



13^{èmes} Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse

comifer

Gemas
Groupeement d'Etudes Microscopiques pour l'Analyse des Sol

Avec la participation de 

La spectroscopie proche infrarouge, une aide au conseil de fumure

Renneson M., Mariage C.* , Genot V. et Colinet G.

**Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech – Département BIOSE – Axe
Echanges Eau-Sol-Plante – 2, Passage des Déportés – B-5030 Gembloux –
clemence.mariage@ulg.ac.be*

Le réseau REQUASUD



Qualité alimentaire, technique NIR et nitrates dans les sols

Qualité microbiologique

Qualité minérale des Produits

Qualité des Sols



Le réseau REQUASUD



Qualité alimentaire, technique NIR et nitrates dans les sols

Qualité microbiologique

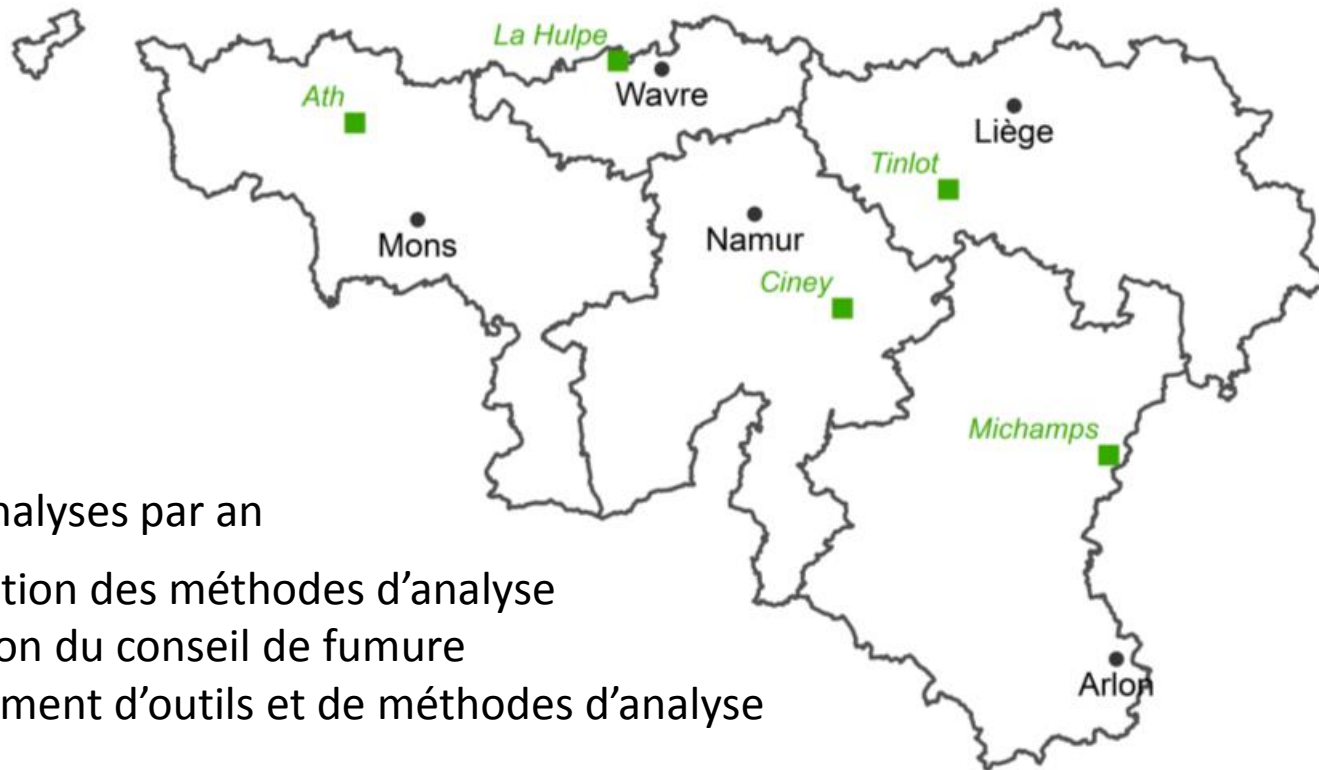
Qualité minérale des Produits

Qualité des Sols



Le réseau REQUASUD

En Wallonie, les laboratoires d'analyse de terre sont regroupés au sein d'un réseau – ASBL REQUASUD



~15000 analyses par an

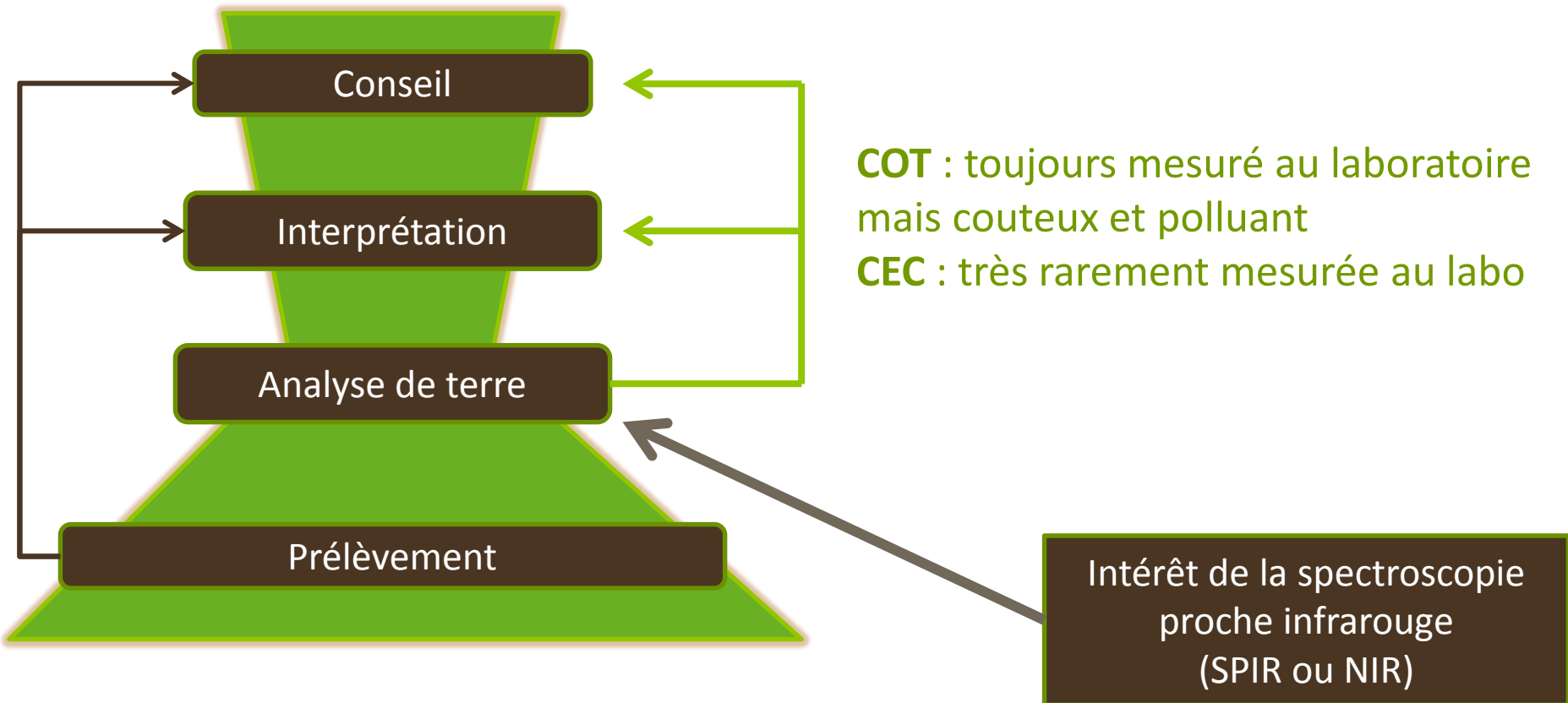
Harmonisation des méthodes d'analyse

Amélioration du conseil de fumure

Développement d'outils et de méthodes d'analyse

...

Contexte



La SPIR dans les sols



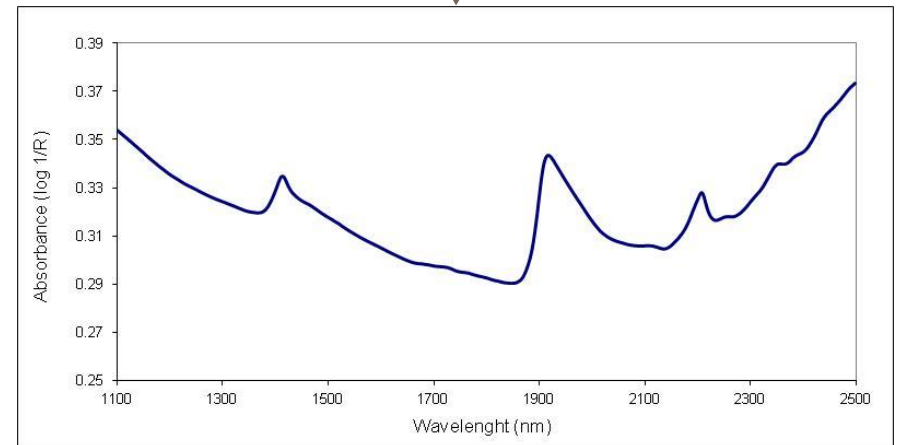
Echantillon

Rayonnement
(entre 1100 et 2500 nm)

Détecteur



$R(\lambda)$
Transformation en $A = \log 1/R(\lambda)$



Spectre d'absorption = empreinte globale
caractéristique de l'échantillon

La SPIR dans les sols

SOL = matrice complexe minérale et organique \Rightarrow interprétation des bandes d'absorption délicate

Spectre influencé par

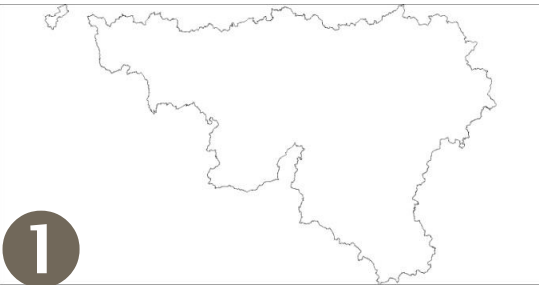
- l'humidité du sol
- la matière organique
- la composition minérale
- la texture
- la teneur en carbonate de calcium
- ...

+ structure physique du matériel, la taille, la forme et l'arrangement des particules

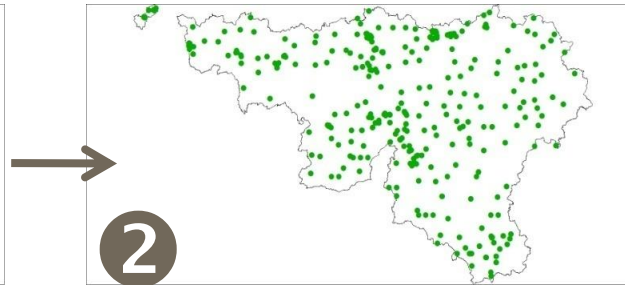
→ Besoin d'une phase de calibrage pour une utilisation quantitative de la réponse spectrale + protocole « analytique »



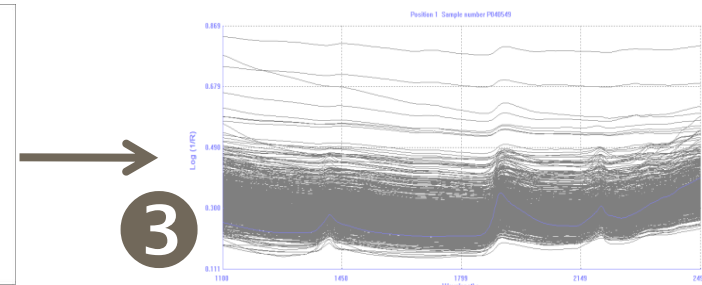
La phase de calibrage : développement d'une base de données spectrale



Evaluation de la diversité de la population pour les propriétés étudiées



Sélection d'un lot de calibrage représentatif de la population



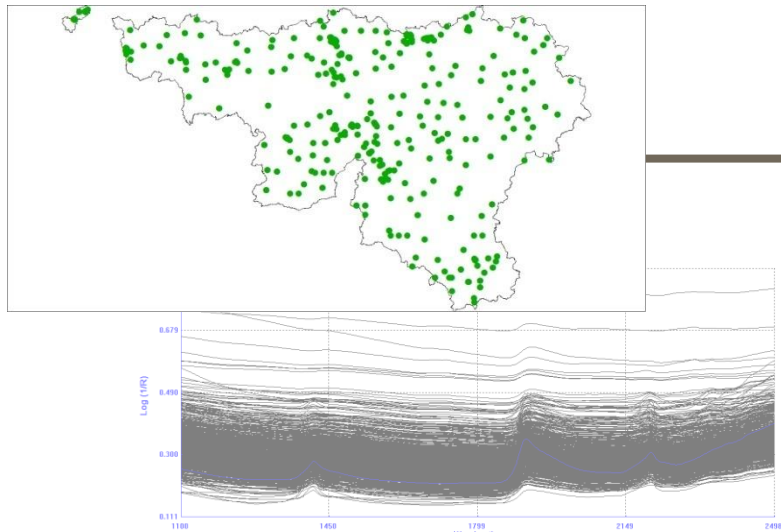
*Analyses selon les méthodes de référence
ET
Saisie des spectres*

4 *Calibrage ⇔ modèle
Régression PLS*

La phase de calibrage : développement d'une base de données spectrale

CALIBRAGE : comparaison entre les résultats obtenus en travaillant en régression PLS globale et locale

Régression **GLOBALE** :



Sélection de la totalité de la base de données spectrale

Une seule équation de régression

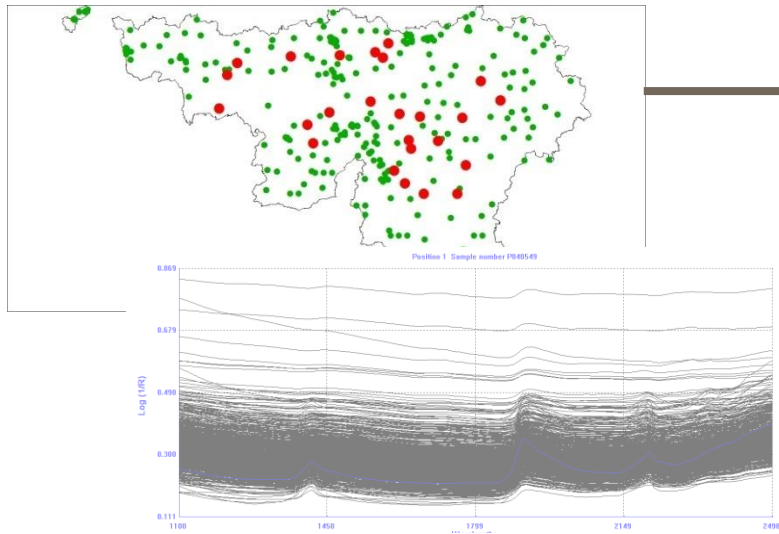
Prédiction d'un nouvel échantillon



La phase de calibrage : développement d'une base de données spectrale

CALIBRAGE : comparaison entre les résultats obtenus en travaillant en régression PLS global et local

Régression **LOCALE** :



Sélection des échantillons les plus proches
dans la base de données spectrale

Elaboration d'une équation de
régression avec ces échantillons
sélectionnés

Prédiction d'un nouvel
échantillon



La phase de calibrage : développement d'une base de données spectrale

Evaluation de la qualité des modèles

Qualité des prédictions :

- 2 prises de spectre et calcul du RMS
- Erreur standard de validation croisée (SECV), erreur standard de prédiction (SEP), coefficient de corrélation (r^2), rapport écart-type pop./ SEP (RPD), coefficient de variation (CV)

Ex. RPD ≥ 2 : ok

1,4 \leq RPD < 2 : moyen

1,4 $<$ RPD : mauvais

$$SEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (y_i - \hat{y}_i)^2}{k}}$$

⇒ Régression locale

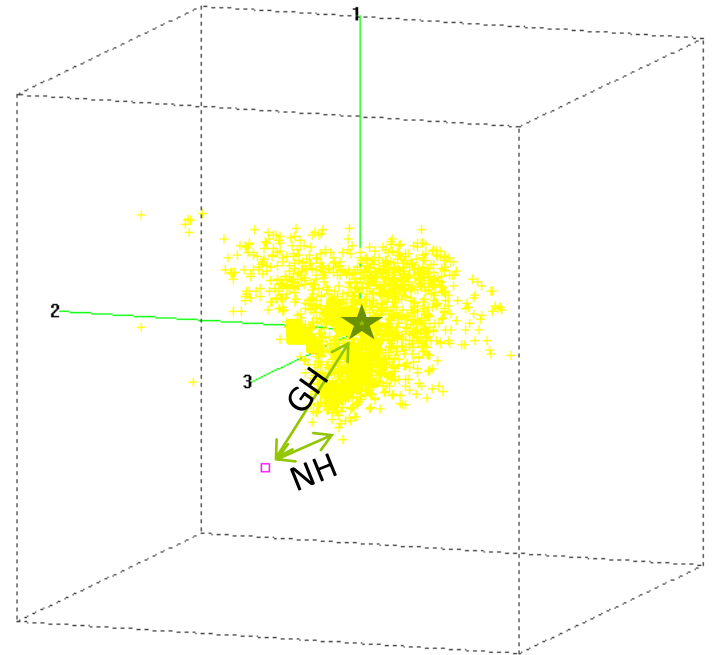
- GH et NH

GHmax = 3

NHmax = 1

Sinon, analyses classiques et implémentation de la base de données

- Aussi fidèle que méthodes analytiques classiques



Utilisation de la SPIR en routine

Base de données



Transfert de la base de données du XDS "maître" vers les XDS utilisés dans les laboratoires du réseau



~120 éch/jour et /technicien
Calibration annuelle

Utilisation de la SPIR en routine

SOLS SECS :

Paramètres prédits : COT, NT, % d'argile, CEC

3 bases de données :

- Cultures
- Prairies
- Jardins

SOLS HUMIDES : humidité, COT, % d'argile



Utilisation de la SPIR en routine

Résultats analytiques					# : Essais accrédités	
Zone : B	pH KCl :	5.10	X	Acide	pH acétate :	6.42
DP 364	* Humus (%) :	7.7	X	Élevé	Taux d'argile (%) :	Nir 14.53
16A4730	* Nt (g/kg) :	3.0			* CEC (cmol/kg) :	10.8
	P (mg/100g) :	7.0	X	Élevé	Rapport C/N :	13.0
	K (mg/100g) :	11.3	X	Faible	Minéralisation ralentie	
	Mg (mg/100g) :	26.9	X	Elevé	Rapport K/Mg :	0.4
	Ca (mg/100g) :	199	X	Elevé	Risque de carence en K	
					Rapport Ca/Mg :	7.4
					Rapport correct	



Prédiction de 89% des cultures et 85% des prairies pour le COT (70 % en 2012)

	N	r ²	SEC	RPD
Cultures	10139	0,93	0,21	3,8
Prairies	8849	0,91	0,49	3,4

Utilisation de la SPIR en routine

Résultats analytiques						# : Essais accrédités
Zone : B	pH KCl :	5.10		Acide	pH acétate :	6.42
DP 364	* Humus (%) :	7.7		Élevé	Taux d'argile (%) :	Nir 14.53
16A4730	* Nt (g/kg) :	3.0			* CEC (cmol/kg) :	10.8
	P (mg/100g) :	7.0		Élevé	Rapport C/N :	13.0
	K (mg/100g) :	11.3		Faible	Minéralisation ralentie	
	Mg (mg/100g) :	26.9		Elevé	Rapport K/Mg :	0.4
	Ca (mg/100g) :	199		Elevé	Risque de carence en K	
					Rapport Ca/Mg :	7.4
					Rapport correct	

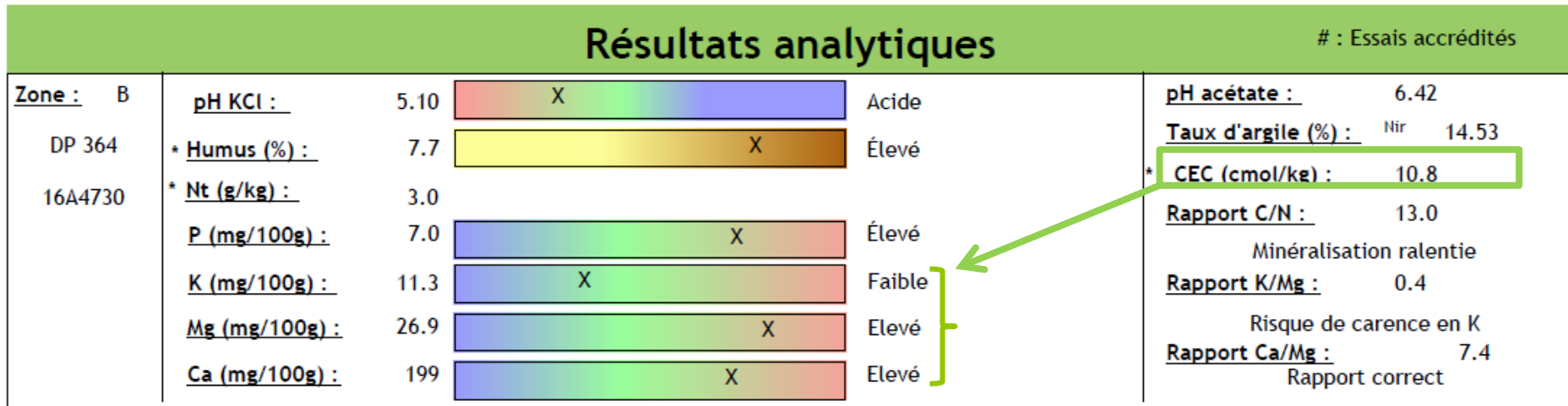
Interprétation du phosphore

Texture	Sols légers		Sols moyens		Sols lourds	
	< 5,5	≥ 5,5	< 5,5	≥ 5,5	< 5,5	≥ 5,5
Élevé (mg P/100g)	> 9.0	> 10.0	> 6.0	> 7.5	> 4.5	> 6.0
Bon (mg P/100g)	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/100g)	< 5.1	< 6.6	< 3.0	< 4.6	< 2.6	< 3.6



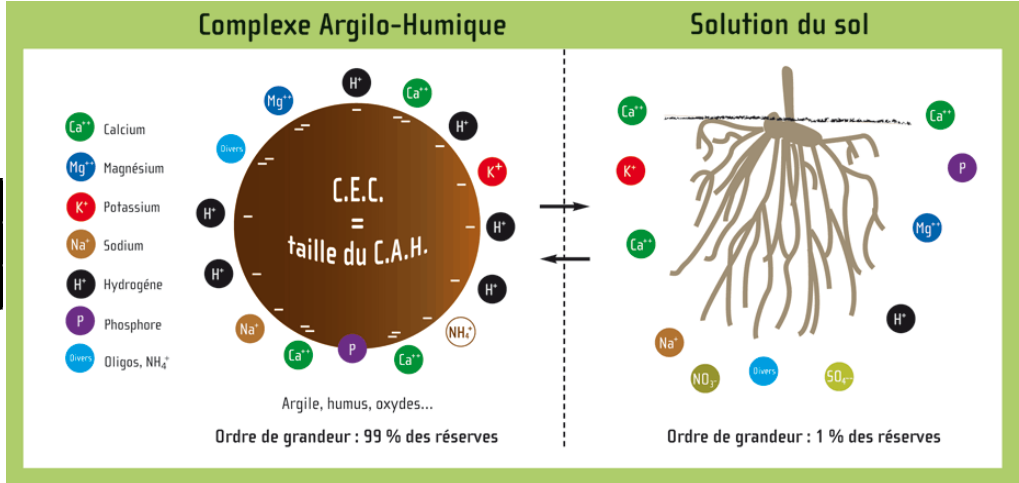
Un conseil de fumure raisonné le cas du phosphore
Ed. 2011 - 15 p. - 1,4 Mo

Utilisation de la SPIR en routine



Interprétation du K, Mg et Ca

	N	r ²	SEC	RPD
Cultures	1228	0,81	2,47	2,3
Prairies	855	0,85	3,15	2,6



Conclusions

- Méthode rapide, peu couteuse, peu polluante et non consommatrice de terre
- Protocole à mettre en place + phase de calibration nécessaire avant une utilisation en routine → intérêt de travailler en réseau
- Méthode PLS régression locale
- Implémentation continue de la base de données
- Sur sols secs et humides
- Prédiction de paramètres peu analysés par méthodes classiques et utiles pour le conseil de fumure
- Aussi fidèle que méthodes analytiques classiques

Perspectives

D'autres paramètres possibles

Exemple : formes de la matière organique

En complément des méthodes d'analyses classiques

Bases de données fonction des méthodes analytiques classiques?

Merci pour votre attention

