



# Evolution (*exploration?*) dans l'interprétation des analyses

Résumé pour présentation au COMIFER

27 mars 2018

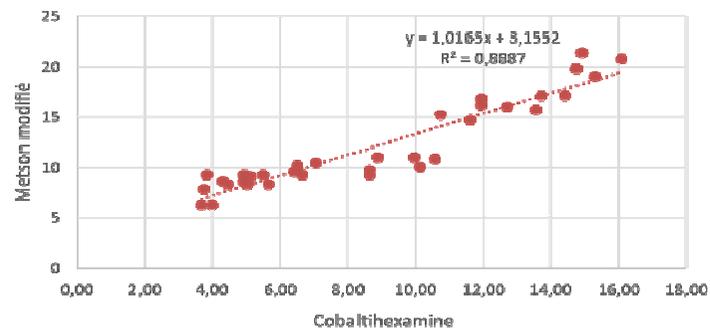
JMP

# Les demandes de révision visaient

- Mise en **cohérence des normes** d'interprétation avec celles retenues par l'ensemble du réseau Requasud. (> *indirectement COMIFER*)
- La **CEC mesurée + argile** (*Spectrométrie proche Infra rouge*) effective au Carah Nouveau point de référence « systématique » pour caractériser le type de sol. *Base de l'interprétation du disponible en niveau K, Mg, Ca,*

Cfr P Dardenne / V Genot : Comifer Gemas Reims 2011

Calibrage sur la CEC Cobaltihexamine



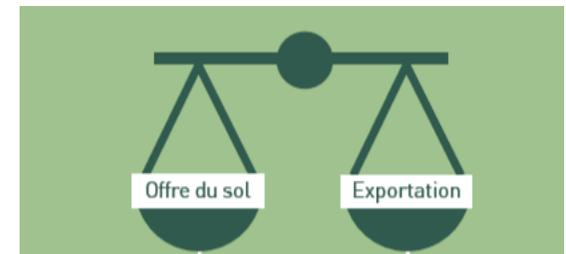
# Les demandes de révision visaient

- Conseil de fumure basé sur la **méthode des bilans** avec intégration de paramètres liés à la **bio-fertilité**

La question: comment caractériser l'offre du sol face aux besoins ?

- > Besoins à quel terme ? > Exportations immédiates ou par rotation ?  
Comment gérer le différentiel avec la mobilisation ?

Au sens fertilité naturelle  
Sol  $\neq$  Support  
> **Bio-disponibilité**



**+ infos + explicites pour les utilisateurs ( une culture ou la rotation ? )**

La demande agricole d'aujourd'hui porte plus sur des « **clés de raisonnement** » et moins sur des formules ou chiffres précis

**+ possibilité d'une option tournée ver le BIO**

une attente : comment mettre en valeur période la fertilité naturelle ?

# ANALYSE au LABORATOIRE

## Le statut acido-basique

- Mesure du pH **au KCl**  
*soit le niveau le plus bas mais aussi le plus stable*

## Spectrométrie proche INFRA-ROUGE

- **Mesure de la CEC**, Carbone, Azote, **Argile**
  - *Seuils de sécurité pour les sols spécifiques non calibrés*
- NB : Carbone > **X 2** = Humus ou Matières Organiques

## Les macro-éléments

Le dosage des éléments

**P, K, Ca, Mg, Na**

avec l'extractif du réseau REQUASUD

*Les valeurs restent comparables à travers les années*

**Innovation** : indication d'une teneur en **soufre** disponible

## Les oligo-éléments

Le dosage des éléments **Mn, Cu, Zn, Fe**

se fait avec le même extractif, sauf le **B** à l'eau chaude

Expression en mg/100 g d'élément  
ppm pour oligos

Un seul extractif :  
Acétate d'ammonium 0,5 N  
EDTA tamponné à pH KCl 4,65  
avec un rapport sol / solution  
10 g/50 ml (LE 1971)

Les niveaux de référence (pivot + seuils)  
ne changent pas selon les cultures ni l'option BIO

## Potassium et Magnésium et Calcium

- **En % de meq la CEC**

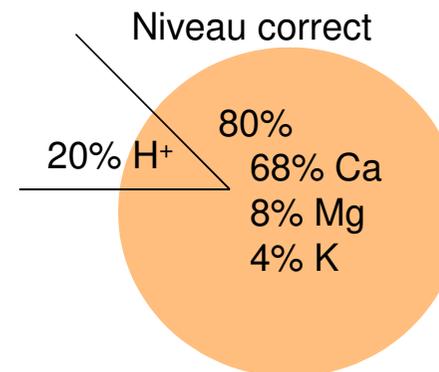
Potassium **4%**

Magnésium **8%**

Calcium **68%**

*Variante inférieure pour prairie*

*K 3%, Mg 6%, Ca 54% )*



**Pour le phosphore : Lakanen Ervio**

*Extraction proche de Joret-Hebert  
Nécessiterait une ré-évaluation des seuils*

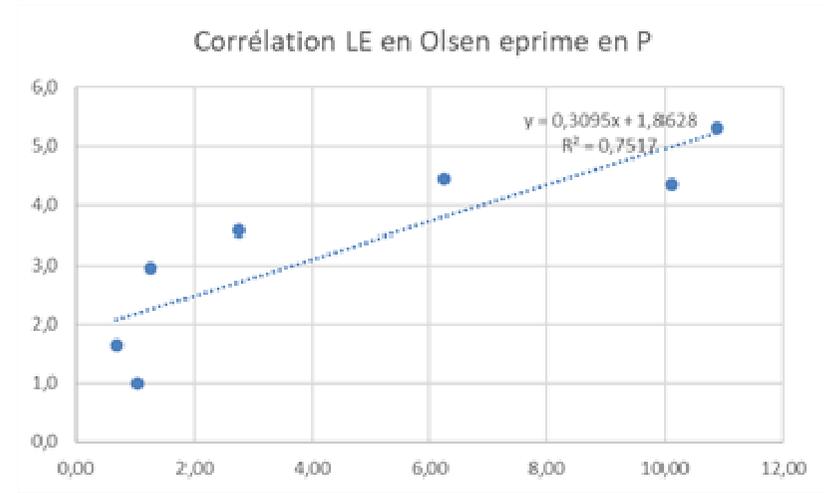
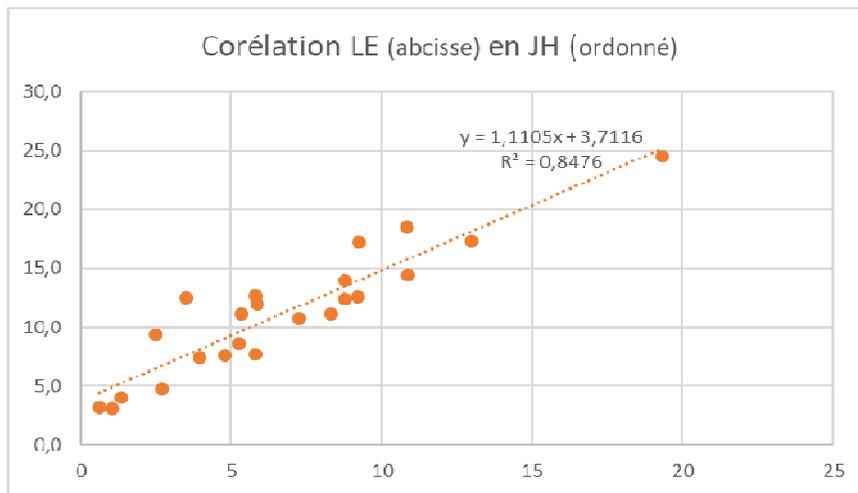
### **Rapport K/Mg**

Prendre **0,7** pour seuil Min  
sinon apport de K  
et **2,5** pour seuil maxi  
sinon apport Mg

# Les niveaux de référence (pivot + seuils) du Phosphore

Extraction à l'acétate d'ammonium EDTA (Methode Lakanen Erviö) 1971

Texture	Sols légers		Sols moyens		Sols lourds	
	< 5,5	≥ 5,5	< 5,5	≥ 5,5	< 5,5	≥ 5,5
pH <sub>KCl</sub>	< 5,5	≥ 5,5	< 5,5	≥ 5,5	< 5,5	≥ 5,5
Élevé (mg P/100 g)	> 9,0	> 10,0	> 6,0	> 7,5	> 4,5	> 6,0
Bon (mg P/100 g)	5,1* – 9,0	6,6* – 10,0	3,0* – 6,0	4,6* – 7,5	2,6* – 4,5	3,6* – 6,0
Bas (mg P/100 g)	< 5,1	< 6,6	< 3,0	< 4,6	< 2,6	< 3,6



Type de sol :	C.E.C. mesurée (6)		Taux saturation	% argile (6)	
limoneux léger à moyen	12	meq/100g	sursaturé en Ca <sup>++</sup>	15%	BIO

Argile, CEC > taille du réservoir

### Résultats de l'analyse - interprétation pour la culture :

### Colza d'hiver

Le dosage de votre parcelle au labo

Le seuil de référence pour ce type de sol

		Très acide	Acide	Légèr. acide	Normal	Légèr. basique	Basique	Trop basique	pH souhaitable
pH KCl <sup>1</sup>	6,0								5,9 à 6,4
pH eau calculé	6,7								
Teneur du sol		Très faible teneur	Faible teneur	Teneur modérée	Moyenne teneur	Bonne teneur	Teneur élevée	Teneur excessive	Teneur souhaitable
Carbone (%C) <sup>3/6</sup>	2,0								1,1 à 1,2
Humus calculé (%)	4,0								2,2 à 2,5
Azote org. (%N) <sup>2/6</sup>	2,1								1,2 à 1,6
Rapport C/N	9,5	Minéralisation rapide							8 à 12

Statut acido-basique  
pH Kcl + bas que pH eau (+/- 0,5 point)

Statut organique  
Humus et N organique > minéralisation

Macro-éléments		Très faible teneur	Faible teneur	Teneur modérée	Moyenne teneur	Bonne teneur	Excès léger	Teneur excessive	Teneur souhaitable
Phosphore (mg P/100g) <sup>4</sup>	8,0								5,1 à 6,7
Potassium (mg K/100g) <sup>4</sup>	14,0								14,1 à 18,8
Magnésium (mg Mg/100g) <sup>4</sup>	14,2								8,7 à 11,7
Calcium (mg Ca/100g) <sup>4</sup>	500								163 à 245
Sodium (mg Na/100g) <sup>4</sup>	4,0								2,5 à 3,5
Soufre mesuré (mg S/100g) <sup>4</sup>	2,3								1,6 à 2,1

Réserve « échangeable » en éléments minéraux

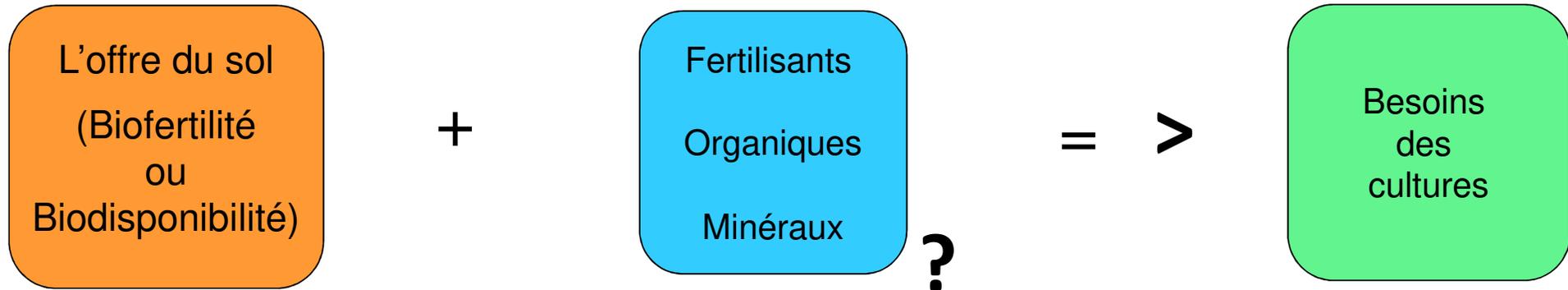
Oligo-éléments		Très faible teneur	Faible teneur	Teneur modérée	Moyenne teneur	Bonne teneur	Excès léger	Teneur excessive	Teneur souhaitable
Bore (ppm) <sup>5</sup>	0,4								0,4 à 0,5
Cuivre (ppm) <sup>4</sup>	1,0								3 à 5
Zinc (ppm) <sup>4</sup>	2,0								4 à 6
Manganèse (ppm) <sup>4</sup>	50,0								72 à 124
Fer (ppm) <sup>4</sup>	210,0								120 à 200

Oligo-éléments

# Conseil de fumure

Principe de base

Méthode des bilans



Tenir compte du disponible minéral échangeable  
Mécanismes physico-chimiques  
> Impasse ou renforcement selon le dosage

**Approcher la bio-fertilité** à partir de  
> la minéralisation de l'humus (MO stable)  
> arrière-effet des MO précédentes  
> résidus du précédent, CIPAN....

Comment gérer le différentiel  
entre exportations et mobilisations  
(= exigence des cultures  
> coefficient de mobilisation  
pour l'exigence des cultures )

# 3 types de cultures et 3 types de sol

Cultures exigeantes (forte mobilisation )

Moyenne

ou

Faibles

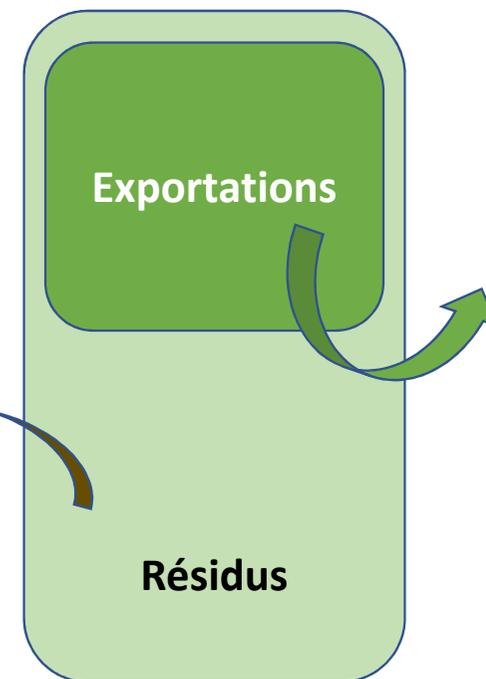
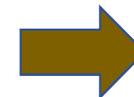
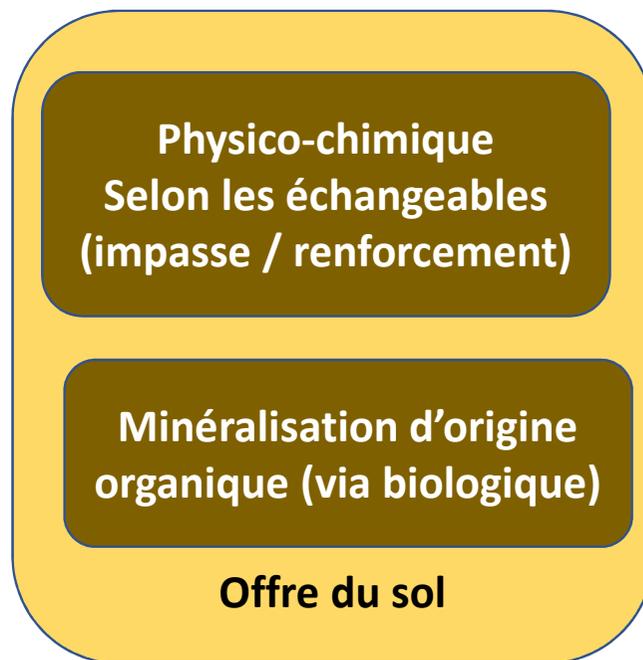
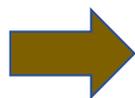
Sol avec teneurs élevée (impasse)

Correcte

ou

Faible (renforcement)

Comment  
appréhender  
en quantité,  
dans le temps,  
l'offre du sol ?



# Comment exprimer la fourniture minérale et la correction du sol si excès ou déficit en P, K, Mg ?

à partir de la valeur PIVOT

*Si la teneur du sol est élevée*

**Economiser** 25 % du différentiel entre la teneur analysée et la teneur recommandée calculée en unités / ha sur une profondeur de 30 cm

> **impasses**

*Si la teneur est correcte (= zone pivot)*

**Pool de fertilité minérale normal**

+ **pertes par lessivage et déséquilibres antagonistes**

**Impasse ou renforcement à répéter pendant 4 ans, puis nouvelle analyse pour faire le point**

*Si la teneur du sol est faible*

**Ajouter** 25 % du différentiel entre la teneur analysée et la teneur recommandée calculée en unités / ha sur une profondeur de 30 cm

> **renforcement**

D'application dans le réseau Requasud, en déduction des essais LD du CRA-W

# Comment évaluer la minéralisation d'origine l'organique ?

Humus  
OK  
C/N/S (P)

CIPAN précédent(s)  
OK  
% dégradation

Fumiers, lisier, etc...  
OK  
% dégradation

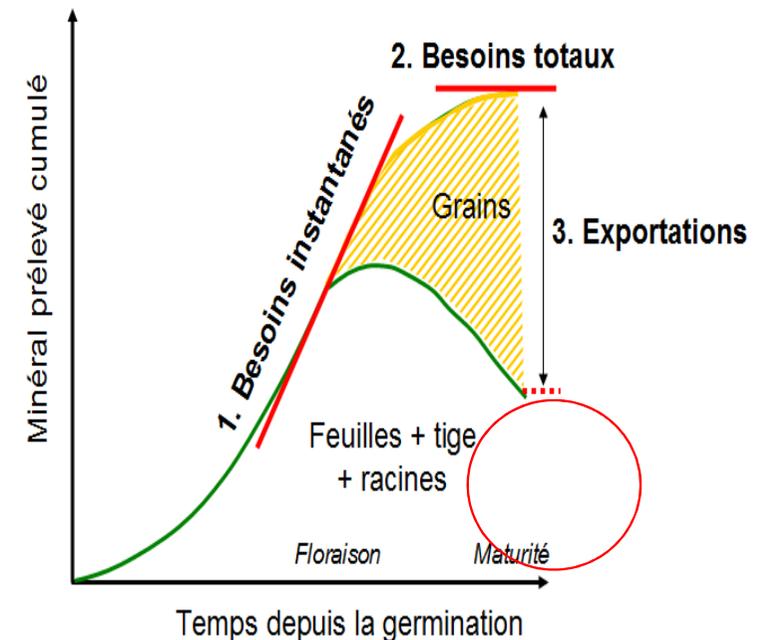
Résidus de N-1  
Exsudats et  
% dégradation

Paille

Valeurs en bruts > % de dégradation dans le temps

**FLUX de minéralisation et de réorganisation (volet + organique) qui compense le différentiel entre « exportation et mobilisation » et pour lequel il serait intéressant de donner de la visibilité.**

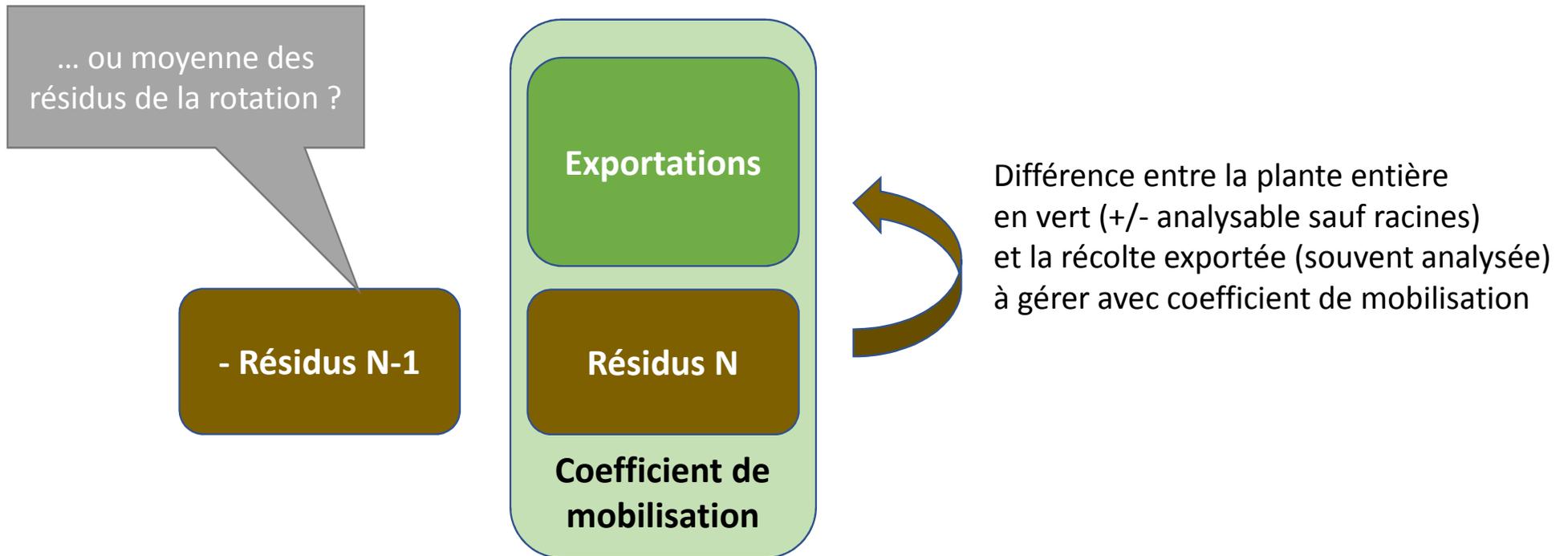
**Qu'on pourrait moyenner sur 4 ans par exemple...  
(rotation au sens large) pour absorber les variations**



# Les 2 logiques possibles concernant les résidus

**Besoins = Exportations Culture + Exportations secondaires N-1** (*+ ajustement selon seuils d'exigence*)

**Besoins = Exportations Culture + Résidus N (= mobilisation) - Résidus N-1**



# Exemple d'évaluation des réserves du sol au bulletin

Macro-éléments		Très faible teneur	Faible teneur	Teneur modérée	Moyenne teneur	Bonne teneur	Excès léger	Teneur excessive	Teneur souhaitable
Phosphore (mg P /100g) <sup>4</sup>	8,0	[Bar chart showing level in 'Bonne teneur' range]							5,1 à 6,7
Potassium (mg K /100g) <sup>4</sup>	14,0	[Bar chart showing level in 'Faible teneur' range]							14,1 à 18,8
Magnésium (mg Mg/100g) <sup>4</sup>	14,2	[Bar chart showing level in 'Bonne teneur' range]							8,7 à 11,7

Ajuster dans le sens de l'impasse ou du renforcement

à compléter

		Azote (N)	Phosphore (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasse (K <sub>2</sub> O)	Magnésium (MgO)	Soufre (SO <sub>3</sub> )
<b>Ajustement du sol par la voie minérale</b>		18	-29	70	-39	0
	Réserve	0	116	-220	157	23
	<b>Correction</b>	0	-29	55	-39	0
	Lessivage	18	0	15	0	0
	Blocage	0	0	0	0	0
	Equilibre	0	0	0	0	0
<b>Ajust. Voie minérale</b>		<b>18</b>	<b>-29</b>	<b>70</b>	<b>-39</b>	<b>0</b>

Ces options basées sur les sols, découplées de la culture, sont renouvelables pendant 4 ans

# Exemple d'évaluation du statut organique au bulletin

Teneur du sol		Très faible teneur	Faible teneur	Teneur modérée	Moyenne teneur	Bonne teneur	Teneur élevée	Teneur excessive	Teneur souhaitable
Carbone (%C) <sup>3/6</sup>	2,0	[Bar chart showing low carbon content]							1,1 à 1,2
Humus calculé (%)	4,0	[Bar chart showing low humus content]							2,2 à 2,5
Azote org. (%N) <sup>2/6</sup>	2,1	[Bar chart showing low organic nitrogen content]							1,2 à 1,6
Rapport C/N	9,5	Minéralisation rapide							8 à 12

Auquel s'ajoutent les résidus de la culture précédente, Cipan, arrière-effets organiques...

	Azote (N)	Phosphore (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasse (K <sub>2</sub> O)	Magnésium (MgO)	Soufre (SO <sub>3</sub> )
Offre du sol via la biofertilité	-49	-21	-64	-13	-35

Minéralisation humus	69	14	13	9	17
Précédent	-20	7	51	4	18
Anc Prairie	0	0	0	0	0
Cipan	0	0	0	0	0
UGB	0	0	0	0	0
Colza	0	0	0	0	0
tallage cer.	0	0	0	0	0
<b>Offre via biofertilité</b>	<b>-49</b>	<b>-21</b>	<b>-64</b>	<b>-13</b>	<b>-35</b>

Turn over

à formaliser autrement  
> turn over

à renforcer et stabiliser  
> turn over

> La précision de beaucoup de valeurs reste à améliorer

## Que génère comme différences l'option « Culture biologique » ?

- **Le rendement des cultures** pris en référence pour le calcul des besoins est défini forfaitairement sur un niveau inférieur raisonnable auquel s'ajoute aussi un coefficient régional de fertilité
- **Les fournitures par bio-fertilité** sont modifiées (*par extrapolation provisoire*)
  - + 10% (?) d'azote et de soufre pour la minéralisation de l'humus vu la l'absence de produits phytosanitaires  
L'apport plus fréquent de matière organique, s'il est noté dans la feuille de renseignement, renforce aussi la minéralisation
  - + 20% (?) pour le phosphore (idem, sur base de données concernant la mycorhization)
  - Pas de modification pour le K et Mg dont la disponibilité est davantage physico-chimique
  - Pas de modification des résidus organiques et du précédent cultural
- Les **commentaires** sont ajustés en fonction des fertilisants autorisés

## Relation entre phosphore et mycorhizes

Taux de mycorhization (= champignons) sur blé à Boigneville (Arvalis)				Hiver 10/12/96	Printemps 17/3/97	Été 5/6/97
Itinéraire cultural combinant travail du sol, apport de phosphore, rotation et phytosanitaires différenciés						
<b>Technique +</b> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	rotation 3 ans Fongicide	Labour	54	2 %	5 %	10 %
<b>Biologique</b> compost	Rotation diversifiée 0 Fongicide	Labour		5 %	15 %	40 %
<b>Hectare +</b> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	rotation 3 ans Fongicide	TCS	63	0 %	0 %	1 %
<b>Intégré</b> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	rotation 3 ans 1/2 Fongicide	TCS	0	2 %	5 %	15 %

Toutes les cultures de mycorhizent pas de la même façon !

# Base de données pour chaque culture

## Rendement de Référence

- + ajustement régional
- + Maxi ( limite si demande agriculteur
- + Mini (= réf. BIO)

**Exportations en unités (N-P-K-Mg-Ca-S)**  
par tonne de récolte (en brut, parfois sec)

**Exportations en récolte secondaire**  
par tonne de récolte PRINCIPALE (*ratio*)

X coefficient  
mobilisation

Calcul des **besoins en AZOTE**  
soit forfait /ha Requasud  
soit sur base de la récolte

+ Coefficient d'occupation  
du sol pour N + selon culture

Besoins globaux en  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $SO_3$

Résidus enfouis  
en unités /t de récolte

Exsudats et résidus  
si Rec sec ramassé

Seuils Maxi en conseils  
N-P-K-Mg-S

La base des données des cultures reprend les valeurs suivantes

Colza d'hiver		CARAH ajusté					
301	Code Carah		N Forfait /ha	0		tolerance sel	0
0	Code requasud	Princ	Sec	Fumure maximum			
1	Classe pH	%MS	%MS	N	P2O5	K2O	MgO
F	pression MS/MF	91	80	240	150	400	100
4,2	Rdt défaut /ha	ratio sec/princ	0	COS	0,4	SO3	100
3	Rdt min		un./t récolte,	Coefficient d'occupation du sol pour N			
5,5	Rdt maxi	<b>Export</b>	exporté en	Export.	TOTAL	Coefficient	Besoins
	un./t exporté (récolt princ.)	princ./ha	(paille) %MS	sec /ha	Export /ha	Mobilisation	Culture
29,0	N	122	13,8	58	180	2,4	292
14,0	P2O5	59	5	21	80	1,5	88
10,0	K2O	42	55	231	273	6	252
4,0	MgO	17	10	42	59	4	67
50	CaO	210	0	0	210	1	210
5	SO3	21	0	0	21	3	63
un./t réc. ENFOUI (= résidu)		Residu /ha	Solde si rec sec ramassé		Res /ha	Sensibilité Oligo ( 0-1-2-3)	
4,4	Res N enfoui	19	2	Res N	8	B	3
7,0	Res P2O5 enfoui	29	1	Res P2O5	4	Cu	0
30,0	Res K2O enfoui	126	10	Res K2O	42	Zn	0
17,8	Res MgO enfoui	75	0	Res MgO	0	Mn	0
12,4	ResSO3 enfoui	52	5	ResSO3	21	Fe	0

Rendement  
Référence  
Maxi  
Mini

Exportations en  
unité par tonne  
de récolte

Exportations  
secondaires  
sur base du  
rdt principal

Résidus enfouis  
en unités /t de  
récolte

Exsudat et résidus  
si Rec sec ramassé

Blocage  
MAXI

Correction  
selon les  
besoins

Oligos pour  
commentaires

# Exemple de bilan au bulletin

<i>Précédent cultural</i>		<i>Escourgeon</i>		TERR-180126-01799		
<b>Conseils pour la culture :</b>		<b>Colza d'hiver</b>		<b>bio</b>	<b>Avis de fumure kg/ha</b>	
Avis en kg/ha	rendement de référence t/ha	Azote (N)	Phosphore (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasse (K <sub>2</sub> O)	Magnésium (MgO)	Soufre (SO <sub>3</sub> )
<b>Exportations nettes</b>	<b>3</b>	87	42	30	12	15
<b>Ajustement des besoins</b>		<b>209</b>	<b>63</b>	<b>180</b>	<b>48</b>	<b>45</b>
<b>Ajustement du sol par la voie minérale</b>		18	-29	70	-39	0
<b>Offre du sol via la biofertilité</b>		-49	-21	-64	-13	-35
<b>Bilan de fertilisation *</b>		<b>178</b>	<b>13</b>	<b>186</b>	<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Apports organiques récents ou prévus</b>		-23	-19	-39	-10	-5
<b>Apports minéraux récents ou prévus</b>		0	0	0	0	0
<b>Conseil de fertilisation*</b>		<b>155</b>	<b>0</b>	<b>147</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Rendement  
Bio de  
référence

Exportation  
Mobilisation  
idem

Offre et  
correction  
du sol

Apports  
récents ou  
prévus

+  
Commentaires  
+/- spécifiques

# Exemples de commentaires

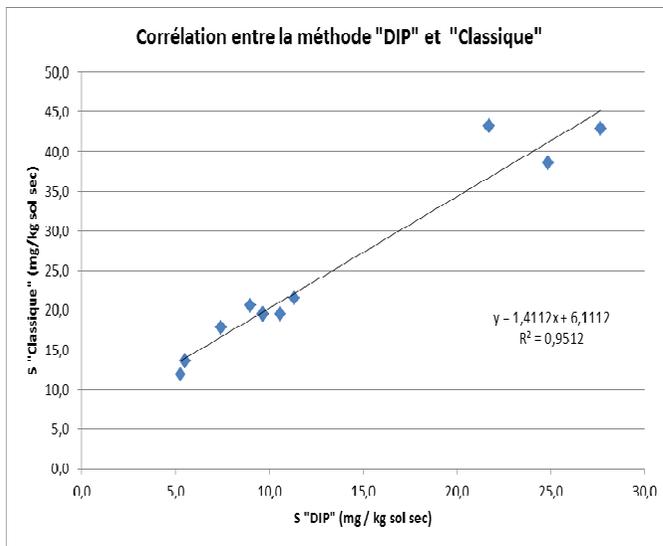
<b>Macro-éléments</b>	
<b>Azote :</b>	Calcul réalisé selon la méthode normalisée du réseau Requasud. Les éventuels effluents d'élevage ont été valorisés dans ce bilan.
<b>Phosphore :</b>	Vu la bonne teneur en phosphore, l'ajustement du sol par voie minérale prévoit une réduction des apports afin de valoriser l'excédent en réserve. Cet ajustement est renouvelable pendant 4 ans.
<b>Potassium :</b>	Vu la teneur un peu faible en potassium, ne négligez pas un apport avant une culture exigeante comme les plantes racines (betteraves, pommes de terre, etc) si les apports organiques sont trop limités.
<b>Magnésium :</b>	Vu la bonne teneur en magnésium, l'ajustement du sol par voie minérale prévoit une réduction des apports afin de valoriser l'excédent en réserve. Cette valeur réduction est renouvelable pendant 4 ans.
<b>Soufre :</b>	Attention, en prairies, la disponibilité du soufre en sortie d'hiver, risque d'être insuffisante par rapport aux besoins. En cours de saison, la disponibilité du soufre s'accroît avec l'activité biologique liée à l'augmentation

Pour le choix des engrais autorisés en culture biologique, se référer à l'annexe 1 du règlement CE/89/2008 ou à un organisme de contrôle comme CERTISYS

## L'ajout du SOUFRE

Cfr Travaux du CARAH (Julien) pour Rosier (JMP/TC)

- Quelle méthode ? Acétate classique / Mehlich / Scott / KCl / Eau (DIP)



**L'extraction DIP ou à l'eau** est une analyse basée sur l'extraction des éléments minéraux avec de l'eau ultra pure sur sol frais, elle précise la richesse du sol au moment du prélèvement. C'est un indicateur instantané qui mesure la disponibilité immédiate en éléments nutritif solubles, susceptible d'évoluer rapidement dans le temps.

**La méthode « classique »** est utilisée couramment par tous les laboratoires d'analyses de sols en Région Wallonne. Les éléments échangeables sont d'abord extraits au moyen d'une solution d'acétate d'ammonium-EDTA (pH 4,65) et ensuite dosé par spectrométrie au moyen d'une torche à plasma (ICP). Cette méthode est recommandée par l'ISSeP pour l'extraction des éléments minéraux disponibles dans les terres agricoles.

**Dosage : 1,5 à 4,5 mg/100 g de S selon la méthode classique**  
**Corrélation satisfaisante avec Mehlich, Scott et KCl (et DIP x 2)**

*Reste à valider en prairies, vu le taux élevé de MO mais avec déficit de minéralisation en sortie d'hiver.*

Acquis et compléments ? .. à ce stade



Le calcul du bilan est explicite pour l'agriculteur

- > lié à la culture (*coefficient de mobilisation*)
- > lié aux échanges physico-chimiques
- > lié à la bio-fertilité (*données à améliorer*)



Le conseil de fumure

- > prend en déduction les apports récents  
Minéraux, Organiques + Résidus du précédent (*données à améliorer*)
- > et **plafonne** les corrections additionnelles
- > devrait être compété par d'autres indications concernant la **rotation**

## Respectons l'agriculture

Notre métier, depuis 300 générations,  
Se fait à risques, durement, souvent à vie.  
C'est un métier de terroir, d'efforts, de passion.  
C'est le métier d'agriculteur. On l'a choisi.

Vous tous, nos voisins, amis et consommateurs,  
Avec qui nous vivons, pour qui nous travaillons,  
Vous, qui donnez sens au métier d'agriculteur,  
Devez savoir aujourd'hui ce que nous pensons.

Longtemps, vous comme nous, avions peur d'avoir faim.  
Depuis cent ans, la révolution agricole  
Nous a tous libérés du poids du prix du pain.  
Nous récoltons tous les fruits du travail du sol.

Nous sommes vos bras, vos charries et vos tracteurs.  
Les cultures que nous semons et récoltons,  
Regardez-les, partagez-les, sans avoir peur.  
Notre fierté est dans ce que nous produisons.

Face aux famines, nous avons longtemps peiné.  
Depuis, nutrition, protection et sélection  
Nous ont apporté beaucoup d'efficacité.  
Cela s'est appelé « intensification ».

On nous poussa même à l'excès pendant vingt ans.  
Mais depuis trente ans, combien d'améliorations !  
On a réduit de plus de moitié les intrants,  
Et plus encore les risques de pollution.

Paradoxalement, à l'époque erratique,  
Les médias « grand public » étaient indifférents.  
De nos jours, nous entendons beaucoup de critiques,  
Alors que nous intégrons l'environnement.

Oui, nous fertilisons et soignons nos cultures.  
Nous rendons à la terre ce qu'on lui a pris.  
Nous savons comment équilibrer les fumures  
En croisant écologie et agronomie.

L'azote minéral, à dose raisonnable,  
Capté dans l'air par l'énergie de l'industrie,  
Produit cinq fois plus d'énergie renouvelable.  
C'est un « bilan carbone » qui nous grandit.

Dans un monde au budget « santé » tout en croissance,  
D'aucuns rêvent d'une campagne « sans phyto »  
Suspectant l'humble paysan d'inconscience,  
Quand, face aux fléaux, il défend ses végétaux.

Aujourd'hui, chers voisins, amis, consommateurs,  
Il est temps d'arrêter la désinformation,  
D'avertir à quel point des oiseaux de malheur  
Préparent, peu ou prou, notre disparition.

Alors oui, notre agriculture raisonnée  
Mérite le respect, la considération !  
Le lait, la viande et le grain servent la santé.  
C'est la vie qui s'exprime au creux de nos sillons.