation d'efficacité est souvent préconisée faute de pouvoir réaliser des prélèvements de terre pour la mesure du reliquat d'azote minéral dans le sol.

NDA : L'équation du bilan de masse pourrait probablement être utilisée partout ou inversement l'équation d'efficacité pourrait être utilisée sur tous les sols à cailloux, à condition de disposer des références nécessaires (réseaux de témoins ON).

L'approche faisant appel à l'élaboration de courbe de réponses (exemple de la région Champagne-Ardenne sur certaines cultures comme le tournesol et le chanvre) n'a pas été explorée par le CETIOM faute de références en nombre suffisant par type de milieu et de système de culture. Cette approche nécessiterait de plus un paramétrage dépendant du niveau d'absorption d'azote à la l'ouverture du bilan (Pi) pour lequel la variabilité interannuelle peut être très forte chez le colza (cf chapitre 4.1).

Nous allons ici surtout nous intéresser au paramétrage de quelques postes vis-à-vis desquels le colza présente des spécificités fortes. Les autres postes ne présentent pas de spécificité particulière.

L'estimation de chaque poste du bilan est associée à une erreur imputable à la variabilité des résultats. Cependant, la consolidation des postes à l'échelle d'un outil comme la réglette azote colza donne des résultats satisfaisants, maintes fois validés dans des situations variées (compensation d'erreurs ?). Toute modification de la façon d'estimer l'un de ces postes devra donc être accompagnée d'une vérification de la validité de la règle de décision dans son ensemble. Un travail de révision de ce type est en cours au CETIOM.

2 - Période d'ouverture du bilan

La période d'ouverture du bilan va de la reprise de croissance active à la sortie de l'hiver (début montaison, avant le premier apport d'azote minéral) à la récolte.

En conditions très favorables (forte disponibilité en azote tardive), la culture est capable d'absorber de l'azote jusqu'à maturité physiologique (figure 1).

Figure 1 : Evolution de la quantité d'azote absorbé dans les parties aériennes + feuilles mortes depuis F1 (essai C07AZO17035 au champ) avec apport N tardif (N1 : 70 u au stade C1-C2 + 100 u au stade F1 + 100 u au stade F1 + 3semaines ; N2 : 70 u au stade C1-C2 + 80 u au stade D1 + 100 u au stade F1 + 100 u au stade F1 + 3semaines : dose optimale prévisionnelle : 170 u)

3 - Postes liés au besoin de la culture

3.1 - Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan (Pf)

On estime que la quantité d'azote absorbé à la fermeture du bilan est proportionnelle au rendement, au moins pour les doses de fertilisation optimales et sub-optimales (Reau et al., 1994). Dans ces conditions, Pf (kgN/ha) = objectif de rendement (q/ha) x besoin unitaire (kgN absorbé / q de graines).

La valeur de Pf est néanmoins limitée à 300 kgN/ha. Il a en effet été mis en évidence qu'au-delà de ce niveau, la quantité d'azote absorbé ne limitait plus le rendement (figure 2) (Reau et al., 1994).

Figure 2 : Rendement en fonction que la quantité totale d'azote absorbé (Pf) (source : Reau et al., 1995)

3.1.1 – Besoin unitaire

Le besoin unitaire actuellement pris en compte dans la réglette azote colza est de 6.5 ou 7.0 selon les régions (tableau 2 ; figure 3). Il a été calculé dans les années 1990, sur une base technico-économique (pour des rendements inférieurs d'environ 2 q/ha aux rendements maximum des essais). Ce besoin n'est pas modulé en fonction d'objectifs de qualité des graines.

La valeur du besoin unitaire diminue très rapidement dès lors que le rendement s'éloigne par défaut du rendement maximum (par exemple dans le cas d'un objectif de conduite en condition de limitation de la disponibilité en azote).

Figure 3 : Besoin unitaire à la dose optimale (source : Reau et al., 1995)

3.1.2 – Objectif de rendement

Le choix de l'objectif de rendement est du ressort de l'utilisateur. Il s'agit d'un exercice difficile du fait de la forte variabilité interannuelle des rendements dans un milieu donné, en particulier dans les sols superficiels. L'une des principales origines en est la variabilité climatique et en particulier au niveau de la disponibilité en eau. Il convient donc d'appréhender une notion de risque. La recommandation habituelle est de considérer le rendement des cinq dernières années sur la parcelle ou des parcelles du même type, d'écarter les deux années extrêmes (rendement le plus faible et rendement le plus élevé) et de calculer la moyenne des trois années restantes. C'est à ce niveau que se situe probablement l'une des principales sources d'incertitude dans le calcul de dose.

Tableau 2 : Paramétrage des réglettes azote colza

3.2 - Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan (Rf)

Dès lors que la fertilisation azotée est bien ajustée au besoin de la culture, le reliquat d'azote minéral du sol à la récolte est relativement faible. Des valeurs forfaitaires par région sont retenues dans la réglette azote colza (tableau 2). Elles vont de 20 à 40 kgN/ha selon la région et le type de sol.

4 - Postes liés aux fournitures d'azote

4.1 - Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi)

4.1.2 - Des parcours d'absorption d'azote variables

Le parcours d'absorption d'azote par la culture au cours du cycle peut être très variable pour un résultat final équivalent. En effet, le colza est le plus souvent semé de mi-août à mi-septembre selon les régions. Il bénéficie donc de conditions de température et de rayonnement très favorables à la croissance et au développement pendant les premières semaines, si bien que, si la disponibilité en eau et en azote est suffisante, il peut atteindre des niveaux de croissance et d'absorption d'azote élevé à l'entrée de l'hiver (effet « pompe à nitrate » : il est capable de réduire fortement la quantité d'azote minéral présent dans le sol avant la période de lixiviation hivernale). Les principaux facteurs qui induisent une variabilité de l'absorption automnale d'azote sont donc la date de semis (absorption d'autant plus faible que le semis est plus tardif), la disponibilité eau et la disponibilité en azote. Cette variabilité peut être très forte : de moins de 30 à près de 300 kgN/ha (figure 4), ce qui représente de 10 à 100 % des besoins totaux d'absorption. La grande majorité des parcelles se situe entre 20 et 120 kgN/ha.

Figure 4 : Distribution des quantités d'azote absorbé à l'entrée de l'hiver

- en haut : Farmstar, France entière, hiver 2010-2011 ; estimation satellitale
- en bas : réseau de parcelles RCA, hiver 2011-2012 ; mesures poids vert au sol par pesée x coefficient régional

Les échecs enregistrés dans le passé dans la mise au point de la méthode du bilan de masse prévisionnel sur colza d'hiver provenait en grande partie du fait qu'à l'instar de ce qui était pratiqué sur céréales, le poste Pi (quantité d'azote absorbé par la culture à la sortie de l'hiver) était négligé. Comme nous l'avons vu précédemment, dans le cas du colza, la valeur affectée à ce poste est le plus souvent non négligeable et doit donc être mesurée et prise en compte.

On estime qu'à partir de 50 kg d'azote absorbé dans les plantes entières à la sortie de l'hiver, le potentiel de rendement de la culture n'est pas hypothéqué (figure 5).

Figure 5 : Rendement en fonction de la quantité d'azote absorbé dans les plantes entières à la sortie de l'hiver (N absorbé dans les parties aériennes x 1.35) (données Cetiom des années 1990)

4.1.2 – Méthode d'estimation

D'un point de vue opérationnel, la mesure directe de Pi est difficile, longue et coûteuse (réalisation de prélèvement au champ sur 4 placettes de 1 m², séchage, broyage, pesée, détermination de la teneur en azote total). C'est d'ailleurs pourquoi, à l'origine, une méthode visuelle basée sur un référentiel photographique avait été proposée.

L'existence d'une corrélation entre la quantité d'azote absorbé dans les parties aériennes (kgN/ha) et le poids de matière fraîche aérienne (kg/m²) a permis au CETIOM de développer une méthode simplifiée dite de la « pesée ». Elle consiste à prélever et peser les parties aériennes des plantes sur 4 placettes de 1 m² et à appliquer un coefficient multiplicateur (Csh) pour obtenir la quantité d'azote absorbé. Ce coefficient multiplicateur intègre la teneur en eau et la teneur en azote de la matière fraîche (qui globalement se compensent) et la part d'azote contenue dans les racines (à ce stade, les racines contiennent de l'ordre de 25 % de l'azote présent dans les plantes entières). Il varie selon les conditions de croissance (climat, systèmes de culture). Dans les outils actuellement disponibles, un coefficient moyen est proposé par région (tableau 2) : selon les régions, il peut prendre les valeurs de 65, 70 ou 75 kg d'azote absorbé (plantes entières) par ha / kg de matière fraîche aérienne par m². Ces valeurs sont des arrondis des coefficients de régression réellement calculés au milieu des années 1990, à partir de mesures sur le terrain réalisées à la sortie de l'hiver sur les principales zones de production françaises (figure 6).

Figure 6 : Relations entre le poids de matière fraîche aérienne à la sortie de l'hiver et la quantité d'azote absorbé dans les plantes entières (Nabs plante entière = N abs aérienne x 1.35 ; données 1994 à 1997)

Grâce aux avancées de la technologie, le poids de matière fraîche aérienne peut également être estimé par voie satellitale depuis quelques années.

4.1.3 – Cas du gel de feuilles vertes pendant l'hiver

Dès les premières années d'utilisation de cette règle de décision, il est apparu des cas où une sur-estimation significative de la dose d'azote prévisionnelle était observée. Ces cas correspondaient à des situations où avaient été observées de fortes chutes de feuilles vertes liées au gel. Des contrôles réalisés à l'entrée et à la sortie de l'hiver ont montré que ces chutes de feuilles pouvaient représenter des pertes d'azote dans les plantes pouvant aller jusqu'à plus de 50 kgN/ha et même plus de 100 kgN/ha dans les cas extrêmes (figure

7). Ces pertes sont d'autant plus élevées que i) le froid est intense et survient brusquement sur les plantes non endureties par un refroidissement progressif, ii) la croissance des plantes est forte à l'entrée de l'hiver (signe d'une disponibilité en azote et en eau élevée).

Ces feuilles vertes qui gèlent et se détachent de la tige tombent au sol alors que leur teneur en azote est encore élevée (il ne s'agit pas de feuilles sénescentes). Leur rapport C/N est faible (de l'ordre de 10) et la morphologie foliaire assure un bon contact avec le sol, si bien que la minéralisation de l'azote organique qu'elles contiennent peut être rapide. On estime qu'une partie de l'azote organique de ces feuilles gelées peut être réutilisée par la culture de colza en place pendant le printemps après minéralisation. Des études ont montré que l'ordre de grandeur de la minéralisation de ces feuilles tombées était de 30 à 50% (Jung 1997, Dejoux 1999).

Figure 7 : Quantité d'azote perdu pendant l'hiver en fonction de la quantité d'azote absorbé à l'entrée de l'hiver

- en haut : données Farmstar hiver 2010-2011 ; estimation satellitale
- en bas : données réseau RCA, hiver 2011-2012 ; mesure réalisées au sol par pesée x coefficient

Pour prendre en compte cette hypothèse de « recyclage » partiel de l'azote organique des feuilles vertes gelées, la préconisation suivante a été élaborée : dans les régions à risque de gel de feuilles vertes, il est préférable de réaliser deux mesures de poids de matière fraîche aérienne : une à l'entrée et une à la sortie de l'hiver :

- si le poids de matière fraîche a diminué pendant l'hiver, c'est qu'une perte de feuilles vertes par gel a eu lieu ; dans ce cas, la quantité d'azote absorbé à l'ouverture du bilan (P_i) est la moyenne des deux mesures de poids de matière fraîche multipliée par Csh ;
- si le poids de matière fraîche est resté constant ou a augmenté, c'est qu'il n'y a pas eu de perte de feuilles vertes due au gel ; dans ce cas, P_i est la valeur obtenue de matière fraîche mesurée à la sortie de l'hiver multipliée par Csh. En effet, hors gel de feuilles vertes, les pertes de feuilles par sénescence liées à l'âge sont pratiquement toujours au moins compensées par la croissance de feuilles jeunes.

Il convient de noter que ce raisonnement revient à faire l'hypothèse que la valeur de 50 % considérée pour le niveau de « recyclage » de l'azote organique des feuilles vertes tombées en raison du gel intègre également la différence de coefficient multiplicateur entre l'entrée et la sortie de l'hiver puisque Csh a été déterminé à la sortie de l'hiver. En effet, le coefficient multiplicateur moyen tend à augmenter pendant l'hiver comme cela a été montré par le CETIOM dans le cadre de campagnes de mesures réalisées de 2006 à 2008 dans les mêmes parcelles à l'entrée et à la sortie de l'hiver : dans ce jeu de données, il passe de 50 à l'entrée de l'hiver à 61 à la sortie de l'hiver (figure 8).

Figure 8 : Relation entre la quantité d'azote absorbé dans les plantes entières (racines réellement mesurées) et le poids de matière sèche aérienne fraîche à l'entrée (en haut) et à la sortie de l'hiver (en bas) par région (données acquises de 2006 à 2008)

4.2 - Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (R_i)

La mesure de la quantité d'azote minéral à l'ouverture du bilan doit être réalisée sur la profondeur maximale d'enracinement qui dans le cas du colza peut atteindre 120 cm dans les sols profonds. Toutefois, lorsque le colza a levé tôt, que les conditions de croissance ont été favorables (température et disponibilité hydrique suffisantes) et que la disponibilité en azote n'est pas très élevée, le reliquat d'azote minéral à la sortie de l'hiver est faible et peu variable (Jung, 1997). Dans ces conditions, il n'apparaît pas utile de réaliser cette mesure sur chaque parcelle et il est possible de proposer des valeurs forfaitaires comme dans la réglette azote colza où elles vont de 10 à 30 kgN/ha selon les régions et le type de sol (tableau 2).

En revanche, en conditions de disponibilité en azote élevée (apports réguliers de produits organiques par exemple) et/ou de levée retardée (en raison d'un climat sec par exemple), R_i peut être élevé et variable d'une situation à l'autre. La simplification proposée ci-dessus conduirait donc à une forte surestimation de la dose d'azote optimale. Il est alors nécessaire de mesurer la quantité d'azote minéral dans le sol, surtout si la culture ne présente pas de symptôme de limitation de la nutrition azotée (rougissement du feuillage).

4.3 - Minéralisation nette de l'humus du sol (M_h)

Pas de spécificité de la culture colza d'hiver

La réglette azote colza propose des valeurs forfaitaires de fourniture d'azote par minéralisation de l'humus et des résidus de culture (tableau 2) par région et par type de sol en situation standard (pas de retournement de prairies, pas de culture intermédiaire, pas d'apport de produits organiques pendant la période d'ouverture du bilan). Ces valeurs vont de 20 à 50 kgN/ha selon la région et le type de sol.

4.4 - Postes ne présentant pas de spécificité liée au colza d'hiver et non pris en compte dans la réglette azote colza

Mhp : Minéralisation nette due à un retournement de prairie

Mr : Minéralisation nette des résidus de récolte

MrCi : Minéralisation nette des résidus de cultures intermédiaires

Nirr : Quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation

X : Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

Xa : Equivalent engrais minéral efficace lié à l'apport de produits organiques

L : Pertes par lixiviation du nitrate

Cas particulier des apports de produits organiques :

Dans la plupart des cas, les apports de produits organiques sur colza sont réalisés avant le semis. On considère que le plus souvent, la part rapidement disponible est absorbée par le colza pendant l'automne et l'hiver et est prise en compte dans la quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan (Pi). Une autre partie est prise en compte dans le reliquats d'azote minéral à l'ouverture du bilan (Ri).

4.5 - Coefficient apparent d'utilisation de l'azote de l'engrais (CAU)

Le coefficient apparent d'utilisation de l'azote est très variable. Il dépend de la vitesse potentielle de croissance et d'absorption d'azote de la culture pendant les jours suivant l'apport (fonction de son niveau de croissance : une culture à faible niveau de croissance au moment de l'apport présente une vitesse d'absorption plus faible qu'un colza à niveau de croissance plus élevé) et des conditions de croissance pendant cette période (climat, alimentation minérale...). Le CAU est d'autant plus élevé que la vitesse de croissance est élevée.

La valeur de CAU généralement proposée pour le CAU est de 0.80 (figure 9). Dans les situations particulières, il est préférable de constituer un référentiel spécifique pour ajuster ce CAU aux conditions.

Figure 9 : Coefficient apparents d'utilisation (26 essais conduits de 2008 à 2010)

4.6 - Fourniture d'azote par le sol ($P0 = Mh + Mhp + Mr + MrCi + Nirr$)

La réglette azote colza propose des valeurs forfaitaires de P0 qui vont de 30 à 60 kgN/ha selon la région et le type de sol (tableau 2).

Le mesure de P0 est délicate car le colza perd ses feuilles au cours de son cycle, et il les perd d'autant plus tôt qu'il est soumis à une carence azotée. Dans l'absolu, il conviendrait donc de ramasser toutes les feuilles tombées pendant la période d'ouverture du bilan pour estimer le P0, ce qui n'est jamais réalisé (et peu réalisable). Dans la pratique, la quantité d'azote absorbé à la fermeture du bilan est estimée par une mesure réalisée au moment où la quantité d'azote présent dans les organes en place est maximale (avant cette date elle augmente car l'absorption de l'azote est supérieure aux pertes par chute de feuilles ; après les pertes par chute de feuille deviennent supérieures à l'absorption). Pour une culture correctement alimentée, cela correspond environ à une date située 2 semaines après la fin de la floraison. Pour un témoin sans azote, ce moment peut intervenir plus tôt et d'autant plus tôt que la contrainte azotée est forte.

Il a également été montré qu'à ce stade, la part d'azote présent dans le système racinaire était d'environ 20 % de la quantité totale d'azote présent dans la plante entière. Cette mesure de la quantité d'azote dans les racines est trop lourde pour être réalisée en routine. En pratique, la quantité d'azote présent dans les plantes entières est donc estimée en multipliant la quantité d'azote présent dans les organes aériens par 1.25.

5 - Fertilisation azotée et teneur en huile des graines

La réponse de la teneur en huile à des doses croissantes de fertilisation azotée minérale de printemps est sensiblement linéaire et négative : la teneur en huile diminue lorsque la disponibilité en azote augmente.

Les pentes des fonctions linéaires de décroissance de la teneur en huile en fonction de la dose d'azote minéral apporté sont variables. La figure 10 présente l'ensemble des droites de régression linéaire obtenues

sur un référentiel d'essai conduit par le CETIOM et ses partenaires en 2008 et 2009. Ces essais ont été conduits dans des milieux et avec des variétés très divers. Pour homogénéiser les essais, nous avons représenté l'écart de teneur en huile de chaque modalité avec la modalité conduite à la dose optimale (déterminée a posteriori sur la base des relations entre le rendement et la dose d'azote apporté) en fonction de l'écart de dose de chaque modalité à la dose optimale. Les modalités témoins sans apport azote ont été exclues du calcul. Les valeurs des pentes varient de 0 à 2.1 points d'huile en moins pour 50 kgN/ha d'azote apporté en plus. La moyenne est de 0.6 point d'huile en moins pour 50 kgN/ha en plus et 50 % des valeurs sont comprises entre 0.4 et 0.8. La réponse est linéaire sur la totalité de la gamme d'écart à la dose optimale.

Figure 10 : Relation entre l'écart de teneur en huile entre chaque modalité et la modalité conduite avec la dose d'azote optimale de l'essai et l'écart entre la dose N appliqué sur la modalité et la dose N optimale de l'essai (18 essais conduits en 2008 et 2009 où la dose optimale a pu être calculée)

6 - Les dates d'apport et les règles de fractionnement de la dose totale d'azote

Le fractionnement en plusieurs apports de la dose totale d'azote est recommandé dès lors qu'elle est supérieure à 60-80 kgN/ha. Cela permet :

- d'ajuster les doses apportées à la capacité d'absorption de la culture afin d'éviter les pertes d'azote minéral dans l'air (volatilisation), dans l'eau (lixiviation) et dans le sol (immobilisation) ;
- d'ajuster les apports aux phases de sensibilité de la culture (Colnenne, 1999) et ainsi éviter les carences préjudiciables au rendement ;
- de maîtriser le parcours de croissance de la culture.

Les recommandations actuelles en France tiennent compte de l'état de croissance de la culture à la sortie de l'hiver et de la dose totale à apporter :

- dans les situations où la quantité d'azote absorbé à la sortie de l'hiver est faible et où la dose d'azote à apporter est supérieure à 170 kgN/ha, une stratégie en trois apports sera privilégiée :
 - au plus 40-50 kgN/ha au premier apport, à la reprise de végétation (éviter de réaliser un premier apport élevé sur les petits colzas dont les capacités d'absorption sont limitées au moment de la reprise, car l'utilisation de l'engrais apporté est alors faible" ;
 - 60-70 unités au troisième apport, au stade boutons séparés (E)
 - le reste entre les deux, au stade boutons accolés (C2-D2).
- dans les situations où la quantité d'azote absorbé à la sortie de l'hiver est moyenne et où la dose à apporter est comprise entre 100 et 170 kg/ha, celle-ci doit être fractionnée en deux apports (au moins) :
 - 60 à 80 unités au stade C2-D1 ;
 - le reste entre le stade D1 et le stade D2-E selon les régions ;
- dans les situations où la quantité d'azote absorbé à la sortie de l'hiver est élevée et où la dose à apporter est inférieure à 100 kg/ha, un ou deux apports suffisent ; s'il n'y a qu'un apport, l'effectuer de stade D1-D2 au stade D2-E selon les régions, sinon faire le premier vers le stade C2-D1 et le deuxième au stade D2-E.
- dans les situations de gros colza à l'entrée de l'hiver et de forte défoliation pendant l'hiver, la dose d'azote n'est pas nécessairement très élevée ; les plantes peuvent avoir du mal à redémarrer sur les seules réserves racinaires ; un apport précoce et réduit (40-50 kgN/ha à la reprise de végétation) peut permettre à la culture de passer ce cap.

Dans bon nombre de situations, c'est l'apport de soufre qui conditionne la dose d'azote d'un des apports (2^{ème} apport pour les stratégies en 3 apports et 1^{er} apport pour les stratégies en 2 apports). L'ajustement à la dose totale est alors réalisé sur le dernier apport.

Les outils de pilotage de la fertilisation azotée en cours de printemps

Ces outils ont pour vocation de juger de l'opportunité à un moment donné d'un apport programmé dans le cadre de la mise en œuvre d'une démarche prévisionnelle de calcul de dose. Ils permettent de réaliser un ajustement de la dose prévisionnelle d'azote au cours du printemps, en fonction des conditions de l'année. Cette dose prévisionnelle sert de pivot autour duquel pourra être modulée la dose d'azote réellement apportée.

La première tentative de ce genre a été conduite à la fin des années 1990 et a consisté à adapter les

méthodes de pilotage de la fertilisation azotée basées sur la mesure de la teneur en nitrate du jus de base de tige mises au point sur céréales. Pour pallier la difficulté d'extraire du jus des bases de tiges de colza (épaisseur et dureté de cette partie de la plante), des tests ont été réalisés sur les pétioles. Cette méthode ne s'est toutefois jamais montrée adaptée à cette culture.

Grâce à l'apparition récente de technologies radiométriques, la modulation repose maintenant le plus souvent sur des mesures de réflectance multispectrale. Grâce à l'analyse de la réflectance sur un spectre de longueur d'onde beaucoup plus fin que les capteurs embarqués sur les satellites, ces outils sont en mesure d'estimer la biomasse de la culture, ainsi que son état d'alimentation azotée via la capacité chlorophyllienne.

Le CETIOM ne propose pas d'outil de pilotage de ce type.

Les formes d'azote

NDA : La position actuelle du CETIOM est la suivante :

Dans les situations où le niveau de croissance du colza est moyenne à forte au moment des apports, il n'est pas nécessaire de moduler la dose d'azote à apporter en fonction de la forme de l'engrais. En effet, le couvert est souvent assez humide pour limiter la volatilisation. La surface foliaire des plantes est suffisante pour permettre une bonne efficacité de réabsorption de l'ammoniac volatilisé.

Dans les situations à faible croissance, le premier apport à la reprise de végétation doit être faible (pas plus de 50 kgN/ha), car dans ces situations l'ammoniac émis par volatilisation ne peut être que très faiblement réabsorbé par le couvert.

En sol calcaire, si le temps est sec après un premier apport réalisé sous forme d'urée ou de solution azotée et si le colza est petit ou/et semé à grand écartement, ce qui induit une forte volatilisation, on peut envisager d'ajouter en compensation, au second apport, une dizaine d'unités. Il n'est pas nécessaire de majorer la dose du deuxième apport (C2-D2) en prévision d'une volatilisation de l'ammoniac après cet apport ou de majorer celle du troisième apport (E), car à ces stades, la surface foliaire du colza est suffisante pour limiter fortement les pertes d'azote au dessus du couvert.

NDA : mais des données récentes fournies par Yara montrent qu'il y a des différences d'efficacité des formes d'azote sur colza. En termes d'efficacité sur le rendement, le classement est le suivant :

- *l'ammonitrate est la forme la plus efficace*
- *l'urée et la solution azotée ont une efficacité moindre (en moyenne, de l'ordre de -20% : par exemple, une dose de 100 kgN/ha en ammonitrate équivaut à une dose de 120 kgN/ha en urée ou ammonitrate.*

Ces résultats ont été obtenus sur 18 essais doses d'azote conduits sur colza de 2008 à 2011 dans des milieux variés.

Ces résultats doivent être validés en interne.

11. Compte rendu du 03 mai

Lieu : siège de Terrena à Angers

Présents :

Collèges

Coopération et négoce	Eric ROYER (CAM) Laurent VARVOUX (Terrena)	Suzette DUBOIS (CAVAC) Patrick DEUIL (Hautbois Négoce)
Instituts techniques	Anne-Monique BODILIS (Arvalis)	
Chercheurs et enseignants	Christophe NAUDIN (ESA Angers)	
Chambres d'agriculture	Sylvain LEGRAET (53)	Pierre MULLIEZ (49)
DDT(M) ou DD(SC)PP	Jean-Luc CHARLES (DDT53) James ILLAND (DDCSP53)	
Agence de l'eau	Bernard PFEIFFER (délégation du Mans)	
DRAAF	Philippe GENET	Jean-Michel LE BLANC
DREAL	Valérie LECOMTE	

Annexes en fin de document : 1

Méthode de pondération des rendements par Petite Région Agricole pour obtenir un rendement équivalent au rendement départemental du SRISE.

Introduction:

Annonce de l'ordre du jour.

Proposition de nom d'expert pour la réunion GREN du 15 juin :

- expert légumes : Pascal Beaucail (CRA), Bernard Le Delliou (UNILET)
- expert cultures pérennes : voir LDFL, CDDM, Vergers d'Anjou
- D'autres experts peuvent être sollicités simplement par mail

1/ Discussion du compte rendu de la réunion du 23 avril 2012

Des modifications sont apportées :

- Précision du poste Nirr concernant le maïs (l'absorption de l'azote se fait jusqu'à 3 semaines après la floraison ; à ce moment là les $\frac{3}{4}$ de l'irrigation est réalisée pour le maïs ensilage mais beaucoup moins pour le maïs grain),
- Ajustement des besoins MS à 5.5 tMS/UGB/an à pour le poste PF de l'équation [4'],

ainsi que des compléments :

- Seconde proposition des références Mh pour le maïs et les céréales à paille d'hiver à partir du l'outil de simulation dynamique d'Arvalis.
- Pour le poste Pf, complément d'Arvalis sur les valeurs de besoins en azote des cultures (b).

Les remarques sur le compte rendu GREN du 23 avril réunion sont attendues jusqu'au 27 mai.

Il est convenu que les comptes rendus soient diffusables mais que ce sont des documents de travail qui restent provisoires.

2/ Discussion des valeurs Mh (2^{ème} version)

La 2^{ème} version des références est discutée. Il est décidé de séparer les lignes limons et sables et de supprimer la ligne « argilo-calcaire superficiel ». Une nouvelle modélisation sera effectuée par Arvalis et transmise par mail.

Pour le colza, on est en attente de précision du CETIOM sur la période de minéralisation utile.

3/ Rendements de référence par PRA et type de sol

Dans l'équation [3'], les objectifs de rendements sont compris dans le poste **Pf = Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan : Pf = b.Y**

b : Besoin par unité produite (décliné par variété pour le blé)

Y : Objectif de rendement selon petite région agricole et niveau de potentialité du sol.

En principe, chaque exploitant utilise ses propres références de rendement observées par culture selon ses types de sol, néanmoins et bien que cela concernerait peu d'exploitants agricoles (environ 10% d'après les experts), qui n'auraient pas leurs propres données, il est nécessaire de proposer des rendements de références.

Les rendements moyens connus et directement opposables, au niveau départemental, sont issus des données annuelles Agreste. Ce sont les données que proposent par défaut la DRAAF et la DREAL.

Afin d'affiner ces données au niveau local, les chambres d'agriculture réalisent les grilles de rendement par petite région agricole et type de sol, à partir de leur base de PPF (Plan Prévisionnel de Fertilisation) et des données rendement que les distributeurs, également prestataires de PPF, leur ont transmis en direct.

A noter qu'en Vendée, les références prises sont celles figurant dans l'arrêté relatif au 4^{ème} programme, dont le mode de calcul doit être précisé.

Ce travail nécessite une cohérence de fond entre les surfaces assolées des petites régions pour retomber sur un rendement moyen équivalent aux données de rendement départemental du SRISE.

La méthode utilisée pour l'obtention des rendements par PRA sera annexée aux références retenues pour l'arrêté régional.

La rédaction de cette méthode doit préciser :

- la source des rendements utilisés,
- la définition des PRA retenues (liste des cantons concernés pour chaque PRA),
- la description précises par des critères agronomiques (RU, hydromorphie, etc ...) des 3 niveaux de potentiels de production pour chaque culture.
- la méthode de calcul des rendements pour l'ensemble des cultures (méthodes du coefficient d'extrapolation)
- le déroulement du calcul pour être en cohérence avec les données Agreste(SRISE)..

En effet, sur ce dernier point, il est rappelé que les références présentées doivent être opposables. Une explication sur la méthode attendue est jointe en annexe. La valeur SAU utilisée est la valeur RGA 2010 (disponible sur internet)

Remarque : la moyenne des rendements obtenus chez les agriculteurs réalisant le PPF est supérieur à la moyenne des agriculteurs.

Ce travail des chambres d'agriculture doit être finalisé et transmis par mail avant la réunion du 15 juin.

4/ Mélange de cultures

Cette catégorie concerne les cultures ou une plante fixatrice d'azote (protéagineux) est mélangée avec une ou plusieurs plantes non fixatrices d'azote (céréales).

La méthode du bilan de fertilisation par l'équation [3'] est retenue.

La différence réside dans les besoins de la plante (**b**). Le **b** retenu est celui de la plante non fixatrice calculé à la proportion de « semis plantes non fixatrices d'azote/plantes fixatrices d'azote ». On fait un point zéro après l'hiver en fonction du prorata de plantes fixatrices installées (densité de peuplement).

Dans le cas où la fertilisation est nécessaire, les besoins des céréales retenues sont les besoins déjà référencés pour chaque céréale par le GREN. Lorsque plusieurs céréales sont mélangées, le besoin retenu est 2.5uN/q.

5/ Luzerne

Les besoins d'apport en azotes ont une valeur nulle. L'apport de matière organique est autorisé

6/ Travail attendu d'ici la prochaine réunion (DDT49, à Angers, 15 juin)

Les documents attendus par mail sont attendus avant la prochaine réunion du 15 juin:

- Par Arvalis, les tableaux de références Mh modifié (**déjà reçu par mail**)
- Par les chambres d'agriculture : le tableau des rendements par PRA et la méthode rédigée de calcul des rendements par PRA

Proposition d'experts : vergers, légumes (références bretonnes ?)

Pour les cultures spécialisées, il est souhaité une proposition au niveau national

En attente :

- Chanvre : les chiffres de la CAVAC,
- Une réponse doit être apportée à la question de l'équivalence des différentes formes d'engrais évoquée dans le guide Comifer page 54 « Une majoration de la solution azotée de 10% en sols non calcaires [...] réduit l'écart mais ne le comble pas totalement ».

7/ Calendrier du GREN actualisé

Dates	Culture ou sujet	Lieu
26 mars	Références sol, minéralisation, reliquats, etc ; céréales à paille	Nantes, DREAL site de la Chantrerie
23 avril	<u>Matin</u> : Maïs, sorgho, oléagineux, protéagineux et selon temps disponible céréales à paille, <u>Après-midi</u> : prairies	Angers, Chambre d'agriculture 49, salle Aubance
3 mai	Mise à jour et relecture des références pour les céréales à paille. Rendement par PRA et type de sol Fin prairie, méteil, mélange de cultures, luzerne, chanvre et cultures sans référence.	Angers, siège de Terrena
24 mai	ANNULE	Angers, ESA
15 juin	Vergers, légumes, vignes Cultures sans références Retour sur points à valider des séances précédentes : référence de rendement	Angers, Cité administrative, DDT 49, salle 3 (rez de chaussée) Experts maraîchage et arboriculture à prévoir
2 juillet	Bilan, avis sur le projet d'arrêté régional	Nantes

11.1. Annexe au CR GREN 03-05 : méthode de calcul des rendements par Petites Régions Agricoles

ANNEXE

Méthode de calcul des rendements par PRA (Petite Région Agricole)- réunion du GREN du 3 mai 2012

La référence opposable la plus accessible est la moyenne départementale donnée par le SRISE, obtenue à partir des données Agreste.

Mais pour plus de précision, ces références peuvent être déclinées par contexte pédoclimatique et petite région agricole ce que souhaite les collèges Chambres d'agriculture, Distributeurs et Instituts. Les chambres d'agriculture ont proposé de fournir ces références à l'aide de leurs données en tant que prestataires de service de PPF (Plan Prévisionnel de Fertilisation) avec l'appui des chiffres que leur ont fournis, en direct, les coopératives et distributeurs également prestataires de PPF.

Il va de soi que pour être prise en compte ces valeurs doivent être cohérentes avec les données départementales publiées par le SRISE, en effet tout écart jetterait un doute sur la cohérence de notre arrêté. Il s'agit donc de recomposer le rendement départemental à partir des moyennes des rendements observés des différentes petites régions.

Pour cela il faut pondérer la part de SAU par culture assolée de chaque petite région dans son département, la moyenne pondérée des rendements pour une culture donnée de l'ensemble des petites régions d'un département donnant une valeur devant être proche du rendement départemental du SRISE.

Pour mener ce travail, et extrapoler à l'ensemble des cultures significatives, voici la méthode proposée :

Pour les trois cultures principales, dont le blé et le maïs, on prend les valeurs existantes dans les bases chambres d'agriculture et distributeurs prestataires de PPF, on en fait la moyenne, on compare cette moyenne aux données SRISE, on déduit pour chaque petite région un potentiel supérieur ou inférieur à la moyenne départementale. On multiplie le rendement départemental moyen par le potentiel (si +14%, on multiplie par 1.14, si -4%, on multiplie par 0,96. On pondère par les surfaces assolées pour ces trois cultures par petite région (Chaque chambre départementale proposera ses surfaces assolées par petite région) et on compare par rapport à la valeur SRISE départementale.

Si ces valeurs sont cohérentes pour les trois cultures, c'est à dire à peu près égales à la valeur SRISE, on affecte les coefficients de potentialité à l'ensemble des cultures significatives, sinon on **lisse**³ les rendements observés jusqu'à des valeurs cohérentes avec les données SRISE.

Chaque valeur moyenne sera entourée par une valeur pour les sols à fort potentiel et une valeur pour les sols à faible potentiel tirées de la même base de données. (à préciser par les chambres soit à dire d'expert soit moyenne des plus 20% (à voir) rendements les plus forts et 20% (à voir) des rendements les plus faibles).

Les potentialités les plus fortes et les plus faibles seront explicitées par écrit dans l'arrêté. Cette méthode qui se substitue au rendement moyen de base départemental du SRISE, permet à l'agriculteur qui n'a pas de références (moins de 10% des agriculteurs selon les experts) un moyen plus précis d'évaluer son rendement objectif à charge pour lui, s'il estime, situer certaines de ses parcelles dans les sols à fort potentiel d'en apporter la preuve par la production d'analyses de sol pour chacune des parcelles où il aura choisi la référence de sol à fort potentiel, sans cet élément, ces références n'auraient pas de caractère opposable.

³ **précision** : lisser s'entend par appliquer le même coefficient de production ou d'augmentation à toutes les petites régions du département de manière à obtenir la même valeur rendement moyen départemental que la référence SRISE.

12. Compte rendu du 15 juin

Lieu : DDT à Angers

Présents :

Collèges

Coopération et négoce	Eric ROYER (CAM)	Sébastien BEAUVALLET (CAPL)
Instituts techniques	Anne-Monique BODILIS (ARVALIS)	
Experts externes au GREN	Karine OSWALD-POULET (IDfel Val De Loire) Bernard LE DELLIOU (UNILET) Nicolas RUBIN (ATV)	Brigitte PELLETIER (ARELPAL) Sébastien PICAUD (CTIFL) Stéphane AUGIS (ITEIPMAI)
Chercheurs et enseignants	Guillaume PIVA (ESA Angers)	
Chambres d'agriculture	Sylvain LEGRAET (53) Isabelle LECOMTE (49)	Pierre MULLIEZ (49)
DDT(M) ou DD(SC)PP	Jean-Luc CHARLES (DDT53) Philippe MARCHAND (DDT49)	Pierre PAPADOPOULOS (DDTM44)
Agence de l'eau	Bernard PFEIFFER (délégation du Mans)	
DRAAF	Philippe GENET	Jean-Michel LE BLANC
DREAL	Valérie LECOMTE	

Annexes joint au compte rendu : 6

- Tableaux de références actualisés,
- Fichier informatique des tableaux Mh avec commentaires de calcul par Arvalis,
- Diversité des espèces et des techniques de production – source ARELPAL 2012
- Base de rendements régional – source chambre d'agriculture régionale 2012
- Besoins d'azote des légumes d'industrie - source CTIFL / COMIFER 2012
- Besoins d'azote des légumes frais - source CTIFL / COMIFER 2012

Introduction:

Annonce de l'ordre du jour.

Tour de table.

Tous les membres du GREN ont dû recevoir leur lettre de mission associée à leur nomination dans l'arrêté de composition du GREN.

1/ Discussion du compte rendu de la réunion du 3 mai 2012

Les modifications et remarques portent sur le document joint au compte rendu « tableaux de références » traitées au cours des précédentes réunions du GREN :

Des modifications sont apportées :

- Troisième proposition des références Mh pour le maïs, les céréales à paille d'hiver et le colza à partir de l'outil de simulation dynamique d'Arvalis (fichier tableur avec commentaires de cellules joint au compte rendu),
- Correction des titres des tableaux Mh du document tableaux de références : remplacement du mot élevage par végétal,

ainsi que des compléments :

- Ajout du tableau 4c « Prise en compte du mode d'exploitation dans le calcul de Mhp » de la page 37 du guide COMIFER au document
- Ajout de l'indice de correction dans le tableau « Valeurs de b (kgN/q) du maïs – source ARVALIS Institut du Végétal 2012 ».

2/ Postulat des cultures spécialisées

Les cultures hors-sol ne sont pas concernées par l'arrêté régional de fertilisation. Nous entendons comme culture hors-sol, toute culture dont l'ensemble des apports et des rejets est maîtrisé. Cela ne couvre pas les cultures sous-serre qui, elles, doivent répondre aux prescriptions relatives à l'équilibre de la fertilisation comme toute autre culture. Les valeurs retenues sont discutées à partir des données fournies par les experts externes au GREN présents ce jour.

Validation de l'unité de valeur retenue pour les cultures maraîchères : **u N / cycle de culture / ha**. Ainsi pour les surfaces cultivées sur lesquelles se cumulent plusieurs cycles de productions, il faut additionner l'azote total apporté pour chaque cycle à l'année.

Pour les cultures dont le cycle est supérieur ou égal à 1an, l'unité de valeur retenue est **u N / an / ha**

Présentation par l'ARELPAL des paramètres à prendre en compte pour fertiliser les cultures légumières à travers un document de 4 pages « Diversité des espèces et des techniques de production » joint en annexe. Rappel par IDfel que la région Pays de la Loire regroupe la quasi-totalité des cultures de maraîchage.

L'ARELPAL précise :

Les ha de mâches (6 200ha) indiqués sur l'ordre du jour de la réunion sont des ha développés, la mâche occuperait 2500 ha environ sur la zone maraîchère nantaise.

Au niveau des rotations, il est courant d'associer une culture dite « longue »(3 à 5 mois) à 2-3 cultures courtes sur une année.

Il n'y a pas de rotation type, et donc pas de prévisions de fertilisation arrêtée, il faut raisonner à la culture et faire le total des besoins des différents cultures pour une même année (la méthode du bilan prévisionnel ne peut pas facilement être appliquée).

La fertilisation azotée est raisonnée en prenant en compte la pauvreté du sol en matière organique. (0,5à1%). Il y a un apport à chaque cycle cultural que l'ARELPAL a estimé à 20 unités pour toutes les cultures.

De plus, l'ARELPAL a estimé à 30 Unités d'azote minéral les besoins nécessaires en permanence à disposition des cultures pour atteindre les objectifs commerciaux (aspect vert des feuilles).

Les sols maraîchers sont généralement sableux et peu argileux et retiennent peu les éléments minéraux (filtrants) (pas d'essais de suivi des lessivages de nitrates sous cultures)

Au final, après échange, seuls 30 des 50 (30+20) unités ont été prises en compte. Les unités apportées avec la matière organique ont été considérées stricto-sensu comme utilisés pour les besoins de la plante.

Par rapport aux données du CTIFL, on a donc pour la plupart des cultures maraîchères une différence de plus 30 unités d'azote assimilées à des besoins spécifiques pour être en conformité avec les cahiers des charges de qualité visuelle de commercialisation, les plantes ne devant pas avoir souffert de manque d'azote.

Déroulement des cultures spécialisées classées par ordre alphabétique pour chaque type :

- légumes,
- fruits,
- plantes à parfums, aromatiques et médicinales.

Remarques particulières :

- les restitutions peuvent être très importantes sur choux-fleurs et doivent être prises en compte si les déchets sont laissés au champ.

3/ Valeurs retenues : autres

Pour les cultures spécialisées non-citées, il faut se référer aux valeurs nationales de CTIFL joints en annexe :

- besoins d'azote des légumes d'industrie - source CTIFL / COMIFER 2012,
 - besoins d'azote des légumes frais - source CTIFL / COMIFER2012 / CFPPA LERHEU / fiches AGRIBIO
- ou, en cas d'absence de la culture, appliquer le dispositif balai de 210 uN/ha/an.

4/ Valeurs retenues : maraîchage

Ces valeurs constituent des doses maximum d'apport (soit au cycle de production, soit à l'année / ha)

LEGUMES			
Cultures		Azote total apporté uN/cycle de production/Ha ou uN/an/Ha (si cycle ≥ 1 an)	Indication de rendements de production (T/Ha)
asperge blanche	<i>année 1</i>	110	
	<i>année 2 et +</i>	125	
aubergine	<i>plein champ</i>	350	25 à 30
	<i>sous-abris</i>	220	120
betterave potagère		150	
bette		200	
carde		200	
carotte	<i>industrielle</i>	200	
	<i>primeur (botte)</i>	200	
	<i>normale</i>	100	
céleris branche		300	
céleris rave		210	50 à 80
Choux-fleurs		restitution? Voir Bretagne	
choux à choucroute		200	
Choux autres (voir bretagne et nord- pas-de-calais)	<i>été</i>	320 à 340 ?	24000 plants/ha
	<i>automne</i>	210 à 250 ?	12000 à 14000 plants/ha
	<i>hiver</i>	250 à 300	11000 à 12000 plants/ha
courgette		300	60 à 100
echalion		160	
echalote		160 Bretagne mobilisation : 100 u ⁴	
epinard	<i>d'hiver</i>	250	
	<i>d'été</i>	200	
fenouil		150	
haricot vert (restitution ?)	<i>flageolet</i>	190	
	<i>gros haricot</i>	180	
	<i>haricot fin</i>	160	
	<i>demi-secs variétés locales</i>	CAVAC	
lentilles		CAVAC ?	
navet	<i>botte</i>	120	
	<i>non botte</i>	90	
oignon	<i>garde</i>	150	
	<i>primeur / botte</i>	150	
panais		100	
persil		150	
petits pois		0 (30 en cas de récolte mécanique)	
poireau	<i>primeur / été</i>	285	50 à 80
	<i>automne / hiver</i>	190 (Bretagne : mobilisation 170)	(50)50 à 80
Poivron		210	
Pomme de terre	<i>primeur</i>	175	
	<i>hors primeur</i>	Attente références ARVALIS	
radis		110	17
rutabaga		100	
salades	<i>laitue</i>	120	400 à 450 gr/tête
	<i>scarole</i>	160	50 à 70
	<i>chicorée</i>	160	50 à 70
	<i>chioggia</i>	160	50 à 70
	<i>iceberg</i>	140	
	<i>romaine</i>	120	
	<i>pain de sucre</i>	140	
	<i>autres</i>	120 ?	
	<i>jeunes pousses globales</i>	140	
	<i>mâche</i>	120	5 à 10
topinambour		100	

⁴ Référence : « Fertilisation des légumes frais de plein champ », Chambre d'agriculture de Bretagne, Guide pratique 2008

5/ Valeurs retenues : fruits (valeur maximum sauf pour les années d'implantation où la fumure organique de fond peut être légèrement supérieure)

FRUITS			
Cultures	Azote total apporté uN/cycle de production/Ha ou uN/an/Ha (quand le cycle > 1 an)	Indication de rendements de production (T/Ha)	
actinidia		voir kiwi	
cassis	60		
cerisier	110		
fraise	<i>remontante</i>	280	
	<i>précoce</i>	210	
	<i>gariguette</i>	180	
	<i>pleine saison</i>	140	
framboise	30	10	
groseille	60	20	
Kiwi (=actinidia)	130		
melon	140	40	
poirier	100		
pommier	<i>classique</i>	100	
	<i>à cidre</i>	Voir association des pommes du Maine via Pierre Mulliez	
pêcher	90		
prunier	120		
tabac	Attente références Loire Tabac via Philippe Marchand		
vigne	<i>année d'implantation</i>	90 sous forme fumure de fond organiques ?	
	<i>AOC/AOP</i>	60	
	<i>vins de pays</i>	90	

6/ Valeurs retenues : plantes à parfums, aromatiques et médicinales

PLANTES AROMATIQUES ET MEDICINALES		
Cultures	Azote total apporté uN/cycle de production/Ha ou uN/an/Ha (quand le cycle > 1 an)	Indication de rendements de production (T/Ha)
camomille	60	
menthe poivrée	180	
pavot	100	
persil	240	
autres	Voir références ITEIPMAI	

7/ Rendements de référence par Petites Régions Agricoles (PRA) et type de sol

Présentation par les Chambres du document « Base de rendement régional » suite à la proposition des collèges chambres d'agriculture, coopératives et instituts

Ce document comporte le résultat du calcul des rendements (non communiqués au GREN) des principales grandes cultures par PRA pour les 5 départements. Chaque PRA est découpée en 3 niveaux de rendements :

- potentiel inférieur à la moyenne,
- potentiel sol moyen
- potentiel supérieur à la moyenne.

La DRAAF et la DREAL estiment que la définition des potentiels supérieurs pose le problème de son opposabilité juridique :

- pour céréales et cultures d'hiver : « sols sains, se réchauffant vite, à pH neutre »,
- pour les cultures d'été ;: « sols à forte, ou très fortes réserves utiles, se réchauffant rapidement au printemps ».

En effet dans le cas d'un contrôle nitrates chez un agriculteur, l'agriculteur ayant fait son plan de fertilisation avec le niveau de potentiel haut en déclarant qu'il n'a pas de référence pour telle ou telle parcelle aura-t-il les éléments suffisants pour expliquer son choix sur les seules bases de cette rédaction ?

Il a été proposé par le collège des chambres d'agriculture : que le contrôleur aille avec l'exploitant vérifier le bien fondé avec une tarière, ou que l'agriculteur déclare se renseigner auprès de ces voisins, ou de laisser à l'agriculteur le soin de la responsabilité de s'expliquer sur ses choix.

Il semble nécessaire d'avoir une validation nationale pour s'assurer de la faisabilité juridique de ces éléments afin d'éviter de créer des situations où les exploitants ayant choisi ces potentiels hauts ne soient pas démunis pour les expliquer.

Comme convenu, pour chaque département, les valeurs moyennes (pondérées par surface) des PRA doivent donner un rendement égal au rendement départemental de référence.

Le rendement départemental de référence utilisé dans le document présenté provient des données FranceAgrimer sur une période de 10 ans.(non communiqués au GREN)

La DRAAF et la DREAL rappellent que le rendement départemental de référence de base utilisé dans ce document doit provenir des données SRISE.

En particulier pour les rendements supérieurs à ceux du SRISE, on doit pouvoir expliquer en quoi les données SRISE seraient invalides.

Le collège des chambres d'agriculture estime ne pas avoir été prévenu suffisamment tôt de la non prise en compte des données FranceAgrimer, que le travail déjà produit est très lourd.

La DRAAF estime que les rendements par petite région agricole sont une proposition des collèges chambre-institut et distributeurs et doivent se conformer aux seules références qui ont une opposabilité juridique, les données SRISE.

Ces données ne sont appelées à être utilisées que dans le cadre d'une installation ou les premières années d'une réorientation des îlots cultureux de l'exploitation.

8/ Travail attendu d'ici la prochaine réunion (DRAAF, à Nantes, 2 juillet)

Les documents attendus par mail sont :

- Par les chambres d'agriculture : le tableau des rendements par PRA et la méthode rédigée de calcul des rendements par PRA, avec accès aux données utilisées en matière de pondération de surface et de sole afin d'être en capacité de reconstituer les calculs réalisés (aspect opposabilité juridique à respecter) .

En attente également :

- Références pomme de terre hors primeur par ARVALIS,
- Références lentilles par la CAVAC,
- Références choux à comparer avec les données Bretagne par la DRAAF,
- Références haricots demi-secs locaux par **CAVAC**
- Références melon auprès du service technique Le Rouge Gorge par IDfel,
- Références pommes à cidre / à couteaux auprès de l'association des Pommes du Maine par CA 49,
- Références tabac auprès de Loire Tabac via DDT49,

et depuis le réunion du 3 mai : Chanvre : les chiffres de la CAVAC,

Une réponse doit être apportée à la question de l'équivalence des différentes formes d'engrais évoquée dans le guide Comifer page 54 « Une majoration de la solution azotée de 10% en sols non calcaires [...] réduit l'écart mais ne le comble pas totalement ».

Les remarques par mail sur ce compte rendu de la séance GREN du 15 juin sont attendues jusqu'à la prochaine réunion du 2 juillet.

9/ Calendrier du GREN actualisé

Dates	Culture ou sujet	Lieu
26 mars	Références sol, minéralisation, reliquats, etc ; céréales à paille	Nantes, DREAL site de la Chantrerie
23 avril	<u>Matin</u> : Maïs, sorgho, oléagineux, protéagineux et selon temps disponible céréales à paille, <u>Après-midi</u> : prairies	Angers, Chambre d'agriculture 49, salle Aubance
3 mai	Mise à jour et relecture des références pour les céréales à paille. Rendement par PRA et type de sol Fin prairie, méteil, mélange de cultures, luzerne, chanvre et cultures sans référence.	Angers, siège de Terrena
24 mai	ANNULE	Angers, ESA
15 juin	Vergers, légumes, vignes Cultures sans références Retour sur points à valider des séances précédentes : référence de rendement	Angers, Cité administrative, DDT 49, salle 3 (rez de chaussée) Experts maraîchage et arboriculture à prévoir
2 juillet	Bilan, avis sur le projet d'arrêté régional	Nantes

Hors sujet arrêté : Les chambres d'agriculture doivent proposer à la discussion au GREN, en vue des cinquièmes programmes, un sujet à creuser sur l'intérêt d'effectuer des apports de fumiers sur CIPAN en fin d'été, en vue d'éviter les apports trop tardif sur Maïs au printemps.

Arvalis attire l'attention sur les risques de fuites de nitrates les années sèches où les CIPAN ne se sont pas assez développées.

La DREAL rappelle que cette possibilité du 5^{ème} programme d'action a été proposée au niveau national pour gérer d'éventuels excédents ponctuels d'effluents mais ne doit pas être généralisée. Dans tous les cas, les zones de captages, en particulier les captages prioritaires, doivent être exclues des zones où cette pratique serait éventuellement envisagée.

Précision post réunion : un rapport scientifique (INRA, Instituts techniques, chambres d'agriculture) doit être livré fin juin 2012 et préciser les conséquences éventuelles de la fertilisation des CIPAN (a priori assez risqué d'un point de vue environnemental).

12.1. Annexe au CR GREN 15-06 : Note ARELPAL



Association Régionale d'Expérimentation
Légumière des Pays de la Loire
6, Rue de la Flamme Olympique- ZA VIAIS
44860 PONT ST MARTIN
☎ 02-28-27-03-03 FAX : 02-40-35-67-47
E-mail : arelpal@wanadoo.fr

Diversité des espèces et des techniques de production

Considérant la multitude de paramètres à prendre en compte pour fertiliser les cultures légumières, il est aujourd'hui **difficile de définir un niveau d'apport standard et moyen**.

Tout d'abord, la Spécificité du maraichage réside dans une **grande diversité des modes de production** :

- serres chauffées,
- abris froids,
- petits tunnels
- plein champ
- filet d'ombrage

ainsi que des cultures : tomate, concombre, fraise, asperge, échalote, mâche, melon, poireau, radis, pomme de terre primeur, etc

Chacun de ces légumes est cultivé avec des **méthodes différentes** : matériel d'irrigation, matériel d'apport des éléments fertilisants, type de couverture, produits fertilisants utilisés, etc.,

Ces légumes sont **cultivés toute l'année** ce qui implique des cycles de développement plus ou moins long pour une même espèce.

De plus, **les rotations** au sein d'une exploitation peuvent être diverses et variées en fonction des systèmes de commercialisation (vente directe ou par un groupement) et des zones de production.

Principale rotation dans les abris froids en Vendée:

1 culture d'été mise en place fin mars début avril jusqu' fin septembre ou octobre:

melon, tomate, concombre, poivron, aubergine, courgette

1 culture d'hiver le reste du temps: 1 ou 2 tournée de laitue, 1 navet, 1 épinard ou 2 mâche motte, des tournées de radis

Principale cultures en abris froids en Loire Atlantique

Mâche, radis, jeunes de pousses de salade (6 à 7 cultures annuelles)

Principale cultures en plein champ en Loire Atlantique:

1 culture longue (Poireau, céleri, navet de janvier à fin mai) et 2 cultures courtes (mâches, radis, jeunes pousses)

3 à 4 cultures courtes

Principale cultures en abris froids en Maine et Loire

a- culture rotation produit botte sous abri : 3 cultures produits botte (automne, hiver, printemps) et engrais vert en été (sorgho)

- b- rotation avec fraise : fraise (aout-mai), engrais vert en été, produits bottes)
- c- Mâche (3 cultures), radis (3 cultures) par an
- d- rotation vente direct : 1 culture d'été et 2-3 cultures (automne-hiver-printemps) avec si possible un vide sanitaire estival tous les 4 ans avec engrais vert

Principales cultures en plein champ en Maine et Loire:

Rotation 1 : salade (2-3 cultures) et céréales

Rotation 2 : cultures maraîchères (2-3 cultures) chaque année avec 1 engrais vert tous les 3-4 ans

Spécificité des sols maraîchers

Les sols sont en général assez sableux et pauvres en matière organique (MO de 0.5 à 1.5%) Il n'y a pas d'argile donc pas ou peu de complexe argilo-humiques (pas de CEC) Ce sont donc **des sols qui restituent peu**. Des modèles (ex modèle CORPEN) existent pour valider ces données.

Les apports liés à la minéralisation des résidus de cultures sont extrêmement faibles : Pour les cultures sous abris, les éléments non commercialisés (feuilles, tiges le plus souvent) sont sortis de la parcelle.

La plupart des cultures de plein champ et petits tunnels sont extraites dans leur totalité : radis, navet botte, céleri ou majoritairement : mâche, salades, poireaux où ne reste que le système racinaire

Bien que quelques cultures estivales ne soient pas couvertes, la grande **majorité des cultures est protégée d'un film plastique** ce qui **limite les risques de lessivage** par pluviométrie excessive.

Les cycles culturaux sont variables en durée et les rotations sont rapides. La **gestion de la matière organique est compliquée**. Une partie de la matière organique apportée est disponible pour ces cultures à enracinement peu profond. Le reste de la MO est stable sous forme d'humus. Dans quelle proportion ?

De plus, il est difficile de **connaître précisément les minéralisations liées aux apports** pour chaque culture. On ne sait pas quand la matière organique libère (variabilité liée aux conditions climatiques de l'année). Il est donc difficile de prendre en compte dans les calculs les apports liés à la matière organique ; Ce phénomène est exacerbé par la nature pauvre des terrains qui ne fixent pas les apports. Comment alors ventiler les apports de matières organiques : engrais et amendement sur l'année ? ou par culture,)?

L'enracinement des cultures est peu profond. **Les besoins de la plante doivent être ciblés** au mieux car certaines plantes sont **sensibles à l'excès de salinité**.

Cependant, les **exigences qualitatives** (mâche verte sans cotylédons jaunes) obligent à avoir des réserves dans le sol afin de garantir la réussite totale de la culture et une qualité commerciale optimale.

Pour répondre à ces exigences, la meilleure approche réside dans les apports fractionnés de la fertilisation.

Aujourd'hui, les cultures légumières de plein-champ sont de plus en plus souvent gérées par fertirrigation : les éléments fertilisants sont injectés via le système d'arrosage. Cette méthode

permet d'optimiser la quantité disponible d'azote dans le sol à un moment donné, évitant ainsi des accidents liés au climat.

L'une des spécificités du maraîchage est la culture en planche (environ 1,40 m de large). Dans l'optique d'optimisation, il est **important de localiser les apports à la planche, voir même au pied des légumes.**

Tout au long de son cycle de développement, la plante demande toujours plus d'eau et d'azote. **La période de plus grand besoin est généralement le dernier tiers du cycle cultural surtout pour les cultures durant moins de 2 à 3 mois.** Pour les cultures longues 6-7 mois les apports d'eau et fertilisant sont liés au besoin physiologique de la plante. Ces informations sont mise à jour dans le cadre d'expérimentation au sein de l'Arepal. Si durant ce moment la plante ne manque ni d'eau ni d'engrais, son rendement et sa qualité commerciale sont quasiment assurés. Cette réflexion confirme l'importance du fractionnement par opposition aux apports massifs qui cible le début du cycle. Une autre solution possible est **l'emploi d'engrais à libération lente** permettant de mieux se caller avec les besoins des plantes.

Des **analyses de sol régulières et rapides** complètent une bonne conduite en matière de fertilisation.

Enfin la mise en œuvre d'outil permettant de connaître les besoins agronomiques et les mobilisations des cultures permettra de parfaire la fertilisation des cultures maraîchères. Ces outils sont actuellement en cours de développement par le Ctifl et l'UNILET notamment.

Ce qui existe dans le 4^{ème} programme d'actions Loire-Atlantique

Signé le 30 juillet 2009, le 4^{ème} programme d'action Directive Nitrates pour la Loire-Atlantique contient un article spécifique aux cultures légumières. Plusieurs règles ont été définies :

- seuil maximum de fertilisation azotée toutes origines confondues pour 3 cultures :
 - o 170 kg d'azote pour une culture de mâche, et pour une culture de radis
 - o 480 kg d'azote pour une culture de poireau
- + Outils d'enregistrements permettant la vérification du respect des seuils

- Bonnes pratiques culturales
 - o Couverture et fractionnement
 - o Périodes d'interdiction d'épandage
 - o Contrôle du matériel d'épandage des engrais liquides
- Maîtrise du ruissellement de surface pour les nouvelles parcelles (aménagements, recul, etc...)
- Règles à créer pour les cultures sur substrat sous serres verres chauffées

Un argumentaire a été rédigé à l'époque pour justifier ces propositions de règles :

- o Assurer le développement de la plante mais **aussi sa qualité commerciale**.
- o **Maîtriser le risque de lessivage par le fractionnement des apports**, la couverture des cultures, la localisation de l'apport et son ciblage en fin de culture.
- o **Intégrer les caractéristiques des sols maraîchers** (faible tampon azoté, sol filtrant) par un suivi analytique régulier.
- o **Connaître précisément la composition** et le fonctionnement **des produits fertilisants** (Matières organiques et engrais)
- o Vérifier le matériel d'apport des produits fertilisants.

Un outil d'enregistrement et de raisonnement de la fertilisation a été proposé pour permettre la vérification du respect des seuils. Il permet simplement de calculer l'apport d'azote et s'agit donc d'un outil de contrôle.

Son principe :

- **Calcul de l'apport d'azote par culture sur l'ensemble du parcellaire de l'exploitation et sur une campagne entière (une année).**
- Saisie de la surface développée totale, et de la surface développée par culture.
- Saisie de l'intégralité des apports de matières organiques. La charge azotée est ensuite intégralement rapportée à la surface développée totale, toute culture confondue.
- Saisie de l'intégralité des apports d'engrais minéraux pour la culture de la mâche. La charge azotée est ensuite intégralement rapportée à la surface développée de la mâche.
Idem pour le poireau et le radis
- Le calcul final consiste à additionner la part organique et la part minérale de chaque culture.

13. Compte rendu du 02 juillet

Lieu : DRAAF à Nantes

Présents :

Collèges

Coopération et négoce	Eric ROYER (CAM) Patrick DEUIL (Hautbois Négoce)	Suzette DUBOIS (CAVAC) Laurent VARVOUX (Terrena)
Instituts techniques	Anne-Monique BODILIS (ARVALIS)	
Chercheurs et enseignants	Guillaume PIVA (ESA Angers) Françoise VERTES (INRA Quimper)	Pierre AUROUSSEAU (Agro Campus Ouest)
Chambres d'agriculture	Sylvain LEGRAET (53) Isabelle LECOMTE (49)	
DDT(M) ou DD(SC)PP	Jean-Luc CHARLES (DDT53) James Illand (DDCSPP53)	
Agence de l'eau	Bernard PFEIFFER (délégation du Mans)	Olivier BICHOT (délégation de Nantes)
DRAAF	Philippe GENET	Jean-Michel LE BLANC
DREAL	Valérie LECOMTE	

Annexes jointes au compte rendu : 2

- Arrêté préfectoral de région de l'équilibre de la fertilisation azotée,
- Note de Pierre Arousseau « raisonnement de l'équilibre de la fertilisation » complétée de la réponse INRA/ARVALIS.

1/ Discussion des points manquants des comptes rendus des précédentes réunions du GREN

Les références manquantes ont été transmises par les personnes concernées :

- références pomme de terre hors primeur par ARVALIS,
- références haricots demi-secs locaux et chanvre par la CAVAC.

Il est validé de mettre en place une annexe traitant de recommandations type approche système en cas de rendements très inférieurs suite à un accident climatique par exemple. Cette annexe sera enrichie au fur et à mesure des séances du GREN.

Concernant les analyses de sol, les trois méthodes prévues dans l'arrêté du 19 décembre sont utilisables :

- Reliquat azoté en sortie hiver, cette méthode est à privilégier avant maïs ou situation à risque.
- Taux de matière organique,
- Azote total présent dans les horizons de sols cultivés (sol exploré par les racines de la plante cultivée).

◆ Nirr = Azote apporté par l'eau d'irrigation

- Quels sont les types d'analyses acceptés ? Par un intervenant extérieur (laboratoire, ...), ou par l'exploitant lui-même (bandelettes, ...). Dans ce dernier cas, une fiche déclarative d'analyses sera-t-elle acceptée lors d'un contrôle ? attente d'une réponse nationale (ministères)
- Dose minimum : le GREN ne peut décider de seuil minimum d'apport d'azote sur un poste de l'équation, la demande doit être traitée par le niveau national (MEDDE⁵-MAAF⁶)

◆ X : Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse

Les références COMIFER prennent en compte la forme de fertilisation en azote la plus efficace, à savoir l'amonitrate.

- Existe-t-il une équivalence pour les autres formes de minéralisation minérale moins efficiente ?

⁵ Ministère de l'Ecologie du Développement Durable et de l'Energie

⁶ Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

- Peut-on faire évoluer les choses sur ce point, au vu de l'usage de plus en plus répandu d'autres formulations ?

Les questions sont posées au niveau central (MEDDE-MAAF)

◆ **Pf = Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan**

Y: Objectif de rendement selon zonage local

La méthode des rendements par PRA est discutée sur 2 points :

- La méthode de calcul de chaque département,
- La justification pour les potentialités élevées

◆ **A : Apports d'azote atmosphérique**

Aujourd'hui négligé, au vu de la proximité des zones d'élevage avec une volatilisation potentielle de l'azote ; ce poste pourra être réfléchi et revu dans les futures séances du GREN.

◆ **b : rendements de productions**

Pour les niveaux de potentiel : La discussion n'a pas permis d'aboutir à un consensus :

Deux points de vue :

- 1/ Construction des rendements pour les sols à potentiels fort et faible en ajoutant et retranchant un même pourcentage (25%) afin de rester cohérent avec le rendement de référence du SRISE,
- 2/ Prise en compte telle quelle de la proposition des chambres d'agriculture avec de forts écarts vers le haut des rendements de sol à fort potentiel. A noter que les bases de données utilisées ne sont pas accessibles.

Pour l'éligibilité à l'usage des potentiels forts : la définition des sols proposée est jugée satisfaisante et suffisante pour les uns mais la centrale (MEDDE-MAAF) et l'administration régionale la juge trop floue pour être opposable juridiquement, une analyse de sol devra accompagner l'usage des potentiels forts sauf à avoir une cartographie des sols au 1/25000 désignant la qualité pédologique du sol.

La date limite de réalisation des plans de fumure et d'ouverture du bilan est fixée au 1^{er} mars.

2/ Discussion du compte rendu de la réunion du 15 juin 2012

Les remarques portent sur le document joint au compte rendu « arrêté préfectoral de région » :

- Question sur le tableau de références relative au poste Ri (RSH⁷ si le bilan d'ouverture est réalisé à la sortie de l'hiver) : « Qu'en est-il de la validation des modèles dynamiques par le MAAPRAT-MEDDLT ? »
- Question : Est-ce que les fiches Comifer sorties dernièrement et présentant des différences importantes avec nos valeurs cultures spécialisées doivent être reprises ? réponse : si c'est le cas, le principe est de garder les chiffres qui ont été discutés en séance avec les experts mais de les remettre en discussion l'an prochain (en particulier les valeurs salades, aubergines).

3/ Note de M. Pierre Aurousseau et discussion :

◆ **Partie A :**

Les références Comifer se basent sur le principe du choix des valeurs des fournitures d'azote par le sol du 1^{er} quartile (voir présentation réunion des GREN le 15 mars à Paris). Cela conduit à apporter une dose d'azote supérieure aux besoins dans 75 % des cas.

Les travaux de J.M.Meynard et son équipe ont montré que choisir la médiane comme objectif de rendement conduit dans un cas sur deux à une sur-fertilisation. Se fixer un objectif de rendement inférieur au rendement médian donne de meilleurs résultats sur la qualité de l'eau, tout en permettant de réaliser des rendements supérieurs au prévisionnel, selon les conditions climatiques annuelles.

◆ **Partie B :**

⁷ RSH : Reliquat Sortie Hiver

Le principe du PPF ne prend pas en compte ce qui se passe avant et après la période culturale. Une partie de l'azote apporté à la parcelle n'est pas prise en compte. L'amélioration du PPF par les travaux du GREN constitue un progrès indéniable.

Cependant, le travail du GREN sur l'équilibre de la fertilisation n'est pas suffisant pour garantir une qualité d'eau inférieure à 50 mg/l. Le cadre de la mission du GREN est trop restrictif par rapport à l'objectif environnemental d'amélioration de la qualité de l'eau avec un risque de mauvaise interprétation :

- 1/ En appliquant les principes issus du GREN, les agriculteurs seront persuadés de ne plus avoir d'impact environnemental, ce qui est incomplet ; le risque est d'augmenter le mécontentement car ils devront poursuivre leurs efforts, dans quelques années, quand il sera avéré que l'équilibre de la fertilisation n'est pas suffisant ;
- 2/ La Commission européenne ne se satisfera pas de cette rédaction de l'équilibre et demandera d'aller plus loin pour atteindre l'objectif de 50 mg/l.

◆ **Partie C :**

Le PPF n'a aucun caractère opérationnel et contrôlable. Le contrôle ne permet de vérifier que les paramètres y sont mais pas la cohérence des chiffres qui y sont inscrits ; le contrôle est administratif mais pas technique. Une étude de PPF sur 6000 parcelles en Bretagne a mis en évidence la qualité très insuffisante des PPF en 2007. P.Aurousseau propose une automatisation des PPF qui permettrait de réaliser des contrôles de cohérence entre les différents paramètres du PPF.

Des scientifiques dans d'autres GREN (dans l'Est et le bassin parisien) ont fait la même analyse. Un « compteur » du solde de l'azote devrait être intégré dans les outils de calcul des PPF (équivalent à la balance globale azotée (BGA) afin d'avertir l'agriculteur que, malgré le calcul d'équilibre de la fertilisation, une quantité d'azote reste en excès dans son système.

◆ **Réponse AM.Bodilis (Arvalis) et F.Vertès (Inra) :**

La note conjointe Arvalis Inra de réponse distribuée en séance est jointe au présent CR.

Arvalis a fourni une référence supplémentaire pour prendre en compte le retournement de prairie avant maïs ; le facteur « système » permet aussi de prendre en compte l'effet système et notamment les apports organiques répétés. On considère que le retournement de prairie a un effet sur 2 années et qu'ensuite c'est la minéralisation basale de l'humus qui est prise en compte.

◆ **Discussion :**

Il serait judicieux de proposer des recommandations de pratiques culturales après les retournements de prairies, dans l'arrêté régional.

Pour Terrena, il serait tout à fait envisageable d'intégrer au raisonnement la BGA (bilan entrées / sorties d'azote; les outils existants proposent déjà ce calcul).

Le collège distributeur confirme cette possibilité.

Une autre piste serait de mettre en œuvre un agrément des prescripteurs (exemple de Certiphyto) afin de s'assurer que les calculs sont réalisés dans les règles de l'arrêté régional.

Pour P.Aurousseau, il faudrait pouvoir faire en sorte que l'agriculteur puisse avoir cette BGA dès maintenant.

Nota bene sur les nouvelles normes VL qui semblent décalées par rapport à leur effet négatif potentiel sur les élevages d'après le collège chambre. F.Vertès rappelle qu'une demande de dérogation est en cours, comme dans d'autres pays européens, pour les exploitations avec une grande surface fourragère en herbe et devrait aboutir à un plafond avoisinant les 230 uN pour les bovins laitiers.

Au final, la note de P.Aurousseau estime que le travail effectué en GREN sur la base des références COMIFER est insuffisamment tourné vers la diminution du risque de fuite des nitrates vers l'eau et suggère de travailler autrement en particulier sur les objectifs de rendement qui pourraient être revus vers le bas sans risque de perte économique de l'exploitant.

Cette note et la réponse seront annexées à la synthèse des travaux du GREN.

La proposition issue de ces échanges serait de tendre vers une fertilisation azotée plus compatible avec la qualité de l'eau dans le cadre de la suite des travaux du GREN ; il conviendrait de :

- se fixer un objectif de rendement inférieur à la médiane (tout en gardant toutes les chances d'obtenir le rendement attendu) ;
- s'assurer de l'équilibre de la fertilisation par des outils de raisonnement ;
- préconiser les outils de pilotage de la fertilisation qui permettent de « mettre en réserve 40 uN » et de les utiliser en cas de besoin (faisable dès maintenant dans la région avec quelques outils) ;
- informer l'agriculteur sur la balance globale azotée à l'échelle de son exploitation ;
- compléter le calcul de l'équilibre et le pilotage par une couverture hivernale du sol consommatrice

d'azote afin d'améliorer l'effet système.

En conclusion, le GREN pourrait se donner à l'avenir pour mission de travailler plus sur l'approche « système de culture de l'exploitation » qui est reconnue comme la meilleure façon de garantir l'efficacité de l'azote utilisé et donc préservant au mieux la qualité de l'eau.

4/ Arrêté régional de l'équilibre de fertilisation

La trame d'arrêté proposé par le ministère a été lue et adaptée aux conclusions du groupe. Le projet d'arrêté accompagné de ces annexes est joint à ce compte rendu.

5/ Discussion sur les outils utilisés pour réaliser les PPF et le pilotage de l'azote en cours de culture.

Le GREN Pays de la Loire pourrait prévoir dans ses futurs travaux :

- de « faire tourner les outils existants »,
- un contrôle de cohérence entre les calculs sur l'azote issus des effluents et les exports de cultures,
- un inventaire des outils de pilotage de l'azote (Pilazote, Nitrachek, image satellite, etc.)
- un suivi de l'azote disponible et de l'azote en excès dans les zones les plus fragiles (amenées à être des zones d'actions renforcées) à partir des outils existants,
- un outil de calcul automatisé du PPF qui pourrait être mis à disposition à terme (en cours en Bretagne).

6/ Travail attendu d'ici le 23 juillet

Références de rendement sur la base du travail accompli dans le 49 : +25%, -25% par rapport aux rendements moyens par petite région.

Les avis sur le projet d'arrêté régional sont attendus de la part des membres du GREN avant le 23 juillet 2012.

Terrena doit envoyer les informations sur les outils de pilotage.

Des contributions pour des recommandations sur la conduite du système d'exploitation sont attendues de tous sur ce point.

L'arrêté régional sur l'équilibre de la fertilisation sera soumis à la signature du préfet de région fin juillet.

13.1. Annexe au CR GREN 02-07 : Note pierre Aurrousseau

Note sur le respect de l'équilibre de la fertilisation azotée

La directive nitrates impose aux états membres qu'ils mettent en œuvre une politique permettant le respect de l'équilibre de la fertilisation azotée. Ce respect de l'équilibre implique :

A - que les références mises en œuvre pour la fertilisation azotée garantissent bien la minimisation des fuites de nitrates vers l'environnement.

Concernant ce point il faut bien comprendre que la production agricole peine à sortir d'une période qui a duré plusieurs décennies pendant laquelle l'objectif était d'augmenter les rendements des cultures et d'assurer ces rendements et leur progression.

Cet objectif était atteint par une stratégie de l'assurance du rendement voire de la sur-assurance. Pour illustrer ces notions d'assurance du rendement et de sur-assurance, on peut prendre l'exemple de la culture de blé. Ces objectifs étaient atteints (1) en surévaluant l'objectif de rendement, (2) en augmentant plus que de raison la densité de semis quitte à ce que le blé qui est une espèce qui talle naturellement (c'est-à-dire qui produit plusieurs tiges et plusieurs épis à partir d'une seule graine) ne talle plus ou pas, (3) en fournissant une nutrition azotée en excès, (4) en faisant des traitements anti-cryptogamiques préventifs, voire sur-numéraires... Ce type de stratégie pouvait se comprendre tant que l'objectif a été de garantir les rendements coûte que coûte ce qui signifie quelque soit le coût économique de l'utilisation de ces facteurs de production et quel qu'en soient les conséquences environnementales. Dès le début des années 80, en particulier en France dans le cadre du plan dit de relance agronomique, il est apparu clairement que ce type de stratégie ne permettait pas de garantir l'optimum économique en se traduisant par des dépenses inutiles de facteurs de production.

Le renchérissement des facteurs de production et la préservation de l'environnement n'autorisent plus aujourd'hui ce type de stratégie. Mais il faut bien comprendre que l'agronomie continue à reposer sur bien des références ou des modes de raisonnement qui sont toujours dans une stratégie de l'assurance du rendement et non de la minimisation des conséquences environnementales.

Prenons quelques exemples :

1 – la tradition qui consiste à se fixer comme objectif de rendement la moyenne des 5 derniers rendements observés (après élimination ou non des rendements extrêmes). Supposons une culture de blé qui aurait produit les rendements suivants : 55 qx, 65 qx, 70 qx, 75 qx, 85 qx. La moyenne de ces rendements est de 70 qx (que l'on ait ou non, d'ailleurs dans cet exemple, éliminé les rendements extrêmes). Dans cet exemple simpliste, la moyenne est égale à la médiane ce qui signifie que dans 50% des cas le rendement est inférieur ou égal à 70 qx et dans 50% des cas il est supérieur ou égal à cette valeur. Evidemment, la moyenne n'est pas obligatoirement égale à la médiane mais dans la pratique, pour les rendements, elle ne s'en éloigne que rarement. Pour la suite du raisonnement, on admettra que concernant les rendements, la médiane est proche ou confondue avec la moyenne.

Quelles sont maintenant les explications que l'on peut avancer pour que le rendement observé soit en dessous de la médiane ? Ceci peut s'expliquer par des stress spécifiques à l'année étudiée : stress hydrique, stress azoté, stress parasitaire. Souvent plusieurs stress peuvent se cumuler et même être dépendants entre-eux. Par exemple, on observe souvent un stress azoté couplé avec un stress hydrique. Quelles explications peut-on maintenant invoquer pour expliciter des rendements supérieurs à la médiane ? Des nutriments hydrique ou azoté exceptionnellement favorables par exemple.

Si l'on se fixe comme objectif de rendement la médiane des rendements observés, une année sur deux on aura un rendement effectif inférieur à l'objectif. Cela signifie qu'une année sur deux on aura calculé une fertilisation excédentaire par rapport au besoin de la culture. L'année où le rendement effectif ne sera que de 65 qx, la sur-fertilisation uniquement attribuable à l'objectif de

rendement sera de 15 uN/ha, l'année où le rendement effectif ne sera que de 55 qx la sur-fertilisation uniquement attribuable à l'objectif de rendement sera de 45 uN/ha.

Ce raisonnement a été développé par les agronomes de l'INAPG dès le début des années 80 et il les a conduit à préconiser de se fixer des objectifs de rendements inférieurs à la médiane, ce qui n'empêche pas d'obtenir des rendements supérieurs à cette médiane à la faveur d'années où les conditions de nutrition hydrique ou azotée sont particulièrement favorables, ce que ces agronomes ont qualifié alors de « cadeaux de la nature ».

2 – Dans les documents du COMIFER, un certain nombre de références ont été établies dans une stratégie de l'assurance du rendement et de la nutrition azotée et non de la minimisation des impacts environnementaux.

Prenons l'exemple de la fourniture d'azote par le sol pour les sols de la Hardt : la référence publiée par le COMIFER est de 60 uN. Elle a été établie à partir de données expérimentales s'étalant entre 45 uN et 95 uN. C'est le premier quartile qui a été choisi comme référence. Ceci signifie que la fourniture d'azote par le sol est dans 25% des cas inférieure à cette référence mais que la fourniture est dans 75% des cas supérieure à cette référence. On est donc bien dans une stratégie d'assurance du rendement et de la nutrition azotée et non de la minimisation des impacts environnementaux : dans 75% des cas cette référence conduit à une sur-fertilisation.

Prenons l'exemple de la teneur en azote d'un fumier de bovin. Là aussi, la référence est en dessous de la moyenne expérimentale et cette référence privilégie l'assurance du rendement et de la nutrition azotée et non la minimisation des impacts environnementaux.

3 – Si l'on suppose que l'intervention de ces différentes références et de ces différentes habitudes de raisonnement sont indépendantes entre elles, on s'expose obligatoirement à des effets cumulatifs : une année sur deux, on est dans une situation de sur-fertilisation azotée imputable à un objectif de rendement fixé à la médiane des rendements observés mais trois années sur quatre les fournitures d'azote par le sol sont supérieures à la référence, en conséquence si on est dans une situation d'indépendance dans trente sept cas sur cent ($0,5 \times 0,75 = 0,375$), on est dans une situation de sur-fertilisation cumulée due à ces deux mécanismes.

4 – On comprend bien, en ayant suivi ces raisonnements que l'agronomie n'est pas encore expurgée des références et des modes de raisonnement qui assurent le rendement et la nutrition azotée aux dépens des fuites vers l'environnement.

B - que ce respect de l'équilibre de la fertilisation soit bien opérationnel et contrôlable

On sait que dans la situation actuelle, les plans prévisionnels de fumure (PPF) sont **administrativement** contrôlables mais non **techniquement** contrôlables. Il est sans doute nécessaire d'explicitier cette assertion. Ceci signifie que l'agent contrôleur va pouvoir vérifier que l'agriculteur dispose bien d'un PPF, mais la liste des paramètres obligatoires est telle qu'il ne pourra pas vérifier la valeur numérique des paramètres fournis dans ce PPF. Par exemple, on trouve dans la liste des paramètres obligatoires « les fournitures d'azote par le sol ». Donc, l'agent contrôleur va vérifier si une valeur de fourniture d'azote par le sol est bien disponible dans le PPF. Si oui, le PPF est conforme. Sinon, il n'est pas conforme.

Mais, il lui est impossible de vérifier le bien fondé de la valeur de fourniture d'azote par le sol, car cette valeur est le plus souvent le résultat d'un calcul (d'une addition) à partir de plusieurs postes élémentaires (minéralisation de l'humus basal du sol (Mh), minéralisation des résidus (Mr), minéralisation des résidus de CIPAN (Mrci), arrières-effets des apports de déjections animale (Ma)...). Comme la fourniture de ces différents postes n'est pas imposée par la réglementation, il n'est pas possible de vérifier la valeur numérique fournie et le PPF n'est pas de fait techniquement contrôlable.

Ce raisonnement a été développé par nous depuis 2007 et des propositions concrètes ont été

