

# COMIFER

Réunion du groupe de travail P, K, Mg



# Méthode d'Estimation & Restitutions par les Cultures Intermédiaires

## MERCI

### Estimations :

- 1. Biomasse produite par les cultures intermédiaires*
- 2. Restitution potentielle d'azote à la culture suivante*



**AGRICULTURES  
& TERRITOIRES**  
CHAMBRES D'AGRICULTURE  
NOUVELLE-AQUITAINE



## Collaboration



## Financement



# Ce qu'il existait comme référence avant 2010



## Restitution des cultures intermédiaires en kg d'N / ha à la culture suivante

☞ paramètre « MrCi » de la méthode du bilan

Comment estimer  
la biomasse ?



- source AZOBIL, INRA de Laon, octobre 1997 -

Date de destruction	Espèce	MS < 1 t .ha <sup>-1</sup>	1 < MS < 3 t .ha <sup>-1</sup>	MS > 3 t .ha <sup>-1</sup>
Avant le 01/12	<b>Légumineuses</b>	10	20	30
	<b>Crucifères</b>	10	15	20
	<b>Graminées</b>	5	10	15
Après le 01/12	<b>Légumineuses</b>	15	25	35
	<b>Crucifères</b>	10	15	25
	<b>Graminées</b>	10	15	20

MS : matière sèche des parties aériennes en tonne par hectare

**Et ce couvert .....**

- Quelle biomasse produite ?
- Quelles restitutions à la culture suivante ?



# Pourquoi développer cet indicateur ?

## - 2010 -



## MERCI

- Valoriser les résultats d'un projet 2001 - 2009

☞ *avec un outil « facile » d'utilisation*



- Montrer / promouvoir l'intérêt des couverts végétaux

☞ *changer l'image négative des « CIPAN »*

☞ *promouvoir la vision « engrais verts » des couverts végétaux*

- Améliorer les pratiques de fertilisation

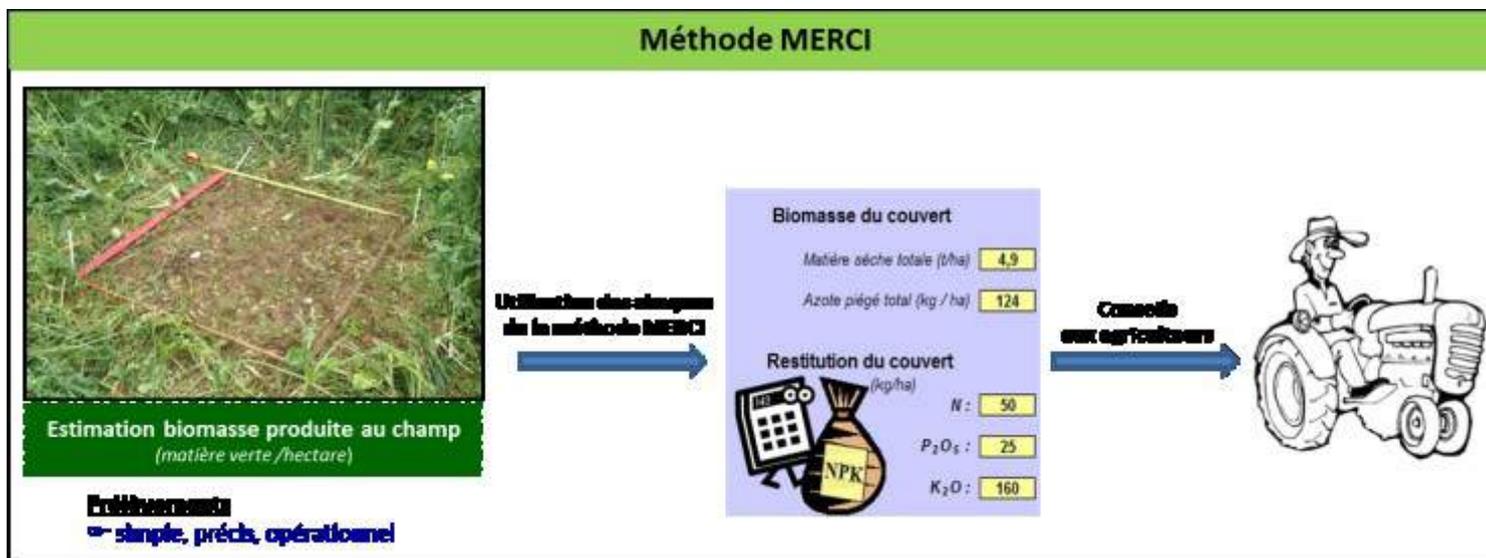
☞ *prendre « réellement » en compte les restitutions des couverts*

# Quel type d'indicateur ?



➔ Outil **simple, rapide, opérationnel** et **pédagogique** à destination des agriculteurs et des conseillers

➔ **Méthode** comparable à la règlette « colza d'hiver » de Terres Inovia et évaluation de l'azote piégé par prélèvement de biomasse verte



➔ Applicatif informatique « excel » : **gratuit**, concepteur « sous la main »

# Principe : domaine de validité

---



➔ Nécessité d'une pesée en « vert » des différentes espèces du couvert (ou de la hauteur pour certains couverts simples ex. moutarde, phacélie, ...)

⇒ *Pas encore de « photo » ou « satellite »*

⇒ *trriage nécessaire des différentes espèces si association*

- *% matière sèche, % azote fonction de l'espèce*
- *permet de définir une proportion de chaque espèce en « massique »*

# Principe : 4 étapes



Etape 1

**Biomasse verte  
aérienne**

(en t de *Matière verte* / ha)

*mesures*

Etape 2

**Biomasse sèche  
aérienne**

(en tonne de *Matière sèche* / ha)

*calculs ou mesures*

Etape 3

**Quantité de N totale  
présente dans le  
couvert**

(kg d'azote / ha aérienne + racinaire)

Etape 4

**Quantité de N  
potentiellement  
disponible pour la  
culture suivante**

(kg d'azote / ha)

**% matière  
sèche**

Références par espèces  
(issues d'essais)

←  
date semis couvert  
+  
date mesure biomasse

**% N** x

coefficient correcteur pour  
prise en compte des  
racines

Références par espèces  
(issues d'essais)

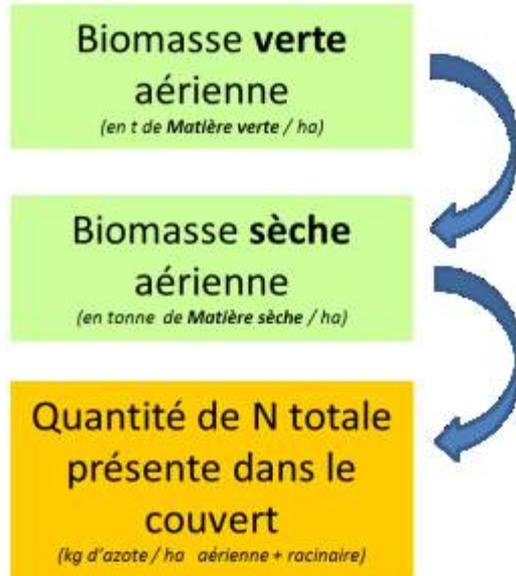
x

**% N  
minéralisable**



**Matrice de références MERCI**

# Principe : couplage « terrain / simulations »



Données issues des références obtenues sur  
essais Poitou-Charentes (2001-2009)

+ qqes données CdA France / ARVALIS

👉 *compilation en 2009*

Région	Contributeurs à la base de données MERCI <small>version 2010</small>
Alsace	Chambre Départementale d'Agriculture : 67
Auvergne	Chambres Départementales d'Agriculture : 03, 63
Bourgogne	Chambre Départementale d'Agriculture : 89
Bretagne	Chambre Régionale d'agriculture
Centre	Chambre Départementale d'Agriculture : 36
Champagnes Ardennes	FDGEDA Aube
Languedoc Roussillon	Chambre Départementale d'Agriculture : 30
Nord - Pas de Calais	Chambre Départementale d'Agriculture : 59
Pays de Loire	Chambre Départementale d'Agriculture : 53
Picardie	Chambre Départementale d'Agriculture : 60
Poitou-Charentes	Chambre Régionale d'agriculture Chambres Départementales d'Agriculture : 16, 17, 79, 86
Provence Alpes Côte d'Azur	Chambre Départementale d'Agriculture : 84
Rhône Alpes	Chambre Départementale d'Agriculture : 26
France	Arvalis Institut du Végétal INRA Institut Technique de la Betterave (ITB)

## Sources :

- Les engrais Verts, C. Aubert, Décembre 1980
- TCS (nov/dec 2007, essais nov 2006)
- Hautes Etudes Betteravières et Agricoles, n°18, janvier 1973
- ITAB, les engrais verts en viticulture

# Hypothèses de la méthode MERCI



Les restitutions, à la culture suivante, en azote (ou P, K) dépendent principalement :

- *espèce implantée* (% N, P, K)
- *biomasse produite par le couvert* (tonne MS/ha)



% MS/ha

% N

## Organisation des références disponibles

- en fonction de la durée de présence du couvert sur la parcelle

=> « *jour semis* (levée) – *jour prélèvement* »

=> *plus un couvert est « âgé », plus il se « lignifie » = % MS augmente*

- en fonction de la biomasse produite

=> *plus un couvert est développé, plus le % d'azote diminue* (« effet dilution »)

=> *4 classes de biomasse produite* (minimum de 7 références par classe)



# Matrice de références MERCI

1

2

Famille	Espèces	% de MS (en fonction de la durée de croissance)			% d'azote de la MS (en fonction de la MS totale du couvert)			
		< 60 j	< 90 j	> 90 j	< 1 t	< 2 t	< 3 t	> 3 t
	choux fourrager	22	22	22	4,2	2,7	2,6	2,3
	colza d'hiver	14	15	18	3,4	2,5	2,0	2,0
	moutarde blanche	13	16	18	3,6	2,8	2,5	2,3
<p>Valeurs issues de la base de données MERCI Regroupant des essais de 1983 à 2009</p> <p>👉 <i>Valeur moyenne</i> (issue à minima de 7 valeurs)</p>			13	21	2,9	2,6	2,4	2,1
			13	15	3,3	3,0	2,7	2,4
			12	12	2,4	2,4	2,3	2,2
			23	25	3,2	2,5	2,5	2,5
			16	17	18	3,1	2,7	2,6
graminées	autres crucifères (moyenne)	16	17	18	3,1	2,7	2,6	2,3
	avoine de printemps	16	19	21	3,0	2,7	2,4	2,3
	avoine d'hiver	16	19	21	3,7	2,8	2,6	2,5
	avoine fourragère (strigosa)	18	18	20	2,3	2,3	1,5	1,5
	blé tendre d'hiver	23	23	23	3,0	2,1	2,1	2,1
	orge (printemps / hiver)	12 / 17	14 / 19	17 / 24	3,1	2,6	2,2	1,6
	ray-grass d'Italie	16	16	19	2,8	2,5	2,0	1,7
	ray-grass hybride	16	16	19	2,2	2,0	1,8	1,7
	repousses de blé tendre	18	18	23	2,7	2,4	2,1	1,7
	seigle classique	16	16	17	3,7	2,9	2,3	2,3
	seigle hybride (J.D.)	23	23	24	3,3	2,7	2,3	2,1
	sorgho fourrager	14	14	14	3,0	3,0	2,4	1,9
autres graminées (moyenne)	18	20	21	3,1	2,6	2,2	2,1	
composées	nyger	13	17	21	2,5	2,5	1,6	1,2
	tournesol	12	13	16	1,9	1,9	1,9	1,6

# Hypothèses de la méthode MERCI



## Prise en compte des « racines »

➔ Multiplication de l'azote contenu dans  $Ms_{aérienne}$  par coefficient correcteur

<i>références utilisées (06/11/2009)</i>	<i>coefficient multiplicatif pour obtenir N total piégé</i>
phacélie, sarrasin, moutarde	Azote de $MS_{aérienne}$ x 1.1
graminées, colza, radis, navette	Azote de $MS_{aérienne}$ x 1.2
légumineuses, mélange avec "légumineuses"	Azote de $MS_{aérienne}$ x 1.3

➔ Quelques cas particuliers (*quelques essais*) : radis chinois, vesce, mélilot

<i>coefficient multiplicatif de <math>N_{aér}</math> =&gt; <math>N_{total}</math></i>	
<i>phacélie, sarrasin, moutarde</i>	1,1
<i>graminées, colza, radis, navette</i>	1,2
<i>radis chinois</i>	1,3
<i>vesce commune</i>	1,1
<i>mélilot</i>	1,5
<i>autres légumineuses</i>	1,3

➔ Références teneurs P et K

<b>Compilation (2009)</b>
Arvalis - essai 1990-91 ; 1992-93
CA 03 - 2008
CA 26 - 2002 ; 2003
CA86 - 2008
Famars - 2004.
Kerlavic - 2003
Minette - 2008
Mons - 1991.
Parisot - 1990

# Principe : couplage « terrain / simulations »



**Biomasse verte  
aérienne**

*(en t de Matière verte / ha)*

**Biomasse sèche  
aérienne**

*(en tonne de Matière sèche / ha)*

**Quantité de N totale  
présente dans le  
couvert**

*(kg d'azote / ha aérienne + racinaire)*

**Quantité de N totale  
présente dans le  
couvert**

*(kg d'azote / ha aérienne + racinaire)*

**Quantité de N  
potentiellement  
disponible pour la  
culture suivante**

*(kg d'azote / ha)*

Données issues des références obtenues  
sur essais Poitou-Charentes (2001-2009)  
*+ qqes données CdA France*

Données issues de simulations   
*=> basé sur « C/N » des couverts*

- Différentes valeurs de C/N
- 6 sols de Poitou-Charentes
- 6 stations climatiques (1967-2005 : 33 ans)

# Hypothèses de la méthode MERCI

Restitutions, à la culture suivante, en azote (*P, K*)

## Restitutions au sol :

- N** : - calcul rapport C/N (*% de carbone stable dans les plantes ~ 42 %*)  
- **estimation** de minéralisation des résidus et niveaux de restitution  
(STICS, logiciel INRA 2006-2009, restitutions calculées pour *destruction entre 15/11 au 01/02*)

### *Restitution en azote attendue pour différentes cultures intermédiaires*

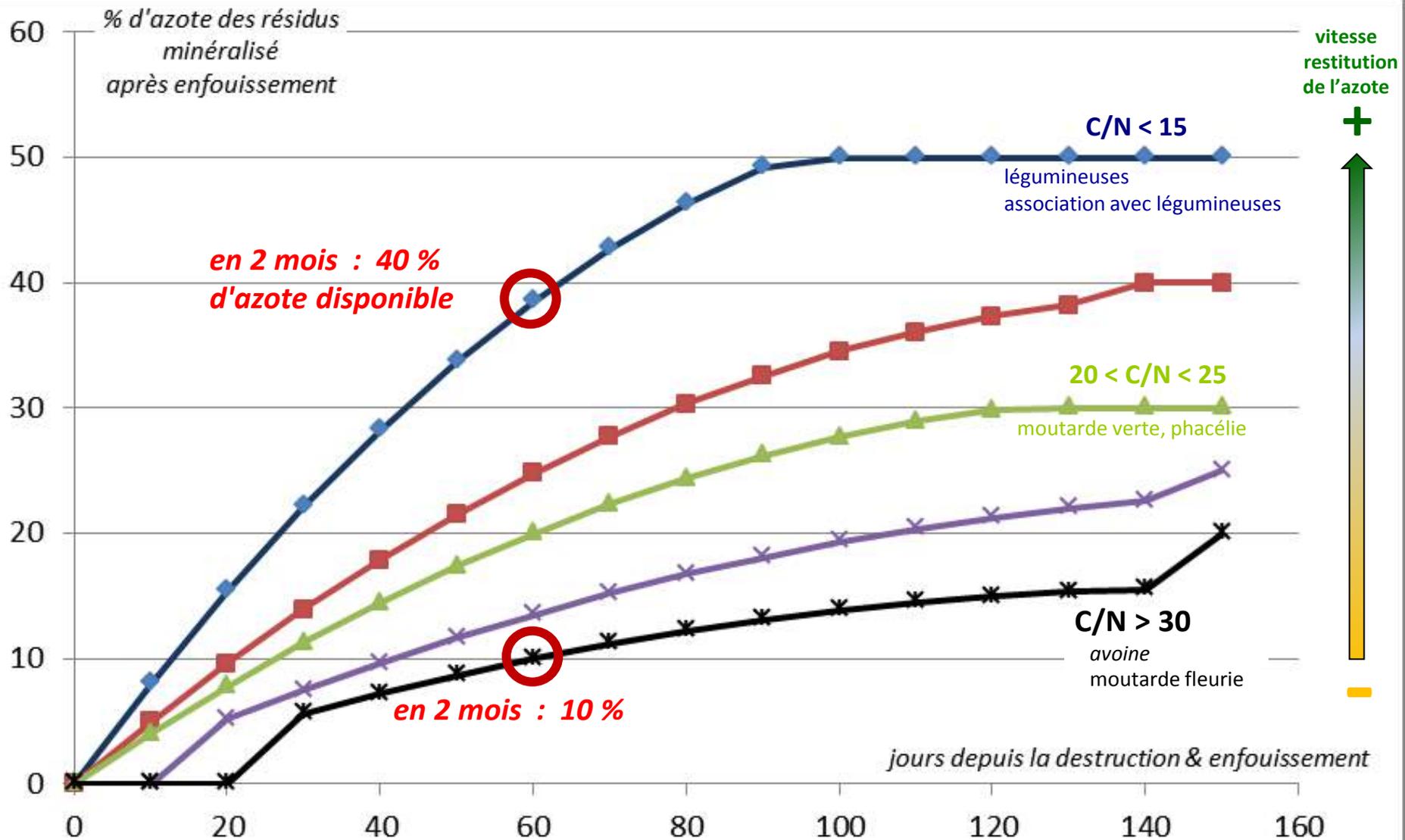
*Plus le C/N est faible, plus le niveau restitué est important*

carbone/azote (C/N) de la plante	% d'N minéralisé & disponible pour le suivant
C/N < 15	50%
15 < C/N < 20	40%
20 < C/N < 25	30%
C/N > 25	25%

**P, K** : restitutions basées sur le comportement « effluents organiques »

- **P** : « 1 » (*fumiers bovins, veaux, porcs*)
- **K** : « 1 »

# Principe



# Principe : domaine de validité

---



- ➡ Couverts détruits entre 15/11 et 01/02
  - ➡ Couverts enfouis à destruction (*labour ou déchaumage*)
  - ➡ Géographique
    - ☞ Calage en Poitou-Charentes : 6 stations climatiques sur 30 ans
- Mais**
- ☞ tester avec succès de Lille à Pau, en passant par Strasbourg et Toulouse, .....
  - ☞ influence « limiter » du climat sur restitution ?

# Principe : domaine de validité



Cas particuliers - limites de la méthode

- Semis direct

- Estimation des restitutions pour des couverts implantés avant ou dans une culture d'automne (*blé tendre, colza d'hiver, ...*)

⇒ *Les valeurs obtenues sont à diminuer de 25 %*

*(forfait, sans « bases scientifiques » car inexistantes)*

⇒ *valeur obtenue : « MERCI x 0.75 »*

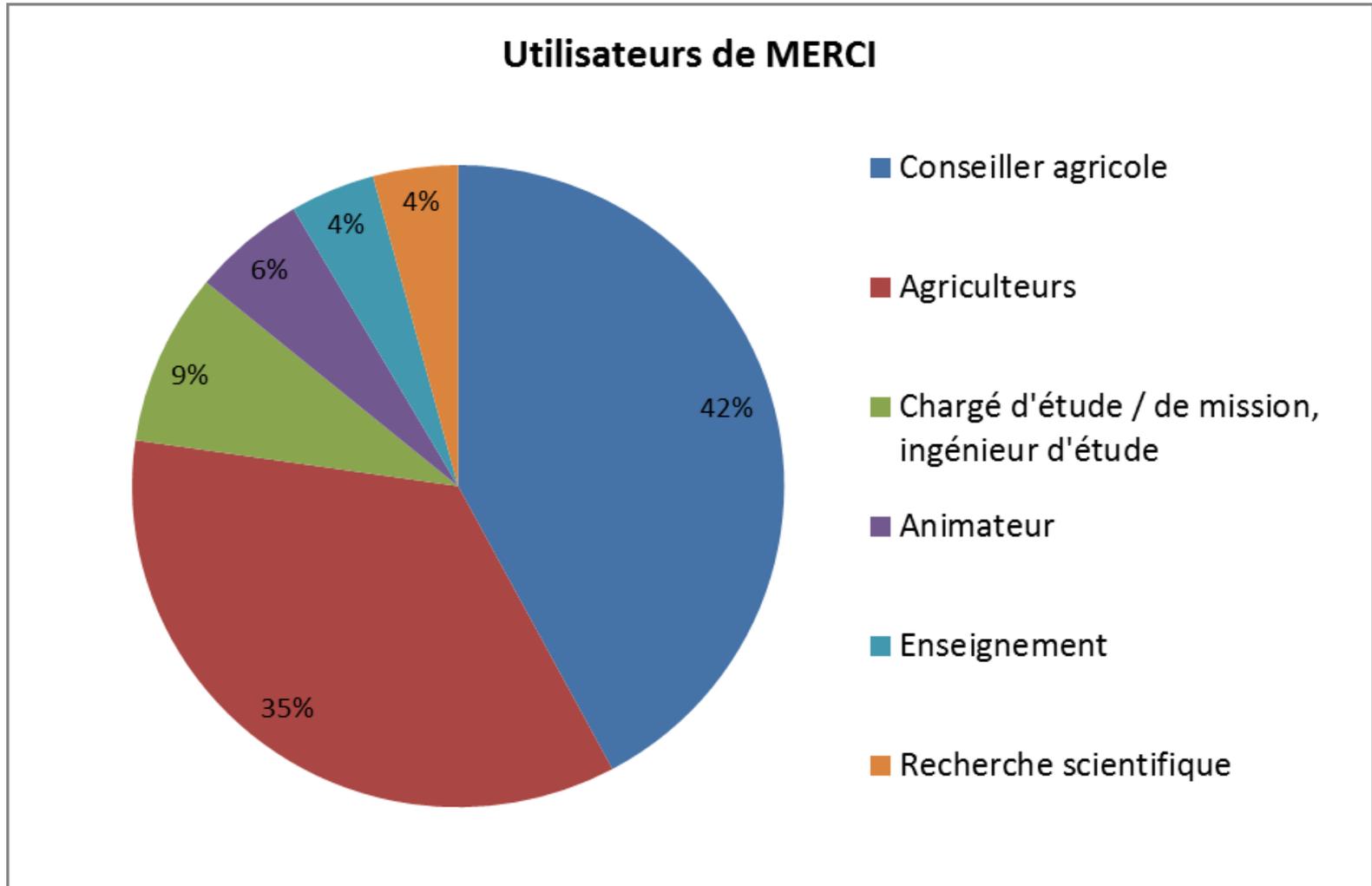
Car :

- *Les résidus du couvert ne sont pas enfouis (mulch) et peuvent se dégrader plus lentement, entraînant moins de restitution d'azote*
- *La minéralisation des résidus s'étale sur 4 mois depuis la destruction du couvert, donc certains couverts détruits tardivement (ex. plante compagne du colza détruite en février) restitueront une partie de l'azote trop tardivement. Il ne sera pas utilisé par la culture en place.*



*Des références doivent être encore acquises pour affiner le calcul de la restitution en azote pour ces situations*



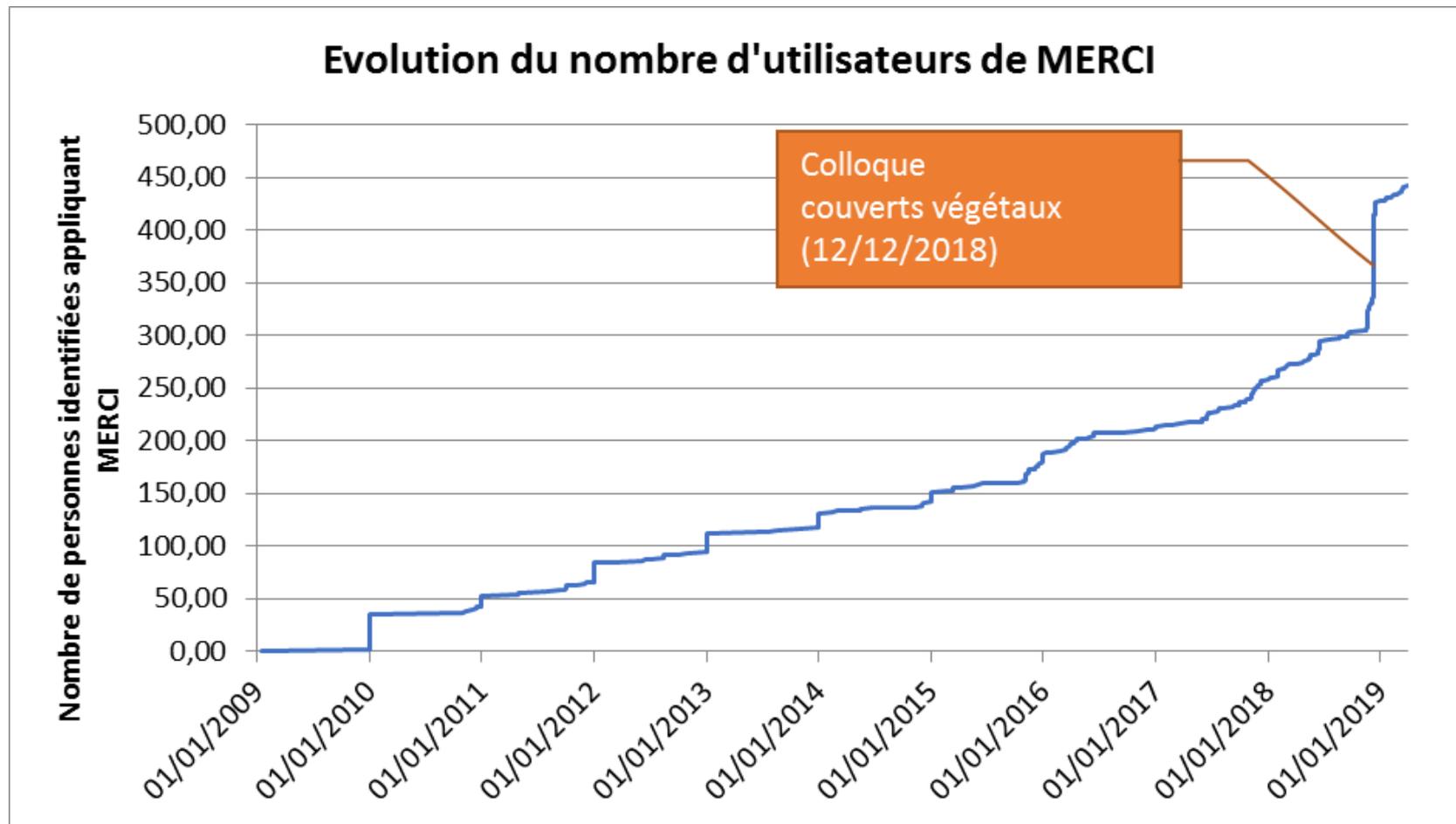


**Myriam Sachot, 2019**

Mémoire de fin d'études, Bordeaux Sciences Agro



## Evolution du nombre d'utilisateurs de MERCI



Myriam Sachot, 2019

Mémoire de fin d'études, Bordeaux Sciences Agro

# Mode opératoire « au champ »

## Photos illustratives



© www.schubert.com



**aGRICULTURES  
& TERRITOIRES**  
CHAMBRES D'AGRICULTURE  
NOUVELLE-AQUITAINE

# Matériels nécessaires



## POUR .....

- repérer une placette : quadrat de 1 m<sup>2</sup> (*mètre, jalons, bâtons, .....*), ou autre dimensions ....
- « couper à ras du sol » : ciseaux, cisailles, tondeuses, ....
- trier les espèces : bâche + différentes sacs
- peser : peson, balance de cuisine + sacs ou cuvette
- Noter : blocs notes + crayons (*mesures + observations du couvert*)



# Repérer la placette



# Prélever les couverts



Prélever les couverts



**Trier les espèces  
avant la pesée !**

*Avant la pesée*



*Lors du prélèvement*



# Pesées des espèces !



Parcelle à l'échelle		
Cours - Buisson		
	1m <sup>2</sup>	1m <sup>2</sup>
Radix	1000g	
Arctide	1000g	
Vespa	1200g	
Avispa	1000g	
phœnix	250g	
Pygmaïe	150g	



### SAISIE DES DONNEES

Réinitialiser

Méthode par mesure de

*Nom parcelle*

*Estimation par :*  
- biomasse verte  
- biomasse sèche  
- hauteur

		n° de prélèvement		
		1	2	3
Date mesure de biomasse	<input type="text" value="15-déc."/>			
Espèce 1	<input type="text" value="moutarde blanche"/> <input type="text" value="crucifères"/>			
	<input type="text" value="Date de semis (ou de levée) 15-août"/>			
		<input type="text" value="Biomasse aérienne verte (g) 200"/>	<input type="text" value="500"/>	<input type="text" value="350"/>
		<input type="text" value="Surface de prélèvement (m²) 1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
Espèce 2	<input type="text" value="phacélie"/> <input type="text" value="hydrophyllacées"/>			
	<input type="text" value="Date de semis (ou de levée) 15-août"/>			
		<input type="text" value="Biomasse aérienne verte (g) 400"/>	<input type="text" value="500"/>	<input type="text" value="600"/>
		<input type="text" value="Surface de prélèvement (m²) 1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>

*Ajout d'espèces si association  
(mesure individuelle)*

Ajouter espèce    Supprimer la dernière espèce

**Biomasse du couvert**

Matière sèche totale (t/ha)

Azote piégé total (kg / ha)

**Restitution du couvert**  
(kg/ha)

N :

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> :

K<sub>2</sub>O :



*Détails des calculs disponibles*

Afficher détails +  
Masquer détails -  
Enregistrer le calcul

*Résultats :*  
- MS totale / ha  
- N piégé totale  
- N, P, K restitués potentiellement



# Sauvegarde des résultats par couvert

Espèce de culture intermédiaire		Date de semis	Biomasse verte (t de MS/ha)	Teneur en MS (%)	Biomasse sèche (t de MS/ha)	Teneur en N (%)	Azote parties aériennes (kg de N/ha)	Coefficient correcteur racines	Azote plante entière (kg de N/ha)	C/N	% d'azote minéralisable	Restitution potentielle (kg de N/ha)	Teneur en $P_2O_5$ (%)	Restitution potentielle (kg de $P_2O_5$ /ha)	Teneur en $K_2O$ (%)	Restitution potentielle (kg de $K_2O$ /ha)		
1	moutarde blanche	10/9	18	3.2	2.3	73	1.1	80	18	43	35	0.5	17	3.0	105	Parcelle	INRA - P2 SdC	
-	Couvert - valeurs globales			3.2							30		15		100	Date mesure	17 décembre 2009	
1	moutarde blanche	10/9	18	2.0	2.3	46	1.1	51	18	43	22	0.5	11	3.0	66	Parcelle	INRA - P4 SdC	
2	féverole (hiver & printemps)	10/9	14	1.4	3.2	46	1.3	59	13	50	30	0.6	10	3.5	65	Date mesure	17 décembre 2009	
-	Couvert - valeurs globales			3.4							50		20		130			

Contact : Sébastien Minette

[sebastien.minette@na.chambagri.fr](mailto:sebastien.minette@na.chambagri.fr)

Travaux à télécharger gratuitement sur :

[www.na.chambagri.fr/agronomie/](http://www.na.chambagri.fr/agronomie/)

**Caractéristiques  
des principales cultures  
intermédiaires**



Références disponibles pour  
la région Poitou-Charentes



*Réalisé à partir :*

- des essais conduits en Poitou-Charentes 2000 -2010
- résultats de simulation
- compilation bibliographique

Minette  
01 49 55 61 74  
[sebastien.minette@poitou-charentes.chambagri.fr](mailto:sebastien.minette@poitou-charentes.chambagri.fr)

Avril 2010

**Dossier technique**  
Poitou-Charentes

Mieux gérer l'interculture pour  
un bénéfice agronomique et environnemental

**Légumineuses,  
comment les utiliser comme  
cultures intermédiaires ?**

Synthèse des travaux menés par la  
Chambre Régionale d'Agriculture  
sur la gestion de l'interculture et préservation  
des références végétales

Janvier 2010



# MERCI

## Méthode d'Estimation & Restitutions par les Cultures IntermédiaIRES

Version 2020



2019-2020

# Partenaires de la V2

## Collaboration



AGIR



## Financement



+ sollicitations de partenaires nationaux pour mises à disposition de données

(GEVES, Chambres d'Agriculture, INRA, Enseignements, ARVALIS, ITB, ....)



## Evolutions prévues

### 1. Développement Informatique

- Abandon de l'applicatif excel ⇒ développement d'un applicatif « internet »
- Gratuité conservée
- Conserver la simplicité de la méthode

### 2. Domaine de validité : - « période de destruction des couverts » - « contexte pédo-climatique »

- Augmenter le domaine de validité en particulier sur destructions tardives de couvert  
octobre => => Mars ☞ *influence les paramètres % N, C/N, .....*
- Réaliser des simulations (STICS) « de restitutions » sur l'ensemble de la métropole :  
*24 stations à étudier*  
☞ *montrer que les valeurs « Poitou-Charentes » sont robustes*  
**ou**  
☞ *améliorer la prédiction des restitutions en azote*



## 3. Fonctionnalités supplémentaires

- Possibilité de saisir :
- une surface du couvert sur la parcelle
  - destination du couvert : exporté // enfoui // mulché
- Précision sur « contexte » = **localisation** + **sol**
- ☞ *améliorations des prédictions de restitutions*
  - ☞ *précisions sur la dynamique de restitutions (% par mois après destruction)*
- Accumulation de soufre, Mg, (Ca ?)
- Informations supplémentaires :
- *fourragères du couvert végétal (UFL, MAT, ...)*
  - *pouvoir méthanogène*
  - *stockage du carbone dans les sols*



## Rôle des partenaires – planning individuel

### **INRA**

- Appui méthodologique : élaboration du plan de simulations + analyses des résultats STICS
- Accès aux données météorologiques (données DRIAS)

### **Bordeaux Sciences Agro**

- Tests de l'applicatif informatique (stage, études), appui méthodologique
- Diffusion des résultats

### **Arvalis**

- Constitution de la base de données « couverts »
- Appui méthodologique sur analyses des simulations + élaboration des formalimes

### **CdA17**

- Réalisation des supports pédagogiques et communications



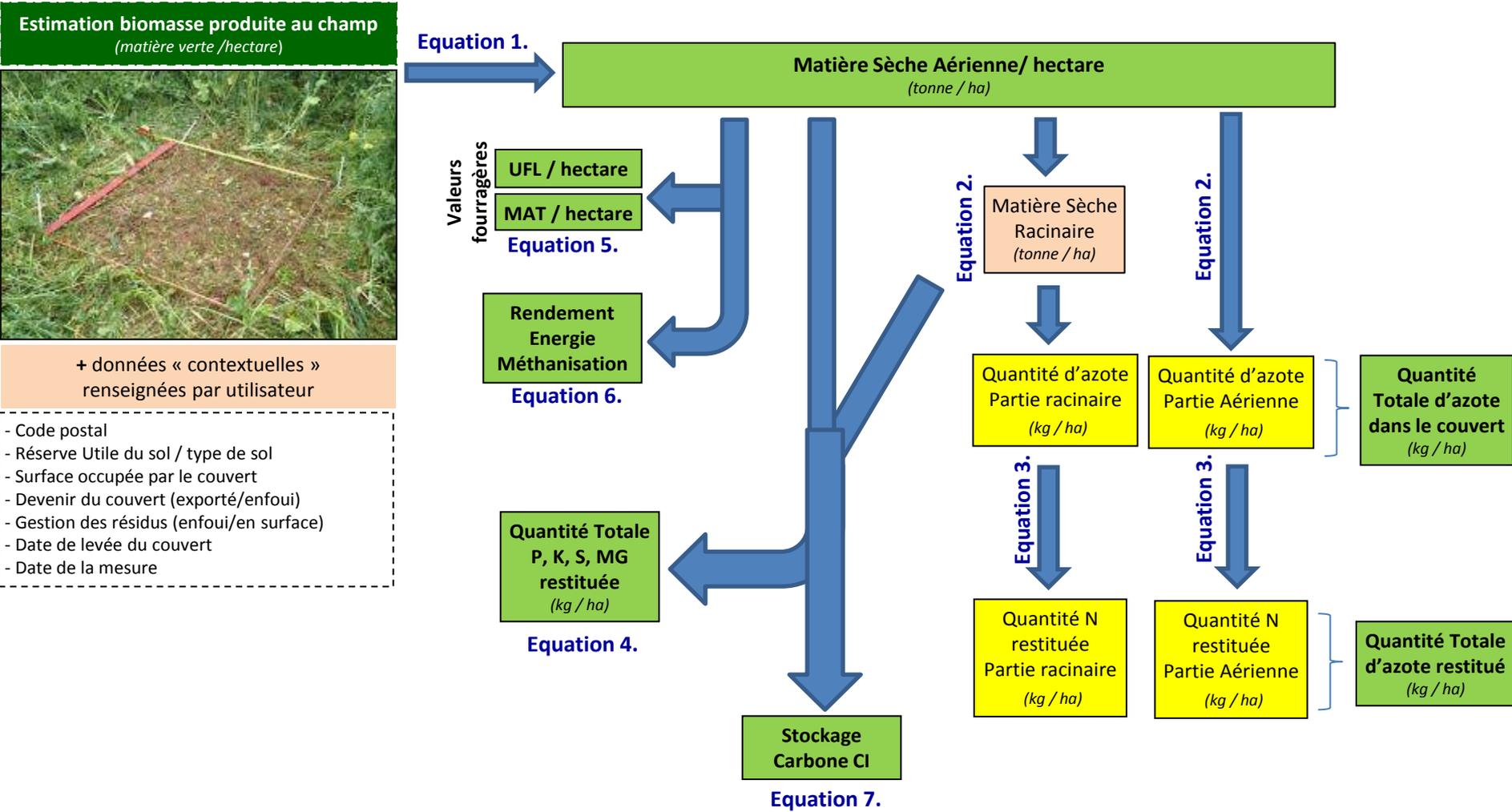
## Rôle des partenaires – planning individuel

### CRA

- Conduite du projet
- Formation + réalisation des simulations ☞ Sébastien
- Participation à la constitution de la base de données « couverts »
  - ☞ *fournir des données (CA, GEVES, .... )*
  - ☞ *possibilité d'expertise sur questions précises : % carbone, niveaux de restitution en P, K (à 100 % dans V1)*
- Rédaction d'une brochure expliquant la méthode, les paramètres, .....
  - ☞ *relecture par ensemble des partenaires*
- Valorisation scientifique de la base de données (donnée agrégées)
- Participation à l'élaboration des supports pédagogiques et communications

# MERCI – Version 2

## Schéma général



- En vert  les sorties envisagées

- Calcul à réaliser pour chaque espèce



# MERCI – Version 2

1<sup>er</sup> visuel



RÉALISER UN CALCUL

RÉINITIALISER

Integer id felis. Curabitur aliquet pellentesque diam. Integer quis metus vitae elit lobortis egestas. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi vel erat non mauris convallis vehicula. Nulla et sapien. Integer tortor tellus, aliquam faucibus, convallis id, congue eu, quam. Mauris ullamcorper felis vitae erat. Proin feugiat, augue non elementum posuere, metus purus iaculis lectus, et tristique

Méthode choisie

Nom de la parcelle

Type de sol

Code postal

Réserve utile du sol (RU)

Surface occupée par le couvert

Gestion des résidus

Devenir du couvert

Date de levée (ou semis)

Date de la mesure

**Espèce 1***N° de prélèvement*

Biomasse aérienne verte (gramme)

Surface de prélèvement (m<sup>2</sup>)Supprimer cette espèce **Espèce 2***N° de prélèvement*

Biomasse aérienne verte (gramme)

Surface de prélèvement (m<sup>2</sup>)Supprimer cette espèce **AJOUTER UNE ESPÈCE +**

# RÉSULTATS

## CARACTÉRISTIQUE DU COUVERT

Matière sèche aérienne (t/ha)

Azote piégé total (kg/ha)

## RESTITUTIONS DU COUVERT AU SOL (kg/ha, éléments disponibles pour la culture suivante)

Azote (N)

Informations sur la dynamique de minéralisation

X<sub>1</sub> kg  
A 30 jours

X<sub>1</sub> kg  
A 60 jours

X<sub>1</sub> kg  
A 90 jours

X<sub>1</sub> kg  
A 120 jours

X<sub>1</sub> kg  
A 150 jours

X<sub>1</sub> kg  
A 180 jours

Phosphore (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Potasse (K<sub>2</sub>O)

Soufre (SO<sub>2</sub>)

Magnésium (MgO)

## VALORISATION DU COUVERT EN DÉROBÉE

Valeurs fourragères - Alimentation animaux

UFL / HA

MAT (kg/ha)

Méthanisation

Rendement en énergie (Nm<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> / ha)

## STOCKAGE CARBONE (tonne de C/ha)

IMPRIMER

ENREGISTER