

## Allocation au sein des successions culturales : état des lieux et tests avec jeux de données

Présentation de travaux sur les allocations effectués à ARVALIS dans le  
cadre de la démarche exploratoire CASDAR « ACV et fertilisation »  
initiée par l'ACTA en partenariat avec ARVALIS – Institut du Végétal et  
Irstea

Atelier du RMT Elevage et Environnement

Alice Gueudet  
Atelier RMT E&E  
25/05/2012

Pour mémoire ACTA, le réseau des instituts des filières animales et végétales, représente :

- 16 instituts techniques agricoles qualifiés dont l'ACTA tête du réseau.
- Les outils professionnels de recherche appliquée et de transfert technologique au service des filières agricoles.
- Une forte présence sur le territoire national avec près de 200 implantations en région.
- Une force de 1115 ingénieurs et techniciens.
- Un budget de 180 millions d'euros en 2009 dédiés à la recherche agricole appliquée.

## Plan de la présentation

### Partie I : Présentation de la démarche

- Contexte et objectifs
- Méthode globale
- Méthode utilisée pour mettre en place les simulations

### Partie II : Synthèse des travaux par thématique

- 1 - Allocation liée à l'apport de phosphore ;
- 2 - Allocation liée au lessivage de l'azote ;
- 3 - Allocation liée à l'azote provenant des résidus de culture ;
- 4 - Allocation liée à l'apport d'azote par la fumure organique

### Chacune de ces thématiques traiteront les points suivants :

- présentation (contexte, problèmes rencontrés en ACV, impacts mis en jeux)
- propositions de la bibliographie en termes de règles d'allocation
- hypothèses et méthodes pour le test des règles d'allocation
- résultats des tests
- vers des recommandations en matière d'allocation



## Partie I : Présentation de la démarche



## Le projet

### Action exploratoire CASDAR « ACV et fertilisation »

Déroulement sur 12 mois divisés en 2 phases :

#### 1 - Mi-octobre 2011 à mi-avril 2012 : ARVALIS (Boigneville)

Analyser les résultats d'ACV de produits agricoles ou d'opérations culturales, en considérant le poste fertilisation et au regard du choix des éléments méthodologiques pouvant être considérés comme des points critiques en ACV (état des lieux et simulations)

#### 2 - Mi-avril à mi-octobre 2012 : Irstea (Montoldre)

Synthétiser les données technologiques collectées au cours des différents projets et essais menés par Irstea (ex-Cemagref)

Analyser la variabilité des données d'entrée (paramètres machine) et son effet sur la sensibilité des résultats finaux (ex : émissions) → lier performances environnementales et technologiques

→ Des recommandations et des pistes d'amélioration d'un point de vue recherche et opérationnel



## Contexte

Allocation ou substitution pour répondre à certains problèmes en ACV

Allocation (norme ACV ISO 14040) : méthode choisie

Grande question car laisse l'utilisateur face à plusieurs choix de méthodes et ces choix peuvent avoir un impact sur les résultats finaux

En agriculture : présence d'éléments fertilisants dans le système sol-culture

- apportés à la culture (engrais)
- produits et restitués par celle-ci (résidus)

qui entrent en jeu dans la fertilisation des cultures et induisent des émissions contribuant à plusieurs impacts caractérisés

Quand l'échelle de l'étude est la culture, des questions se posent car :

- le raisonnement des apports sur la succession culturale,
- les caractéristiques des sources d'éléments fertilisants (cinétiques de minéralisation, mobilité...)

font que ces éléments peuvent être présents dans le système à plus grande échelle (rotation).



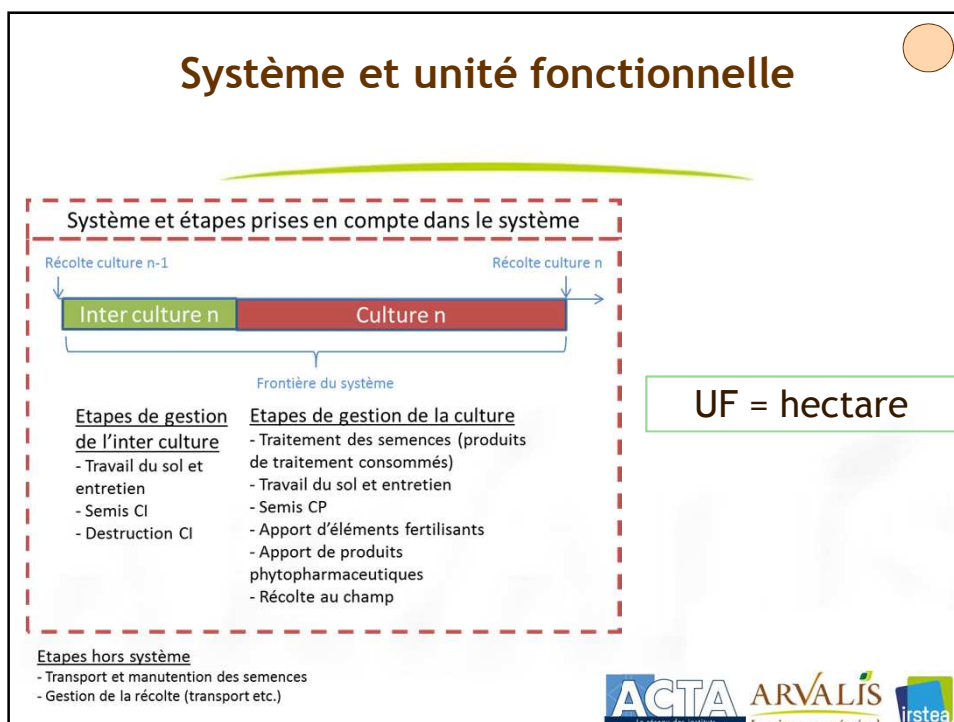
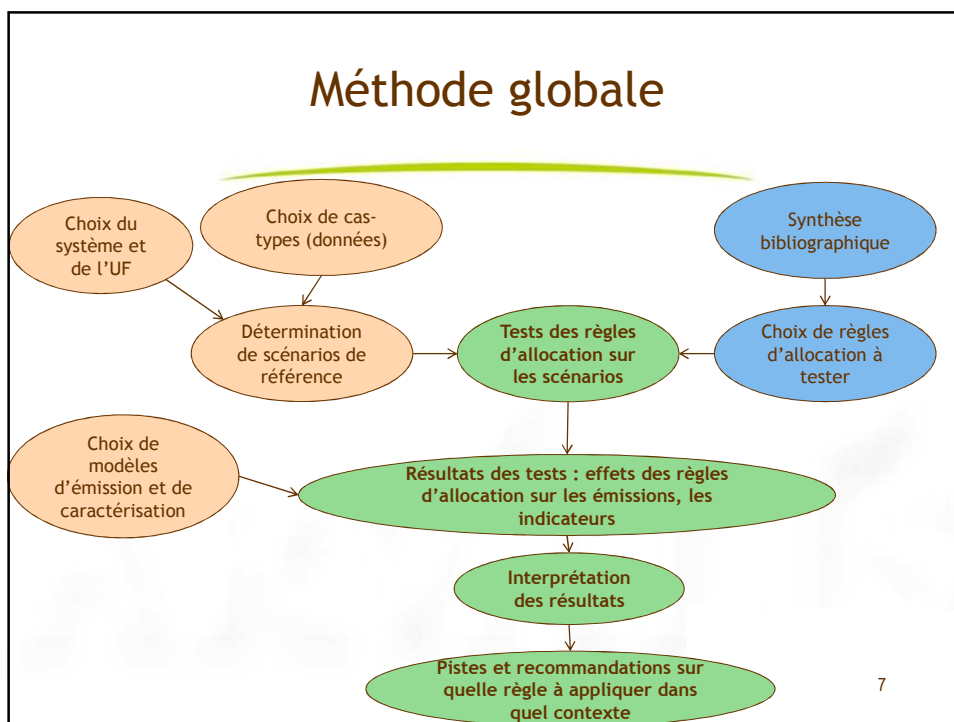
## Objectifs

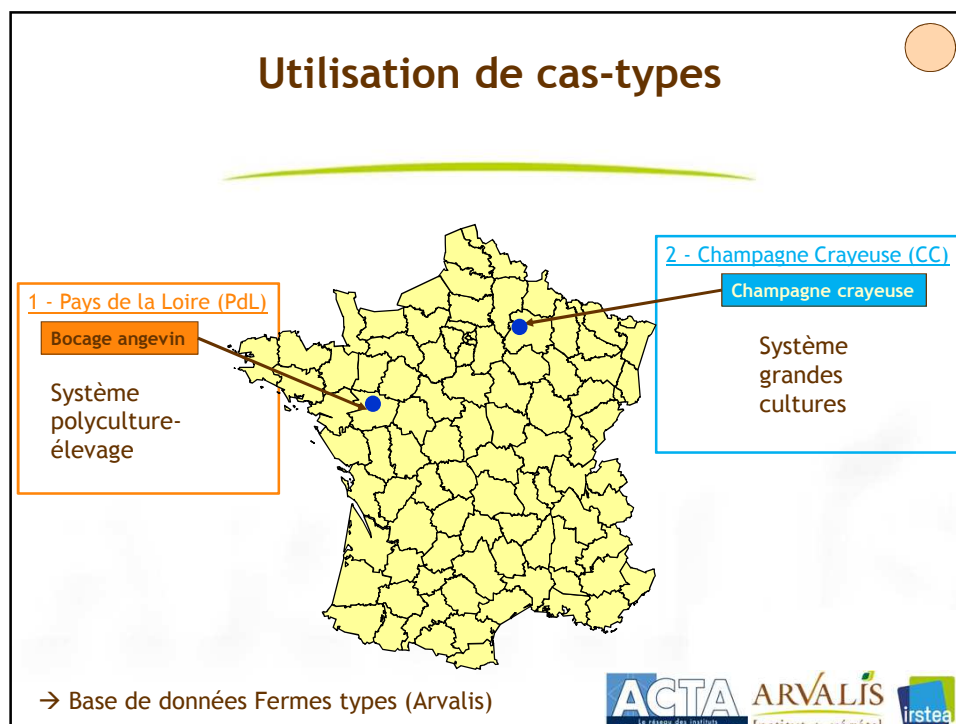
Sans allocation, une culture peut supporter tous les impacts → est-ce juste ?

Objectifs de ce travail :

- faire un état des lieux sur la question des allocations liées à la fertilisation en ACV (recherche bibliographique sur des travaux en ACV agricole)
- utiliser des jeux de données pour mettre en place des cas-types afin de tester différentes règles d'allocation et essayer de déduire les règles les plus pertinentes en fonction du contexte de l'étude (échelle, périmètre du système, disponibilité en données)
- identifier des pistes et des recommandations d'un point de vue pratique







## 1 - PdL: description du cas-type

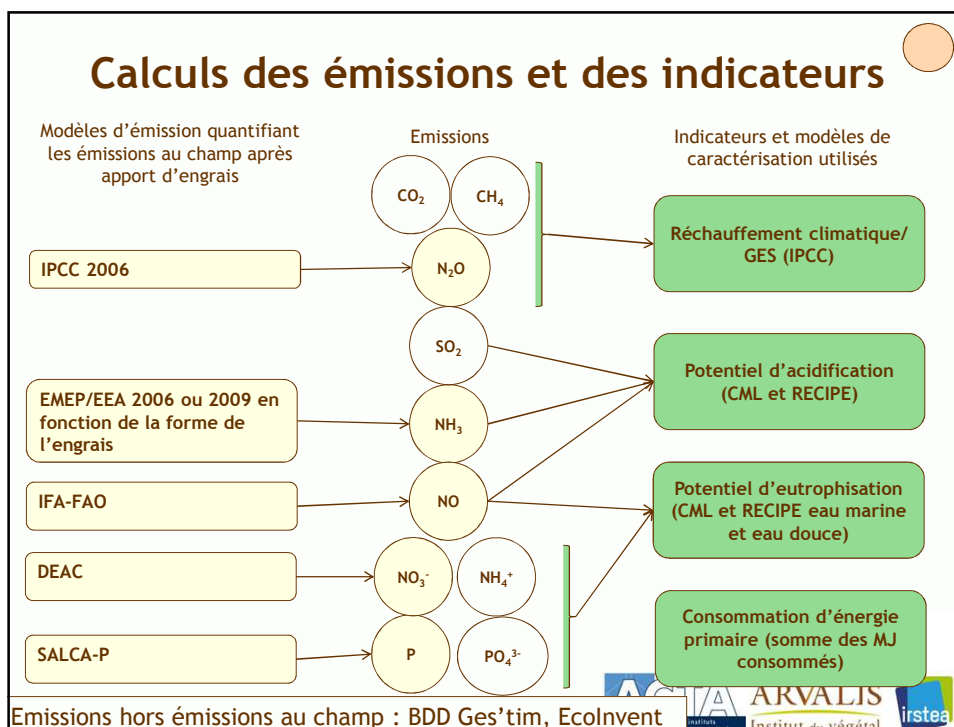
CAS-TYPE	Pays de la Loire	Sources
Département	Loire-Atlantique	Systerre
Bassin de production	Bocage de l'Ouest	Systerre
Petite-région agricole	Bocage angevin	Systerre
Type de sol	Limoneux sur schistes tendres (PL 0063000) = limon sur schiste	BDD sol Arvalis
Station météo	Site de La Jaillère – proche Angers	BDD météo Arvalis
Rotation	Maïs fourrage - Blé tendre d'hiver	Systerre

Mois de l'année	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
type d'apport	sol nu						lisier			AN			sol nu			Blé tendre d'hiver						AN			AN	
Kg N (P205 - K20)							60 (40,8-129)			67						100						40				

Logos: ACTA, ARVALIS Institut de végétal, irstea





## Partie II : Travaux par thématique

- 1 - Allocation du phosphore apporté
- 2 - Allocation de l'azote lessivé
- 3 - Allocation de l'azote produit par les résidus
- 4 - Allocation de l'azote de la fumure organique

# 1 - Phosphore : contexte

## Particularités du PK :

- La plante absorbe peu le PK du fertilisant-intrant, mais surtout le PK du sol (dont les réserves résultent de l'historique des pratiques)
- La plante peut recevoir une quantité PK supérieure à ses besoins lors :
  - d'apports organiques quand le raisonnement se fait sur l'azote,
  - d'apports bloqués en tête de rotation, en particulier sur une culture exigeante, quand le raisonnement se fait sur l'ensemble de la rotation
- Peu de données sur les pratiques des agriculteurs en terme de blocage des apports sur des têtes de rotation

Discussion avec les membres du groupe Comifer PKMg en mars



# 1 - Phosphore : enjeux et contexte en ACV

Intrants / émissions pris en compte	Indicateurs ACV concernés
Conso de carburant	épuiement des ressources fossiles, émissions GES
Conso d'engrais minéraux	conso Eie et émissions pour extraire et transformer les engrais, épuiement des ressources PK minérales
Apport d'ETM via les apports minéraux et organiques	écotoxicité
Flux de P dans eau lié aux apports minéraux et organiques	eutrophisation

L'impact de l'apport de la fumure phosphatée est supporté à 100% par la culture qui le reçoit alors qu'il est dans certains cas raisonné sur l'ensemble de la rotation et vise à compléter le stock P du sol.





1 - Phosphore : bibliographie			
Modes d'allocation	Références bibliographiques proposant cette règle	Impacts estimés proportionnels à la dose P apportée (ex : énergie + GES lors de la production des engrais)	Impacts non proportionnellement corrélés à la dose de P (ex : pertes de P dans l'eau, carburant pour épandre)
L'apport/impact réalisé directement à la culture	[référence : sans allocation]	Pénalise les cultures en tête d'assolement	(apport) Cohérence avec certains modèles estimant des quantités en fonction des apports (Plix, ETM)
L'apport basé sur les exportations des cultures	Brenttrup 2003	Faux dans le cas d'un apport organique mais prend en compte un « capital PK » du sol (bien dans le cas d'une impasse)	(apport) Pas de cohérence avec certains modèles estimant des quantités en fonction des apports (Plix, ETM)
L'apport/impact réalloué entre les cultures d'une rotation sur la base des exportations	GES'TIM 2006 (impact)	Apports pris en compte sans pénaliser une culture en tête de rotation. Mais ne prend pas en compte les exigences des cultures	
L'apport/impact réalloué entre les cultures d'une rotation sur la base des doses préconisées	Audsley 2003 (impact), Blonk et al. 2010 (apport)	Apport et exigence des cultures pris en compte sans pénaliser une culture en tête de rotation	
Le surplus reçu par une culture exigeante réalloué entre les cultures d'une rotation sur la base des exportations	Williams et al. 2006	Apport et exigence des cultures pris en compte sans pénaliser une culture en tête de rotation Mais ne prend pas en compte un apport en excès sur des cultures moins exigeantes (apport orga)	

## 1 - Phosphore : méthode

Choix des règles à tester :

- Allocation de la dose P205
- Allocation des émissions
- Allocation du surplus P205

Que doit-on allouer ?

Pour chacun des points précédents :

- Au prorata des exportations (Comifer 2009)
- Au prorata des doses préconisées (Comifer 2009), hypothèses de richesse du sol

Comment doit-on l'allouer ?

Au préalable :

- Identification des étapes liées à l'engrais P les plus contributrices et donc les indicateurs étudiés les plus « touchés »
- Quantification du poids de ces étapes dans les indicateurs finaux

Quel indicateur doit-on observer ?

## 1 - Phosphore : méthode

Etapes contributrices	Indicateurs étudiés concernés	L'étape à un impact significatif pour ces indicateurs	Poids de l'étape pour ces indicateurs
Production de l'engrais TSP	GES, Energie primaire, acidification, eutrophisation	Eutrophisation (CML et RECIPE eau douce)	7% (CML) 26% (RECIPE eau douce) - cas-type Champagne Crayeuse
Apport d'engrais TSP au champ	GES, Energie primaire, acidification, eutrophisation	Eutrophisation (CML et RECIPE eau douce)	6 à 16% (CML) 57 à 86% (RECIPE eau douce)

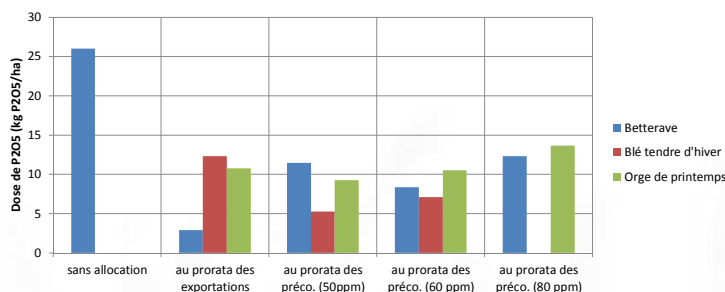
Regarder l'effet des règles d'allocation testées pour les deux étapes identifiées comme les plus contributrices sur les indicateurs eutrophisation CML et RECIPE eau douce



## 1 - Phosphore : résultats (dose)

Cas-type Champagne Crayeuse

Allocation de la dose P2O5 apportée

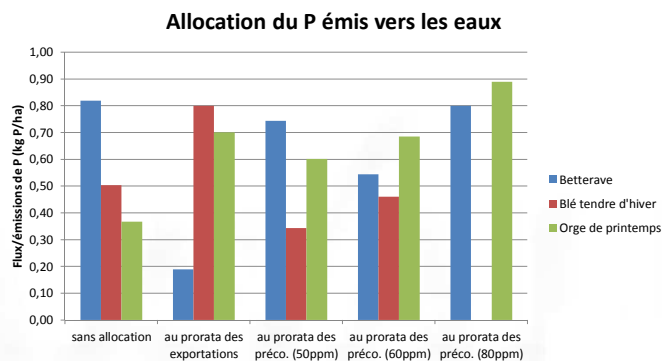


50, 60 et 80 ppm : hypothèses de richesse du sol pour le cas-type Champagne Crayeuse



## 1 - Phosphore : résultats (émissions de P)

Cas-type Champagne Crayeuse, sur les émissions de P au champ uniquement ici  
Valeurs données par la méthode SALCA-P dans le cas sans allocation



## 1 - Phosphore : résultats (surplus)

Dans certaines situations, les quantités de P2O5 exportées sont plus importantes ou égales aux quantités apportées.

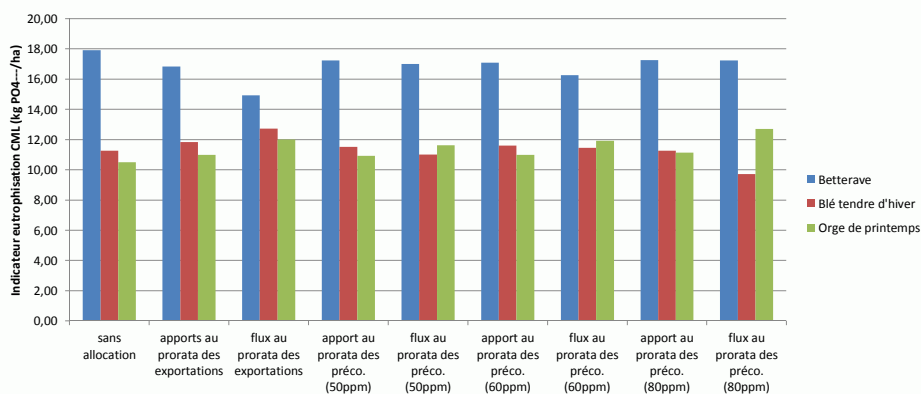
Ex : pour le cas-type Pays de la Loire, le maïs fourrage en tête de rotation exportait 44 kg de P2O5/ha et recevait 40 kg de P2O5/ha.

→ La règle ne pouvant pas s'appliquer dans tous les cas, elle a été écartée.



# 1 - Phosphore : résultats (eutrophisation)

Indicateur eutrophisation CML par culture

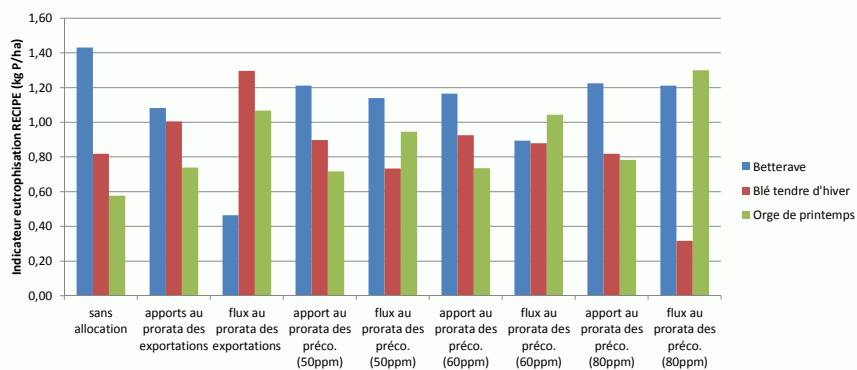


Après allocation sur les étapes de production du TSP et l'étape apport au champ



# 1 - Phosphore : résultats (eutrophisation)

Indicateur eutrophisation RECIPE eau douce par culture

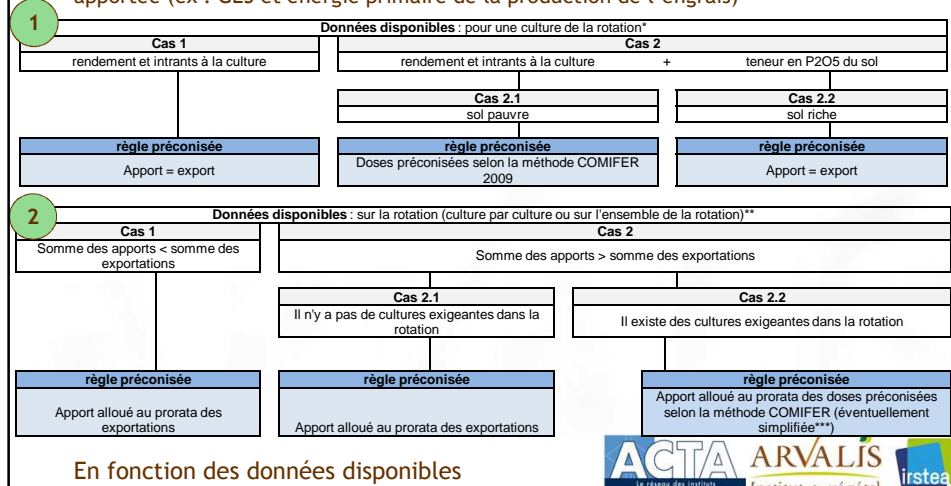


Après allocation sur les étapes de production du TSP et l'étape apport au champ



# 1 - Phosphore : vers des préconisations

Pour les indicateurs dont les impacts sont estimés proportionnels à la dose de P apportée (ex : GES et énergie primaire de la production de l'engrais)



# 1 - Phosphore : vers des préconisations

Pour les indicateurs dont les impacts ne sont pas corrélés proportionnellement à la dose de P apportée, application : émissions de P vers les eaux

## Deux types de modèles :

- SALCA-P : érosion principal phénomène émettant du phosphore mais ne dépend pas des apports

Ruissellement et lessivage dépendent des apports mais faibles émissions

→ Il ne semble pas justifié de réallouer les émissions avec ce modèle

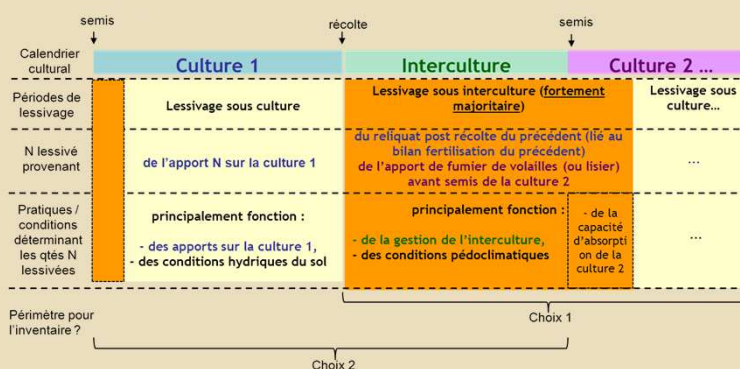
- Facteur fixe (Audsley et al. 2003) :**

0.1 kg P/ha par lessivage et de 1 kg/ha par ruissellement

Il est préconisé dans l'étude d'allouer les émissions au prorata des doses préconisées (1<sup>er</sup> choix) ou des exportations (2<sup>nd</sup> choix)

→ Il serait plutôt conseillé d'appliquer les méthodes proposées pour allouer les impacts proportionnels à la dose P

## 2 - Azote lessivé : contexte



Le lessivage est un phénomène qui dépend des conditions pédo-climatiques et de pratiques culturales.



## 2 - N lessivé : enjeux et contexte en ACV

- **Eutrophisation** : poids important du NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pour cet indicateur
- **GES/réchauffement climatique** : d'après la méthode IPCC 2006, contribution indirecte du NO<sub>3</sub><sup>-</sup> aux émissions de N<sub>2</sub>O

Les phénomènes mis en jeu font qu'il est difficile d'attribuer une quantité lessivée à chacune des cultures



## 2 - Azote lessivé : bibliographie

Parmi les références bibliographiques étudiées, seuls l'étude Williams et al. 2006 et ILCD Handbook posent réellement la question de l'allocation du lessivage

- Williams et al. 2006 propose une méthode d'allocation :  
→ Allocation de l'azote lessivé au prorata du surplus en azote des cultures de la rotation.
- ILCD handbook évoque la question : l'azote lessivé est un co-produit de la culture, il doit être traité avec une extension du système ou une allocation



## 2 - Azote lessivé : méthode

Règles d'allocation testées :

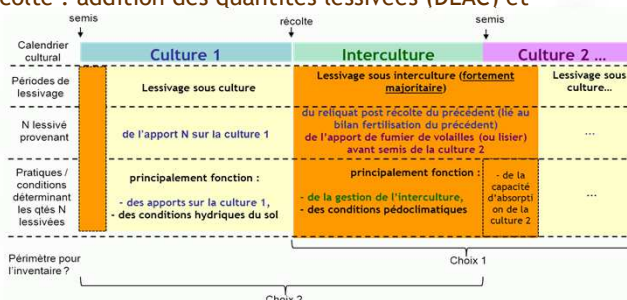
1 - Les quantités d'azote lessivées obtenues par le modèle DEAC ont été allouées à la culture suivant celle qui a reçu l'apport.

2 - Les quantités d'azote lessivées obtenues par le modèle DEAC ont été allouées à la culture qui a reçu l'apport.

3 - Pour chaque culture de la rotation, le modèle DEAC donnait également la valeur du reliquat post-récolte : addition des quantités lessivées (DEAC) et réallocation de la somme

au prorata des reliquats post-récolte

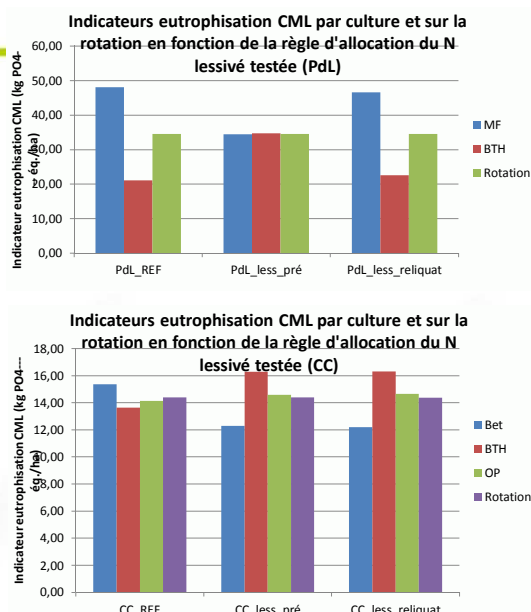
(d'après la méthode de Williams et al. 2006)



## 2 - Azote lessivé : résultats

Effet des tests des règles d'allocation sur les indicateurs eutrophisation CML (mêmes variations sur RECIPE eau marine)

- Scénarios REF et less\_pré se basent sur des quantités moyennes lessivées issues du modèle DEAC
- Less\_reliquat se base sur des données de reliquat post-récolte de l'année 2008 (DEAC)



## 2 - Azote lessivé : vers des préconisations

En fonction des données disponibles :

- Reliquat post-récolte des cultures de la rotation → application de la règle 3 Permet de ne pas attribuer une quantité lessivée au cours d'une période de lessivage à une culture, alors que cette quantité est bien fonction de pratiques mises en œuvre tout au long de la rotation.
- Quantités lessivées des cultures de la rotation :

Période de lessivage attribuée à la culture	Caractéristiques	Limites
Période qui suit la culture [2]	- la majorité de l'N apporté sur la culture ou restitué par les résidus de culture qui est lessivé est lessivée au cours de cette période	- Peut poser des problèmes de cohérence par rapport au périmètre retenu (souvent de la récolte de la culture précédent à récolte de la culture étudiée) ou aux données disponibles concernant la gestion de l'interculture qui suit.
Période qui précède la culture [1]	- Les quantités de N lessivées au cours de cette période sont fonction notamment de pratiques ou de caractéristiques de la culture suivante (apport organique à l'automne, date de semis et capacité d'absorption)	- L'N lessivé au cours de cette période provient majoritairement des apports N sur la culture précédente

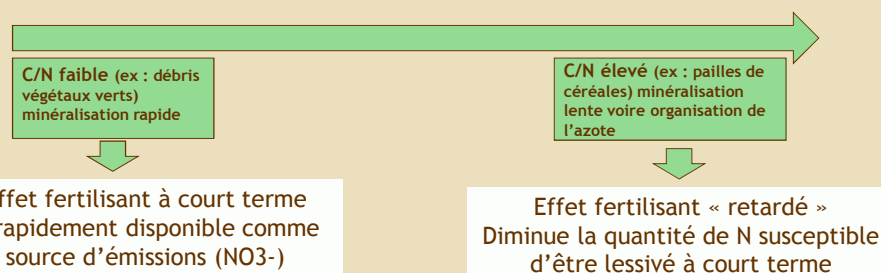


### 3 - Azote des résidus : contexte

Les résidus génèrent plusieurs effets au champ :

- Apport d'éléments fertilisants, en particulier azote, à la culture suivante
- L'azote des résidus est également source d'émissions (en fonction des modèles :  $N_2O$ ,  $NO_3^-$ )

Caractéristiques différentes : C/N → cinétiques de minéralisation différentes



### 3 - N des résidus : enjeux et contexte en ACV

- **GES** : d'après le modèle IPCC 2006, l'azote des résidus donne lieu à des émissions de  $N_2O$
- **Eutrophisation** :  $NO_3^-$  émis au champ. Dans le modèle DEAC, estimant les quantités de nitrate potentiellement lessivées, il est nécessaire de renseigner le mode de gestion des résidus.

Encore des questions en suspens sur la quantification de certaines émissions provenant de l'azote des résidus

Connaissances sur les cinétiques de minéralisation des résidus de culture ?

### 3 - N des résidus: bibliographie

- EcolInvent v2 : allocation des résidus à la culture qui les produit
- ILCD handbook : l'azote des résidus est un co-produit de la culture, il doit être traité avec une extension du système ou une allocation



### 3 - N des résidus: discussion

D'après dires d'expert : l'effet de l'azote des résidus est souvent direct sauf pour les pailles de céréales entre autres

L'arrière effet de certains résidus justifierait une allocation sur la rotation

Doit-on prendre en compte le timing minéralisation du N et périodes d'émission (lessivage) ? Comment ?

A qui attribuer les bénéfices de l'effet fertilisant et les émissions ?

Concernant les cinétiques, les références utilisées pour calculer les bilans pourraient servir.



## 4 - Azote de la fumure organique

- Apports de nombreux éléments fertilisants par les produits organiques
- Caractéristiques de ces produits variables : cinétiques de minéralisation différentes

Effet direct : fertilisation de la culture implantée dans l'année

Arrière effet : les cultures suivantes bénéficient de cette fertilisation

→ Blocage de la fumure organique en tête de rotation

Apport sur une culture mais bénéfiques pour plusieurs cultures de la rotation



## 4 - N de la fumure orga : enjeux et contexte en ACV

- **GES** : N<sub>2</sub>O issus de la fertilisation organique
- **Energie primaire** : épandage du produit organique
- **Acidification et eutrophisation** : émissions au champ de NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- **Toxicité** : émissions d'ETM apportés par les produits (boues en particulier)

L'arrière effet des produits organiques justifierait une allocation sur la rotation

Connaissances sur les cinétiques de minéralisation des produits organiques ?



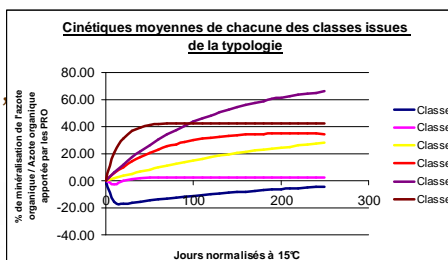
## 4 - N de la fumure orga : bibliographie

Modes d'allocation	Références bibliographiques proposant cette règle	Impacts estimés proportionnels à la dose N apportée (ex : énergie + GES lors de la production des engrais)	Impacts non proportionnellement corrélés à la dose de N (ex : pertes de NO <sub>3</sub> -, carburant pour épandre)
L'apport/impact réalisé directement à la culture	[sans allocation]	Pénalise les cultures en tête d'assolement lorsqu'il y a blocage	(apport) Cohérent avec des modèles type DEAC, SALCA-N
L'apport/impact alloué à part égale sur les cultures entre deux apports	GES'TIM 2006 méthode simplifiée (impact), Blonk et al. 2010 (pour fraction N lentement minéralisable, N rapidement minéralisable alloué directement à la culture)	Lissage mais pas de raisonnement agronomique	(apport) Lissage mais pas de raisonnement agronomique
L'apport/impact alloué entre les cultures sur la base des dynamiques de minéralisation du produit épandu	GES'TIM 2006 méthode complète (impact)	Prend en compte les apports réels sans pénaliser une culture qui reçoit préférentiellement des apports	(apport) Pas cohérent avec certains modèles comme DEAC, SALCA-N, SALCA-ETM
L'apport/impact alloué entre les cultures de la rotation au prorata des doses préconisées	Audsley et al. 2003 (impact)	Exigence prise en compte sans pénaliser les cultures qui reçoivent préférentiellement les apports	
L'apport/impact alloué entre les cultures de la rotation au prorata des exportations	proposition		

## 4 - N de la fumure orga : discussion

- Arrière effet

les produits organiques peuvent être classés en 6 catégories selon leur cinétique de minéralisation  
Cependant ces cinétiques sont obtenues pour la première année des travaux sont en cours pour quantifier l'effet à plus long terme.



- Effet direct

Même problématique que les résidus

Doit-on prendre en compte le timing minéralisation du N et périodes d'émission (lessivage) ? Comment ?

## Productions

2 fiches sur les allocations bien avancées :

- Phosphore
  - Azote lessivé
- Relecture et avis extérieurs

2 fiches qui nécessitent encore du travail :

- Azote des résidus
- Azote de la fumure organique



## Merci de votre attention



## Annexes

- **Bibliographie**



## Bibliographie

- Audsley et al. 2003, *Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture*, final report DG VI Agriculture 2003
- Brentrup 2003, *Life cycle assessment to evaluate the environmental impact of arable crop production*
- Blonk et al. 2010, *Methodology for assessing carbon footprints of horticultural products - A study of methodological issues and solutions for the development of the Dutch carbon footprint protocol for horticultural products* Blonk Milieu Advies p.36-40
- EMEP / EEA 2009, Air pollutant emission inventory guidebook, Animal husbandry and manure management, Chap. 4B & Crop production and agricultural soil Chap. 4D
- EMEP 2002, Emission inventory guidebook - cultures with fertilizers
- IPCC et al. 2006, Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Emissions de N2O des sols gérés et émissions de CO2 dues au chaulage et à l'application d'urée, chapitre 11
- IPCC 1996, Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - version révisée 1996
- Nemecek et al. 2007, Life cycle inventories of agricultural production systems, final report Ecolnvent v.2.0
- Williams et al. 2006, Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Defra project report ISO205, Cranfield University

