

## **Compte-rendu de la réunion du groupe Azote Soufre et du groupe PRO du COMIFER**

### **Le 20 février 2014 à PARIS La Défense**

De 9H30 à 17H00

Participants : C. BACHOLLE (UTEAM), C. BODELE (CA Nord Pas de Calais), A. BOUTHIER (ARVALIS), M. BOUVIALA (COMIFER), J.P. CACHON (FDCETA Aisne), A. CANARD (Soufflet Agriculture), L. CHAMPOLIVIER (CETIOM), J.P. COHAN (ARVALIS), N. DAMAY (LDAR), M.E. DESPONT (LCA), E. DOUSSET (MAAF), P. Eveillard (UNIFA), B. Felix-Faure (Galys), S. Foray (Institut de l'élevage), J. GRALL (CRA Bretagne), M. Hervé (EUROCHEM Agro), M. HEURTAUX (ACTA), D. JACQUES (MEAC), S. Laferté (Agro-systemes), M. LAMBERT (Yara), Y. LAMBERT (CRA Bretagne), L. LARGANT (CAS), D. LEDUC (CA 44), C. LE SOUDER (ARVALIS), J. LESTUM (SEDE), J.M. MACHET (INRA), E. MINIER (BOREALIS LAT), V. NEYMARC (Haïfa France), C. PICHEREAU-QUENTIN (S2B Visio), T. PROFFIT (Kali France), C. RAYNAL (Ctifl), S. RECOUS (INRA), A. REVAILLIER (VEOLIA), JF. RIBOUCHON (Triskalia), C. ROCCA (InVivo), O. TAUVEL (CA 27), R. TROCHARD (ARVALIS), M. VALE (SAS Laboratoire), B. VERBEQUE (CA45),

Excusés : S. AGASSE (APCA), C. BITAUD (MAAF), JM BODET, J.Y. CAHUREL (IFVV), R. Duval (ITB), E. GACHET (ANSES), P. GERARD (Vivescia), B. GODDEN (Centre Wallon de recherches agronomiques), O. GOUJARD (Kali France), P. JANNOT (MEDDE), C. Le Roux (LDAR), N. LECLECH (CRA Lorraine), S. MARTHON-GASQUET (MAAF), V. PARNAUDEAU (INRA), F. VERTES (INRA)

Pièces jointes au CR : les montages relatifs aux présentations des différents intervenants sont disponibles sur l'espace adhérent du site du COMIFER .

#### **1) Actualisation des tables Keq, méthode, difficultés rencontrées et présentation des tables actualisées, Nathalie Damay (LDAR).**

La méthode du bilan du COMIFER est désormais la base sur laquelle les GREN doivent établir les règles régionales de calcul pour la détermination de la dose prévisionnelle d'azote à apporter sur une culture. Le guide méthodologique du calcul de la fertilisation azotée, édité par le COMIFER en 2012, décrit la méthodologie permettant de calculer la dose prévisionnelle d'azote et un chapitre concerne l'apport de PRO. Il a été identifié que des compléments étaient nécessaires pour améliorer la compréhension et la précision de l'approche. En ce sens 3 points ont été travaillés :

1. Augmenter la liste des PRO référencés dans le chapitre

2. Proposer des teneurs moyennes en N total et N-NH4 pour ces PRO.

3. Proposer des valeurs de coefficients d'équivalence engrais

Ainsi p 60 de la dernière version du guide méthodologique, une nouvelle liste de PRO ainsi que leur composition sont proposées. Il a été ajouté :

- **Boues activées** (liquides IAA, liquides égouttées IAA, liquides urbaines, liquides égouttées urbaines, filtre presse non chaulées, pâteuses filtre à bandes, lits de séchage, lits à rhizophites, déshydratées chaulées, séchées)
- **Boues digérées anaérobies** (liquides IAA, déshydratées, déshydratées chaulées, séchées)
- **Autres boues** (lit bactérien/disque bio liquides, lit bactérien/déshydratées chaulées, décanteur digesteur, décanteur, de curage de lagunes urbaines, physico-chimiques déshydratées, physico-chimiques déshydratées chaulées)
- **Compost de boues**
- **Matières de vidange**
- **Boues de stations d'épuration de papeterie** (mixtes papetières selon C/N, de désencrage)
- **Compost MIATE** (avec support carbonaté) de 6 mois et +
- 2 catégories de **compost de déchets verts** (+ de 6 mois et – de 6 mois)
- 2 catégories de **compost urbain** (bio-déchets et ordures ménagères résiduelles)
- **Digestats de méthanisation agricoles** (bruts, fractions sèches et liquides après séparation de phase)
- 2 catégories de **composts de fumier de porcs** (- de 6 mois et + de 6 mois)
- **Fumier de cheval**
- **Fumier de caprins et ovins**
- 2 catégories de **fumier de bovins** (pailleux litière accumulée, décomposé d'étable animaux entravés)
- 2 catégories de **fientes de volailles** (avec litière, 80% MS, 60% MS)
- 2 catégories de **composts de fumiers de bovins** (- de 6 mois, + de 6 mois)
- 2 catégories de **composts de fientes de volailles avec litière** (- de 6 mois, 6 à 10 mois)
- 3 catégories de **lisiers de bovins** (dilué système couvert; non dilué, de veaux)

A noter que dans la présentation précédente une fourchette de valeur été donnée. Dans la nouvelle version une valeur moyenne est proposée mais un coefficient de variation y est affecté afin de signaler la variabilité associée.

#### Le coefficient d'équivalence engrais minéral efficace (keq) :

Concernant l'apport de Produits Résiduaire Organiques (PRO), on calcule l'azote efficace, Xa, issu de ce PRO par la formule suivante :

$$Xa = \% N_{pro} \times Q \times Keq \ N$$

Avec :

- % Npro : teneur en azote total du produit brut
- Q : volume ou masse de produit épandu par hectare
- Keq : coefficient d'équivalence engrais minéral efficace

Le travail a consisté à améliorer les valeurs déjà existantes (plus de périodes d'apport, plus de cultures) et à en proposer d'autres pour les nouveaux produits.

- KeqN Cycle : c'est le KeqN le plus souvent référencé (à partir de mesures réalisées à la récolte de la culture). Il globalise l'effet azote à l'échelle du cycle entier de la culture quelle que soit la période d'apport du PRO.
- KeqN bilan : part de l'effet azote du PRO pendant la période du bilan, après la date d'ouverture.

En cas d'un apport de PRO après l'ouverture du bilan, le KeqN bilan est égal au KeqN cycle.

Limites rencontrées :

**KeqN Cycle :**

- Le plus facile à obtenir à partir de mesures réalisées à la récolte de la culture
- C'est le plus référencé
- Coefficient fortement dépendant des pratiques culturales et de la façon dont la période d'interculture est gérée, pour les apports d'automne.
- Ne devrait pas être utilisé dans l'équation du bilan pour les apports avant ouverture du bilan

**KeqN Bilan :**

- Plus difficile à acquérir pour les PRO apportés avant ouverture du bilan car nécessité de mesurer la part d'azote du PRO absorbé par la culture ainsi que la part d'azote du PRO présente dans le reliquat d'azote minéral à l'ouverture du bilan.
- Peu de références solides
- Il permet de calculer  $X_a$  dans l'équation de la méthode du bilan.

La variabilité des Keq est difficile à prendre en compte, pourtant beaucoup de facteurs influent (composition et nature d'un PRO au sein d'une même classe, contexte pédoclimatique, modalités d'apport du PRO)

Les Keq sont issus de mesures de CAU au champ et principalement dans le grand ouest de la France et pour des effluents d'élevage. De plus c'est un terme très intégrateur (pertes) et certains produits sont peu référencés, tout comme les apports de PRO à l'automne avant culture intermédiaire.

Ces limites conduisent le groupe azote et PRO à envisager une nouvelle approche via des cinétiques de minéralisation. L'azote efficace d'un PRO pourrait être approché par la quantité d'azote minérale contenue dans l'apport plus l'azote minéralisée jusqu'à la fin d'absorption d'azote par la culture. Ce travail sera envisagé prochainement par les 2 groupes.

**2) Etude de la cohérence entre l'approche dynamique via le modèle AzoFert® et l'approche keqN (essais) sur le calcul de l'effet azote à court terme d'un PRO, Jean-Marie Machet (INRA Laon).**

L'objectif est d'étudier la cohérence entre l'approche des Keq via les expérimentations et une approche dynamique via l'outil Azofert®.et des cinétiques de minéralisation des PRO. Ce travail a été réalisé dans le cadre du comité national d'accompagnement des GREN.

Les essais d'Arvalis et d'autres partenaires ont été utilisés pour créer une base de données avec toutes les informations nécessaires pour faire fonctionner AzoFert®. AzoFert® a permis de réaliser 255 simulations (une situation = 1 lieu \* 1 année \* 1 PRO \* 1 quantité \* 1 période d'apport). Il a été comparé le KeqN calculé avec le CAU ammo par les essais et le coefficient de fournitures d'azote minéral du PRO sur le bilan AzoFert®, pour différents PRO.

Apports de printemps :

## Résultats

PRO	CULTURES	PERIODES d'APPORT	KeqN moyen BILAN et CYCLE (avec CAU Ammo std)	Ecart-type ( $\sigma$ )	Coefficient de fournitures d'N minéral du PRO sur BILAN et CYCLE	Ecart-type ( $\sigma$ )	Nbre de simulations
CFB	MAIS	PRINTEMPS	0.36	+/- 0.15	0.26	+/- 0.06	32
CFPO	MAIS	PRINTEMPS	0.33	+/- 0.23	0.29	+/- 0.06	23
CFVO	MAIS	PRINTEMPS	0.43	+/- 0.21	0.26	+/- 0.08	6
FBD	MAIS	PRINTEMPS	0.28	+/- 0.16	0.29	+/- 0.05	17
FBP	MAIS	PRINTEMPS	0.47	+/- 0.21	0.12	+/- 0.07	12
FPO	MAIS	PRINTEMPS	0.46	+/- 0.24	0.27	+/- 0.07	12
FUV	BLE	PRINTEMPS	0.38	+/- 0.10	0.32	+/- 0.08	9
FUV	MAIS	PRINTEMPS	0.47	+/- 0.17	0.49	+/- 0.10	11
LPO	BLE	PRINTEMPS	0.65	+/- 0.12	0.87	+/- 0.37	7
LPO	COLZA	PRINTEMPS	0.78		0.87		1
LPO	MAIS	PRINTEMPS	0.55	+/- 0.20	0.80	+/- 0.08	22

Une forte variabilité est observée. Toutefois des valeurs assez proches sont observées entre KeqN moyens des essais et les coefficients de minéralisation du PRO simulés par AzoFert® pour les CFB (composts de fumier de bovins), CFPO (compost de fumier de porcs), FBD (fumier de bovins) et FUV (fumier de volailles). Les valeurs sont différentes pour les CFVO (compost de fumier de volailles) et FPO (fumier de porcs). Pour le FBP (fumiers de bovins pailleux) il faut être prudent en raison du manque d'information sur la typologie des produits dans les essais. Pour le lisier de porcs (LPO) les pertes par volatilisation sont sous estimées (sauf si bonnes pratiques agricoles respectées).

## Apports d'automne :

PRO	CULTURES	PERIODES d'APPORT	KeqN moyen CYCLE (avec CAU Ammo std)	Ecart-type ( $\sigma$ )	Coef de la part org potentiellement minéralisable sur le CYCLE	Ecart-type ( $\sigma$ )	Coefficient de fournitures d'N minéral du PRO sur bilan	Ecart-type ( $\sigma$ )	Nbre de simulations	KeqN BILAN (essais sur Colza, *extrapolation sur blé)	Ecart-type ( $\sigma$ )
CFB	BLE	AUTOMNE	0.12	+/-0.07	0.25	+/-0.03	0.14	+/-0.01	23	0.10* (6 réf)	+/-0.08
CFB	COLZA	AUTOMNE	0.30	+/-0.13	0.22	+/-0.09	0.05	+/-0.02	8	0.10 (6 réf)	+/-0.08
CFPO	BLE	AUTOMNE	0.07	+/-0.03	0.26	+/-0.01	0.14	+/-0.01	4		
CFVO	BLE	AUTOMNE	0.14	+/-0.04	0.15	0	0.06	+/-0.01	8		
FBD	BLE	AUTOMNE	0.14	+/-0.07	0.19	+/-0.02	0.11	+/-0.01	18		
FBD	COLZA	AUTOMNE	0.28	+/-0.10	0.19	+/-0.04	0.05	+/-0.01	6	FB = 0.18 (6 réf)	+/-0.35
FBP	BLE	AUTOMNE	0.09	+/-0.06	0.02	0	0.18	+/-0.1	3		
FBP	COLZA	AUTOMNE	0.42	+/-0.11	0.08	0	0.05	0	2		
FPO	BLE	AUTOMNE	0.11	+/-0.06	0.20	+/-0.01	0.11	+/-0.01	4		
FUV	BLE	AUTOMNE	0.23	+/-0.05	0.35	+/-0.02	0.16	+/-0.02	13	0.19* (6 réf)	+/-0.20
FUV	COLZA	AUTOMNE	0.57	+/-0.15	0.37	+/-0.12	0.05	0	4	0.19 (6 réf)	+/-0.20
LPO	BLE	AUTOMNE	0.33	+/-0.19	0.51	+/-0.01	0.03	+/-0.01	17	0* (6 réf)	+/-0.35
LPO	COLZA	AUTOMNE	0.35	+/-0.38	0.51	+/-0.03	0	0	5	0 (6 réf)	+/-0.35
LPO	MAIS	AUTOMNE	0.41	+/-0.04	0.55	0	0.05	0.03	2		

Les essais portent principalement sur 2 cultures : blé et colza. Pour les apports d'automne les écarts entre les 2 approches sont supérieurs, mais des explications existent :

- Les simulations AzoFert® sur apports d'automne représentent un potentiel de minéralisation du PRO (non prise en compte des pertes par lixiviation et volatilisation sur automne-hiver)
- Pas ou peu de données sur keqN bilan essais
- Attention classification FBD / FBP et faible échantillon de situations
- Pour les essais avec faible réponse à l'ammonitrate, d'où CAU faible (et keqN > 1), utilisation de CAU Ammo standards

On note donc une cohérence des 2 approches pour des effets à court terme (apport au printemps). Pour des produits nouveaux, sans données expérimentale, une approche par simulation des cinétiques de minéralisation paraît pertinente.

Une étude complémentaire analogue est en cours sur 5 zones géographiques (zone Nord (Roupy 02), zone Ouest (Plomelin 29), zone Est (Colmar 68), zone Centre (Bricy 45), zone Sud (Toulouse 31) avec 1 climat moyen et 2 climats contrastés, 3 cultures concernées (blé, maïs et betterave) et pour 10 PRO (CDV, CFB, CFI, FBD,FBP, FIV, FUV, LB, LPO, VINA)

### 3) Intérêts de régionaliser les tables de Keq, Marion Bouviala (COMIFER)

Suite à la publication des tables de KeqN des PRO dans la mise à jour 2013 du Guide COMIFER du calcul de la fertilisation azotée, une question revient fréquemment : doit-on proposer des tables régionalisées de Keq des différents PRO pour intégrer un éventuel effet régional ? Les simulations réalisées ont pour but de mettre en évidence la variabilité de

minéralisation des PRO selon le contexte pédoclimatique. Il est mis en évidence une différence de minéralisation selon un axe Nord-Est / Sud-Ouest. Les Keq en revanche ne montrent pas de répartition géographique franche. Il est cependant possible de modéliser les Keq de PRO à minéralisation rapide grâce à des équations intégrant des données météo facilement accessibles : pluie, température,...

#### 4) Impact de l'apport de PRO réalisé sur cultures intermédiaires (CI), Marion Bouviala (COMIFER)

La 2e partie des analyses étudie l'impact d'apport de PRO sur des cultures intermédiaires. Différentes variables sont analysées : les CAU, la minéralisation, la lixiviation des nitrates,

2 scénarios sont comparés : avec ou sans apport de PRO avant implantation de la CI (sol nu après la CI) avec les hypothèses suivantes :

–Reliquat initial : 30 kgN/ha sur 0-90 cm

–Précédent : blé pailles enlevées, 1 tMS/ha apporté en début de simulation (C/N 80), sur un travail du sol associé de 7 cm

–CI : moutarde, semis 8 août, levée 15 août, destruction 1er décembre par labour de 25 cm

–PRO : Fumiers apportés la veille du semis de la CI (7 août), incorporation en surface, à 174 kgN/ha soit :

- Fumier de bovin : dose 30 t/ha de produit brut dont 30 kg N-NH<sub>4</sub>/ha

- Fumier de volailles : 6.2 t/ha de produit brut dont 43.4 kg N-NH<sub>4</sub>/ha

Les simulations montrent qu'à l'automne, Les niveaux moyens de minéralisation sont très différents entre produits (environ 20 kgN/ha pour F<sub>bmax</sub>, 4 pour F<sub>bmin</sub>, 55 pour f<sub>vmax</sub> et 40 pour f<sub>vmin</sub>). La variabilité de minéralisation de ces produits entre les sites est très faible : moins de 3 kgN/ha sur la moyenne France entière. Ceci est encore plus vrai sur les fumiers de volailles, où l'écart-type moyen est de 1 kgN/ha.

La minéralisation de printemps dépend fortement des PRO étudiés. les FBO minéralisent une vingtaine d'unités d'azote avec peu d'écart entre les sites, les FVO minéralisent de 5 à 7 unités mais avec des différences entre sites et années plus fortes.

On note également peu de variabilité dans les CAU, quel que soit le produit étudié (écart-type des CAU < 0.07). Peu d'impact du type de produit sur la lixiviation des nitrates, et qu'il est difficile d'estimer le potentiel d'absorption de la CI à partir des fournitures de N par les PRO.

Philippe Eveillard, Président du COMIFER prend la parole en fin de matinée pour rappeler que les travaux du matin sont issus du travail mené conjointement par le RMT fertilisation et environnement et par le COMIFER afin d'accompagner l'évolution de l'application de la Directive nitrates en France. C'est une approche agronomique qui a été retenue, le COMIFER s'en réjouit, et met tout en œuvre pour aider à la rendre opérationnelle.

Un sujet très important est également travaillé (par Prune Rosengarten et par Marion Bouviala) et il concerne la reconnaissance des outils de calcul de dose d'azote prévisionnelle. Une réunion qui a eu lieu le 19 février 2014, avec les ministères concernés, a permis

d'aboutir à la mise en place d'une troisième convention entre le RMT FetE, le COMIFER et les ministères afin d'accompagner ce travail.

## **5) Présentation du réseau Mh breton, dispositif et méthodologie expérimentale, aperçu des premiers résultats, approche des variables explicatives de la minéralisation, Yvon Lambert (CRA Bretagne)**

En Bretagne, la présence simultanée de nombreuses filières d'élevage, de sols souvent filtrants et d'un réseau hydrographique dense de surface rend le contexte environnemental de la région particulièrement sensible sur le thème de la fertilisation des cultures.

Les fournitures d'azote par minéralisation du stock de matière organique humifiée du sol, intitulé Mh dans l'équation du bilan, est le plus important comparativement aux autres postes du bilan. Il peut varier du simple au double (100 à 200 kg N/ha/an) et il est aussi le moins bien estimé dans les outils de calcul de la fertilisation azotée. Le terme Mh dépend des caractéristiques des sols et du régime de restitutions ou apports organiques pratiqué sur le long terme.

Le dispositif expérimental « Mh » présenté ici vise à établir des références sur ce poste des fournitures d'azote par minéralisation de l'humus du sol afin d'améliorer la précision des outils de conseil de la fertilisation azotée. Le principe du dispositif est le suivant : des parcelles expérimentales sont cultivées en maïs sans aucun fertilisant pendant 5 ans afin d'annuler, au bout de 2 à 3 années, certains postes de l'équation du bilan. Le terme Mh est estimé in situ en mesurant la quantité d'azote exporté par récolte du maïs. Des bilans azotés sont réalisés chaque année pour s'affranchir des variations de stock d'azote dans le sol ou d'éventuelles quantités d'azote lessivées pendant la période de végétation du maïs.

Mis en place à partir de 2010, le réseau est constitué de 140 parcelles réparties sur l'ensemble du territoire breton. Ce dispositif est ainsi, à la fois représentatif des conditions pédoclimatiques de la Région mais aussi des différents systèmes de production rencontrés en Bretagne.

Le dispositif repose sur 2 types de parcelles :

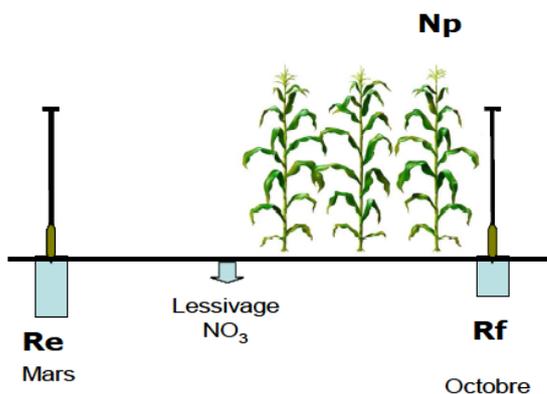
- **Les parcelles de référence** n'ayant pas reçu de fumier ou lisier depuis au moins 10 ans et conduites uniquement en fertilisation minérale. Les différences de minéralisation observées sur ces parcelles sont alors essentiellement liées à l'effet « sol » à travers ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.
- **Les parcelles systèmes** ont reçu des effluents organiques en fréquences et quantités plus ou moins fortes. Elles ont pu être également implantées en prairies « longue durée ». Elles cumulent donc l'effet « sol » observé dans la parcelle de référence ci-dessus et l'effet « système » de production lié à l'historique de fertilisation et de rotation des cultures. Comparées aux parcelles de référence, elles doivent permettre d'estimer comment les pratiques agricoles impactent, sur le long terme, le flux de minéralisation du sol. C'est l'effet « système ».

Une parcelle de référence est régulièrement associée à deux parcelles systèmes sur un même lieu géographique et avec des types de sol les plus homogènes possibles, formant ainsi une « Triplette »

Sur chaque parcelle le flux de minéralisation nette est mesuré à partir du calcul de bilans azotés annuels. Ces bilans ne permettent pas d'accéder la première année à la valeur de Mh car ils intègrent les effets résiduels de l'historique proche des parcelles. Ce n'est qu'à partir de la 3ème année que la minéralisation nette mesurée constitue un bon estimateur du flux Mh.

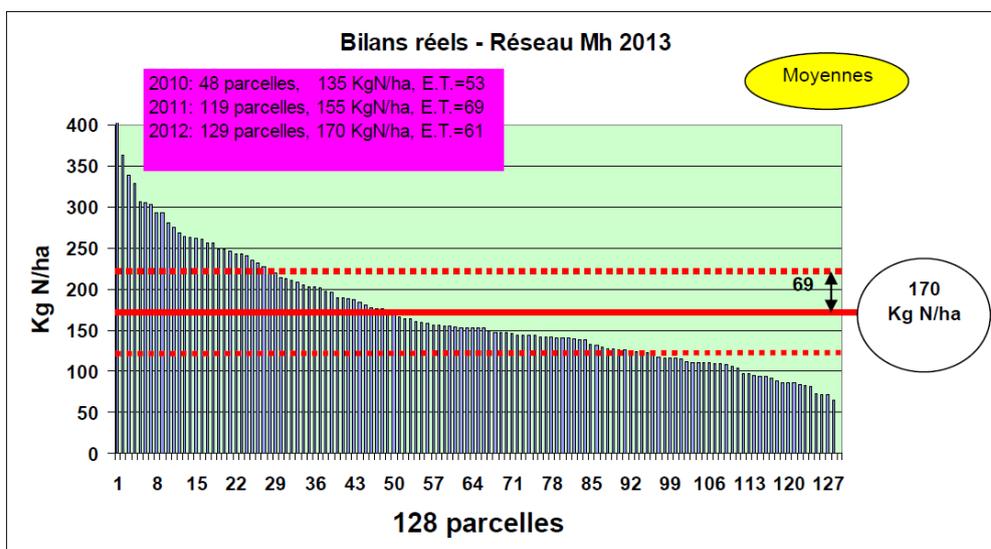
Le flux de minéralisation est ensuite converti en vitesse potentielle de minéralisation des sols (Vp) par l'utilisation de l'outil Stics permettant de modéliser l'effet climat (calcul du temps normalisé).

- **Bilan azoté sous culture non fertilisée – 4 années consécutives**



- $Mn [Ri;Rf] = (Rf - Ri) + Pf + L$
- Variable d'intérêt = Vp
- Approche modèle (STICS) pour normaliser le temps et estimer le lessivage

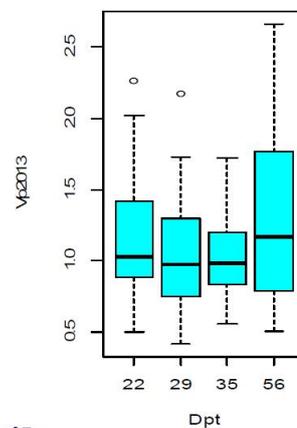
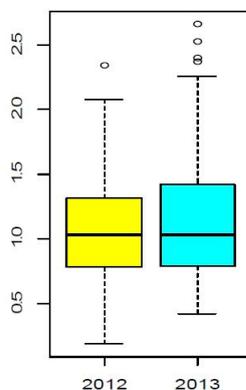
### Bilans réels – Réseau Mh 2013



La vitesse potentielle de minéralisation des sols (Vp)

Ces flux de minéralisation mesurent des quantités d'azote fournies par la matière organique du sol sur la période comprise entre les deux dates de reliquats. En divisant les valeurs de ces flux par le nombre de jours calendaires qui se sont écoulés entre les deux dates de reliquats, nous obtenons des vitesses de minéralisation ( $V_m$ ) exprimées en Kg N/ha/jour calendaire. Ces flux ou vitesses de minéralisation, sont largement dépendants des conditions climatiques de l'année. Une variable permet de s'en affranchir il s'agit de la vitesse potentielle de minéralisation ( $V_p$ ), exprimée en KgN minéralisé/ha/jour normalisé avec un jour normalisé correspondant par convention à un jour où l'humidité du sol est en permanence à la capacité au champ (réserve pleine) et à la température de 15°C. Le nombre de jours normalisés est calculé par modélisation (STICS). Les résultats du dispositif Mh peuvent ainsi être comparés d'une année sur l'autre.

## Vp 2012 et 2013



**Forte minéralisation des sols de l'Ouest, mais cohérente avec la gamme issue de Valé (2006) :**

[0.21 ; 1.62 kg N/Jn]  
 Vp moy : 0.89 kg N/Jn  
 sur parcelles Nord  
 France

**Médiane : 1.03 kg N/ha/Jn**



L'analyse des vitesses potentielles de minéralisation obtenues permet de faire ressortir :

- un effet « sol » prépondérant avec un facteur de variation observé sur les  $V_p$  de l'ordre de 3. L'écart type important des valeurs de  $V_p$  que ce soit pour les parcelles « références » ou les parcelles « systèmes », traduit cette variabilité,
- un effet « système » qui correspond à l'impact sur le long terme des pratiques agricoles sur le flux de minéralisation du sol. La valeur médiane des  $V_p$  des parcelles « systèmes » est en effet plus élevée que celle des parcelles « références ». Cet effet « système » est cependant de moindre importance que l'effet « sol ».

Ces premiers résultats provisoires viennent conforter les hypothèses de travail de départ et illustrent bien la nécessité de mieux documenter la fourniture d'azote par le sol.

L'objectif scientifique réside bien dans l'amélioration de la connaissance sur les différents facteurs de variation de la minéralisation des MO humifiées du sol.

L'objectif opérationnel consistera, à partir de ses nouvelles connaissances, à les intégrer dans des outils d'aide à la décision simples et accessibles aux agriculteurs pour le calcul de leur fertilisation azotée.

Programme 2014 – 2015, les principaux axes de travail :

- Recherche des variables explicatives
- Analyses multivariées :
  - tester la pertinence des variables du Comifer.
  - typologie de situations (variables + indicateurs)
- Tests de laboratoires simples pour la recherche d'indicateurs.
- Poursuite de l'acquisition de données sur les sols de la campagne 2013 – caractérisation fine de la MO.
- En parallèle, un travail important de paramétrage du modèle Stics pour le calcul du nombre de jours normalisés.

Arrivée d'un Post Doc pour une mission d'un an.

## **6) Prise en compte de l'historique organique sur la minéralisation Mh et le calcul de Fsys (CASDAR gestion durable des sols), Robert Trochard (Arvalis), Alain Bouthier (Arvalis)**

Cette présentation est issue d'une synthèse de résultats d'essais de longue durée réalisée dans le cadre d'un projet CASDAR, « gestion durable des sols avec des produits organiques issus d'élevages », où ont collaboré ARVALIS-Institut du Végétal, INRA, Institut de l'Élevage, Chambres d'Agriculture de Bretagne, Chambres d'Agriculture de Loire- Atlantique, du Cher, de la Creuse, de la Haute-Vienne et de l'Indre, et d'une analyse de ces mêmes données dans le cadre d'un projet CASDAR « Réseau PRO » avec le soutien financier du ministère de l'agriculture et de la pêche

La recherche de références sur la valeur fertilisante des PRO a surtout porté sur l'évaluation des effets à court terme (année de l'apport). Les effets à moyen et long terme sont encore mal quantifiés car les références issues d'expérimentations sont rares.

La méthode du bilan de masse du COMIFER pour le calcul prévisionnel de la dose d'azote à apporter à une culture propose d'estimer l'azote minéral issu de la minéralisation de la matière organique par la formule suivante :

$$Mh = TNorg \times Km \times JN$$

Avec Mh (Kg N/ha)

$Tnorg = \text{teneur} \times \text{profondeur} \times \text{d.a.} \times (1 - \% \text{vol cailloux}) = \text{stock d'azote organique du sol}$

$Km = Km \text{ standard} \times F_{\text{sys}} = \text{vitesse de minéralisation (KG d'N/t d'N organique/JN)}$

JN = nb de jours normalisés pour la minéralisation depuis le RSH jusqu'à la fin de l'absorption par la plante.

Dans ce calcul la vitesse de minéralisation suppose que la fraction active du stock d'azote organique du sol représente 35% du stock total d'azote organique. Dans le cas d'apports répétés de PRO, le Fsys vient moduler la proportion de la fraction active de la MO.

Fsyst proposé actuellement dans la brochure azote du COMIFER :

Fsyst

Fréquence des apports organiques exogènes et type de produit									
	Jamais	5-10 ans		3-4 ans		1-2 ans		Facteurs multiplicateurs en +	
Résidus de récolte		A	BC	A	BC	A	BC	Retour-prairie	CI
Enlevés-brûlés	0,80	0,95	0,90	1,00	0,95	1,05	1,00	1,1	En cours d'étude
Enfouis 1/2	0,90	1,00	0,95	1,05	1,00	1,10	1,02	1,1	
Enfouis 1/1	1,00	1,05	1,00	1,10	1,02	1,20	1,05	1,1	

Types de produits : A = fumiers et composts (décomposition lente) ; B et C = autres, ainsi que les fumiers de volaille (décomposition rapide). Dans le cas où plusieurs types de produits sont apportés (des A et des BC), alors on privilégie les types A. CI = couverts intermédiaires.

**Tableau 2 :** Valeurs du facteur système Fsyst selon différents systèmes de cultures.

Des essais longue durée (10-20 ans) initialement mis en place pour étudier les effets azote court terme d'apport de PRO ont été valorisés pour l'étude des effets à long terme. (Essais Arvalis, INRA et CA Bretagne).

Il a été simulé l'évolution temporelle du Fsyst pour confronter les valeurs obtenues avec celles proposées dans la méthode COMIFER .

1ere étape :

Stock de C et N dans l'horizon 0-25cm

- Carbone restitué chaque année par les résidus de culture
- Parties aériennes et racinaires
- Avec mesures de plantes disponibles
- Méthodes d'estimation d'AMG

- Carbone apporté par les PRO

2ieme étape : approche de l'évolution du stock de C par AMG

3ieme étape : modélisation de Fsyst

En prenant pour hypothèse que ce C/N est égal au C/N de la MO minéralisée en incubation  
 $C/N \text{ de la fraction active} = (C \text{ minéralisé en incubation pendant } X \text{ jours de labo}) / (N \text{ minéralisé en incubation pendant } X \text{ jours de labo})$

Stock actif N = (stock actif C) / (C/N fraction active)

stock total N = mesure en fin d'essai

$Fsyst = (\text{Stock actif N} / \text{stock total N}) / 0.35$

$Fsyst = \% \text{stock N actif} / 35\%$

Résultats :

Fsyst des traitements Min et Fumier Bovin FB

### Traitement Min

Gestion de la matière organique :

- Résidus de culture enlevés
- Aucun apport de PRO
- Au minimum 10 ans

Fsyst COMIFER = 0.8

### Traitement FB

Gestion de la matière organique :

- Résidus de culture enlevés
- Apport de PRO de type A
- Fréquence d'apport : tous les 1-2 ans
- Au minimum 10 ans

Fsyst COMIFER = 1.05

Fsyst calculé en fin d'essai

Essai (durée de simulation, nombre)	Traitement	Fsyst fin d'essai	$\Delta$ Fsyst PRO - MIN	$\Delta$ Fsyst COMIFER
LAJA2 (14 ans, 9 apports de PRO)	CFB	0.72	0.03	0.25
	CFP	0.74	0.04	0.25
	CFV	0.65	-0.04	0.2
	FB	0.79	0.1	0.25
	FP	0.81	0.11	0.25
	FV	0.7	0.01	0.2
	Min	0.69		
CHNO (11 ans, 7 apports de PRO)	LP	0.83	0.16	0.25
	CFB	1.18	0.5	0.25
	FB	1.13	0.46	0.25
	Min	0.68		
CREC3 (22ans, 11apports de PRO)	FB1	0.42	0.15	0.25
	FB2	0.51	0.24	0.25
	Min	0.27		
FEU (8ans, 6 apports de PRO)	FB1	1.45	0.22	0.25
	FB2	1.43	0.2	0.25
	Min	1.23		

La correction du stock actif par le facteur Fsyst illustre la vision conceptuelle de l'impact du régime de restitutions organiques (résidus de cultures, PRO) sur le stock actif lorsque le bilan humique de la parcelle est à l'équilibre initialement.

Cette correction repose sur l'hypothèse d'un stock actif d'N égal à 35% du stock total lorsque les résidus de cultures sont restitués au sol et qu'il n'y a pas d'apport de PRO

Le stock actif n'est pas toujours à l'équilibre

Le stock actif n'est pas systématiquement égal à 35% du stock total d'azote lorsque les résidus de cultures sont restitués et sans apport de PRO

Le stock actif à un moment donné est lié :

A un bilan humique ancien (ancien retournement de prairies, importance des restitutions)

Au bilan humique récent (restitutions des cultures, apports de PRO)

Son évolution est liée à l'écart entre le bilan humique ancien et le bilan humique récent.

Piste à explorer : Calcul du stock actif

Stock actif (T N/ha) =  $V_p \text{ sol nu} / V_p \text{ COMIFER}$

$V_p \text{ sol nu}$  (kg de N minéralisé par jour normalisé) =  $V_p$  calculée avec Lixim dans les sols nus suivis durant 1 année après 1 ou 2 cultures sans apport de PRO dans des parcelles ayant reçu ou non des PRO pendant 10 à 20 ans

$V_p \text{ Comifer}$  (Kg de N minéralisé par jour normalisé et par tonne de stock N actif) =  $K_m \text{ standard} / 0.35$

( $V_p$  = vitesse de minéralisation)

Travail sur 2 jeux de données permettant une approche du stock actif en fonction :

Du stock d'azote 0-25

De la restitution moyenne annuelle de C par les parties aériennes et racinaires (0-25cm) des cultures au cours de 10 années précédentes

De la restitution moyenne annuelle de C par les PRO au cours des 10 années précédentes

Un élargissement des jeux de données permettrait d'affiner cette approche.

## 7) Divers :

Table des valeurs d'exportation en azote :

Il est rappelé la mise en ligne des tables de teneurs en azote des végétaux permettant le calcul des exportations moyennes par les cultures. 2 documents existent, un document synthétique donnant les valeurs et leurs conditions d'utilisations et un document méthodologique décrivant les origines de ces valeurs, les hypothèses de calcul retenues et le cas échéant la variabilité associée.

Le groupe PRO du COMIFER :

Animateurs : Mathilde HEURTAUX (ACTA), Nathalie DAMAY (LDAR), Alain BOUTHIER (ARVALIS)

Le groupe RAPONA (Recyclage en Agriculture des produits d'Origine Non Agricole) a fonctionné de 1997 à 2002, puis en 2007 ce groupe a évolué vers le groupe PRO du COMIFER en étendant ses travaux à l'ensemble des PRO valorisés en agriculture.

La transversalité e ce sujet, le manque de lisibilité des travaux et avancées réalisées sur ce sujet à motiver la création de ce groupe.

Les travaux ont lieux en commun (25 à 35 participants) ou en sous-groupes thématiques et l'on peut citer :

Co organisation d'un colloque avec Académie d'Agriculture le 17 mars 2009, contribution à rédaction brochure et à l'étude période d'épandage, sous-groupe inventaire documentaire sur les PRO , contribution de membres du groupe PRO aux chapitres sur les PRO de la brochure azote du COMIFER, 2011 et 2013 (Tableau de composition, Tableau des Keq), contribution de membres du groupe PRO à l'étude période d'épandage: janvier-juin 2012.

Actuellement le groupe travail sur un projet de base de références documentaires sur les PRO.

Afin de tendre vers une meilleure maitrise et valorisation de la grande diversité des PRO, un inventaire des documents techniques sur le PRO est réalisé. La base crée par Arvalis (JM Bodet) en 2007 a été complétée en 2010 et recense aujourd'hui 70 à 80 documents.

Le groupe PRO souhaite créer une base documentaire pour mettre ces documents à disposition d'un large public sur le site du COMIFER.

La prochaine réunion du groupe azote du COMIFER aura lieu fin octobre début novembre 2014 à l'immeuble Le Diamant à la Défense à Puteaux.