

12 AVRIL 2022  
**WEBINAIRE**



**Oligo-éléments et contaminants  
métalliques en agriculture :**  
quelles réponses face  
aux enjeux agronomiques,  
sanitaires, environnementaux ?

[www.comifer.asso.fr](http://www.comifer.asso.fr)

# I – Eléments traces en agriculture : de quoi parle-t-on ?

Définitions

Présentations des notions de base

*Animatrice :*  
*Valérie Sappin-Didier - Chercheur - INRAE*

*Animateur Chat :*  
*Matthieu Bravin - Chercheur - Cirad*

- **Généralité sur les oligo-éléments et contaminants métalliques**

(Définitions, cycle des ET, phytodisponibilité...)

Laurence Denaix - Chercheur - INRAE UMR ISPA (Interactions Sol Plante Atmosphère)

- **Etat de la réglementation sur les ETM**

Camille Béchaux - Chargée de mission matières fertilisantes - DGAL-MAA

- **Les analyses de terre et de végétaux par les laboratoires d'analyses**

Annie Guérin - Responsable technique "Spectrométrie" INRAE - LAS d'Arras

- Laboratoire d'Analyse des Sols -

Pierre Masson - Directeur de l'USRAVE, Unité de Services et de Recherche en Analyses Végétales  
et Environnementales - INRAE

- **Quelle analyse, pourquoi, pour qui, les interrogations ?**

Valérie Sappin-Didier - Chercheur - INRAE UMR ISPA (Interactions Sol Plante Atmosphère)-  
Equipe Biogéochimie des éléments traces

# I – Éléments traces en agriculture : de quoi parle-t-on ?

---



- **Les analyses de terre et de végétaux par les laboratoires d'analyses**

**Annie Guérin** - Responsable technique Spectrométrie et Responsable production - LAS d'Arras - Laboratoire d'Analyses des Sols - INRAE

**Pierre Masson** - Directeur de l'USRAVE, Unité de Services et de Recherche en Analyses Végétales et Environnementales - INRAE

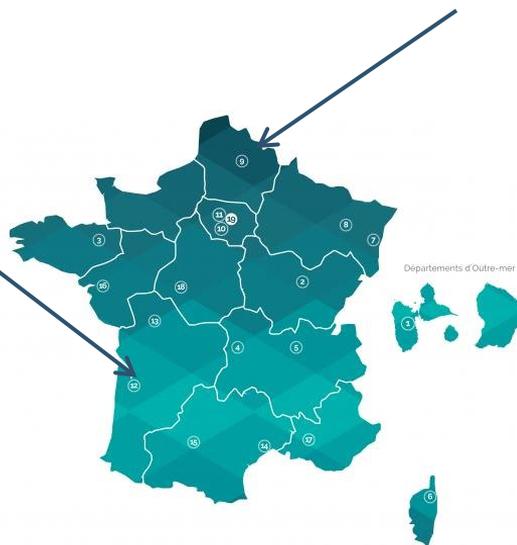
# Unités INRAE au service de la recherche

Unité de Service et de Recherche en Analyses  
 Végétales et Environnementales

Laboratoire d'Analyses des Sols

Arras

Villenave d'Ornon



# Quelles analyses des sols et des végétaux ?

## Agriculture - Alimentation - Environnement

### Intérêts :

- Agriculture (fertilisation, nutriments)
- Environnement (pollutions, éléments toxiques)
- Fruits, légumes et céréales (réglementation)
- Forêts (suivi des arbres par leur composition minérale)

### Partenaires :

Unités de Recherches INRAE, Universités, etc.

Observatoires de l'environnement (SOERE PRO, SOERE ACBB, ICOS, Office National des Forêts, Muséum National d'Histoire Naturelle,...)



# Quelles analyses des sols et des végétaux ?

## **ANALYSES de la composition chimique**

**Éléments majeurs et oligo-éléments ( $\geq 100$  mg/kg ou  $0.1$  ‰)**

**Al, C, Ca, Cl, Cu, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, P, S, Zn**

**Éléments en traces ( $\leq 100$  mg/kg ou  $0.1$  ‰)**

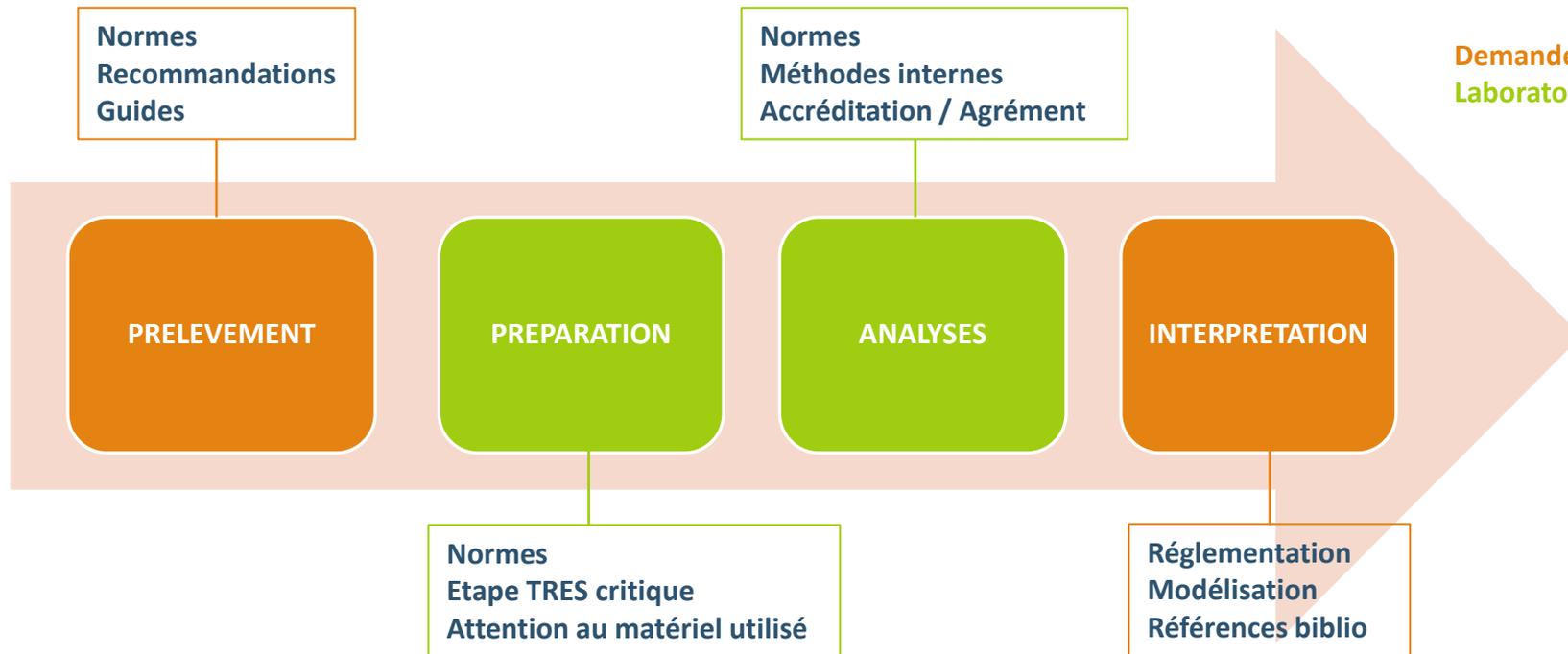
**As, Ag, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V**

**Éléments en ultra-traces ( $\leq 100$  µg/kg)**

**Au, Pd, Pt, Rh...**



# Les étapes clés d'une analyse de sols et de végétaux



# Intérêt des méthodes validées

---

Obtenir des données fiables, répétables et durables

Maîtriser les méthodes dans le temps

Les méthodes utilisées (minéralisation, analyse instrumentale...) sont parfaitement caractérisées

**Cette caractérisation des méthodes permet :**



D'avoir des données de référence (Incertitude, limite de quantification)



Faire des choix éclairés sur des modifications de protocoles

# Quelles analyses de végétaux ?

**VÉGÉTAUX**

**PRÉPARATION**

**SECHAGE**

**BROYAGE**

**MISE EN SOLUTION**

**DÉTERMINATION**

**CONTRÔLE QUALITÉ**

**CALCULS**

**RÉSULTATS**



# Points critiques de la préparation des échantillons : exemple du broyage

Une large gamme de broyeurs disponibles.



Type moulin à café : M20, A10



Broyeur oscillo-vibrant

Broyeur à couteau : SM 2000



Broyeur à marteaux : SK1



# Contaminations dues au broyage

De quoi sont composés les broyeurs ?

La matière première	Éléments majoritaires	Autres éléments (0,1 à 20%)
<b>Oxyde de zirconium</b>	<b>Zr et O</b>	<b>Y, Si, Mg, Ca, Fe, K</b>
<b>Aluminium</b>	<b>Al</b>	<b>Mg, Fe, Si</b>
<b>Acier</b>	<b>Fe</b>	<b>C, Si, Mn, P, S, (Ni), Cr, (Mo), Co</b>
<b>Inox</b>	<b>Fe</b>	<b>Si, Mn, Ni, Cr</b>
<b>Fonte</b>	<b>Fe</b>	<b>C, Si, Mn</b>
<b>Carbure de tungstène</b>	<b>W et C</b>	<b>Ti, Ta, Nb (Co)</b>
<b>Titane</b>	<b>Ti</b>	<b>Fe, N, Co</b>

Composition (exemple broyeur à marteaux)

trémie	Aluminium
tamis	inox
cuve	fonte
marteaux	acier chromé

**Informations disponibles  
chez quelques  
constructeurs**

# Contaminations dues au broyage

## ✗ Résultats Molinie

%	Cr	Co	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	P	Pb	K
SM 2000		51		15	15	8		15		13
ZM 100	147	497								
A 10	3 996	546	88			150	1 190			
M 20										
SK1	200	87	51	15	14		105	18	20	20
MF 10	542	64	37				149			
CULATTI										
ZM 1	2 497	316				610	1 005			

Enrichissement

- >1000 %
- 100 -1000 %
- 5 -100 %
- non significatif

# Quelles analyses de sols ?

## Analyses de caractérisation

- Granulométrie 5 fractions
- pH (eau, KCl)
- Teneur en C total et organique
- Teneur en N total
- Taux de calcaire

➔ Utiles à l'interprétation des résultats



# Quelles analyses de sols ?

## Les FAMILLES de méthodes

### Teneurs TOTALES

ETM et éléments majeurs : As, Cd,  
Cr, Cu, Al, Ca, Fe, Mn,...

### ETM BIODISPONIBLES

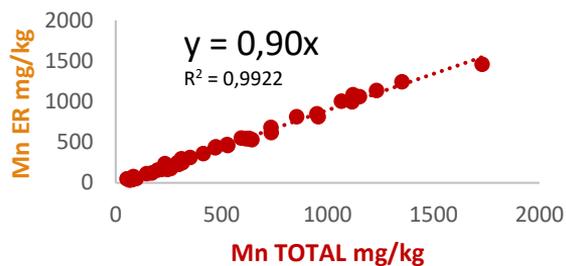
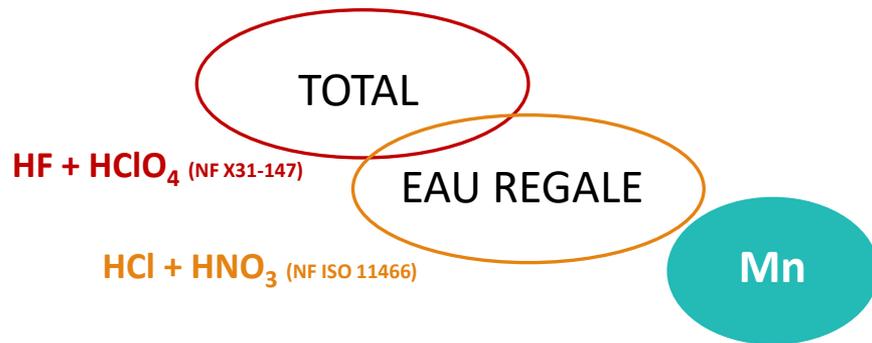
As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, ...+ Mn

Cations ECHANGEABLES et CEC  
Ca, Mg, K, Mn, Na + Al, Fe, H<sup>+</sup>

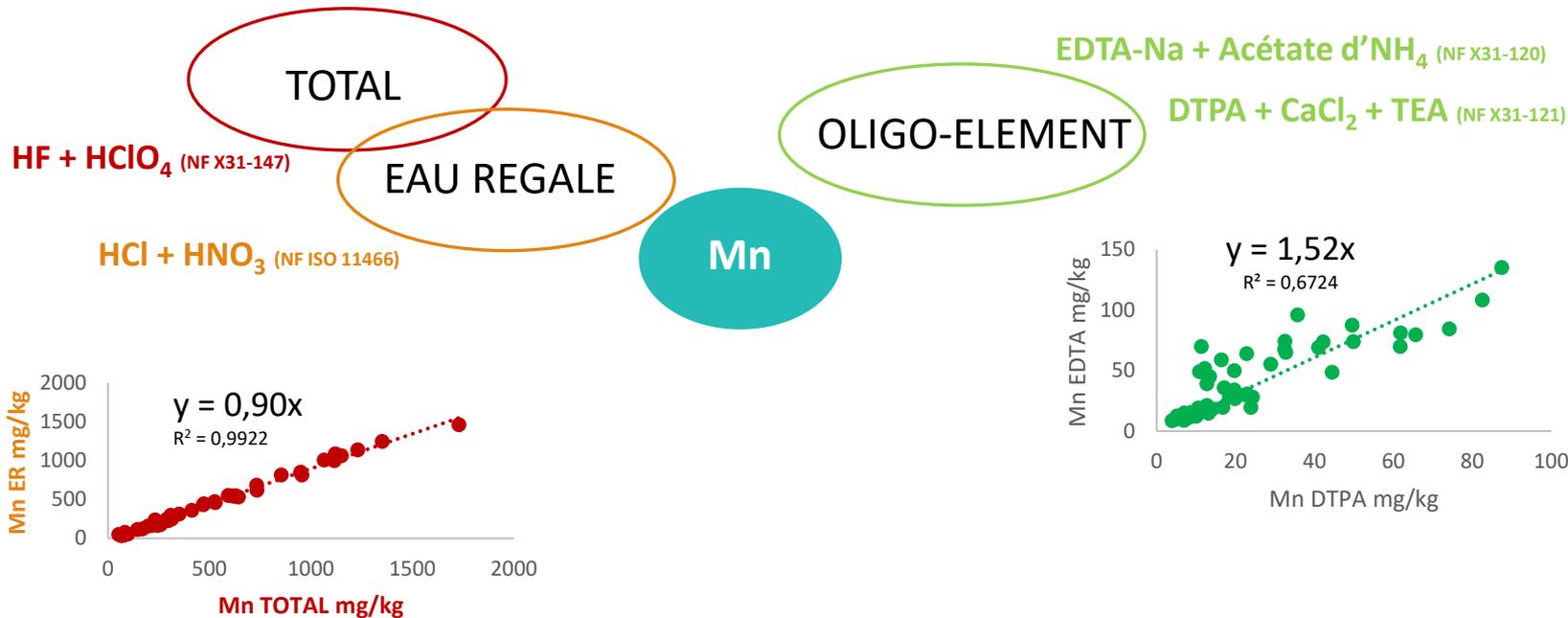
OLIGO-ELEMENTS  
Cu, Fe, Mn, Zn et B

P ASSIMILABLE

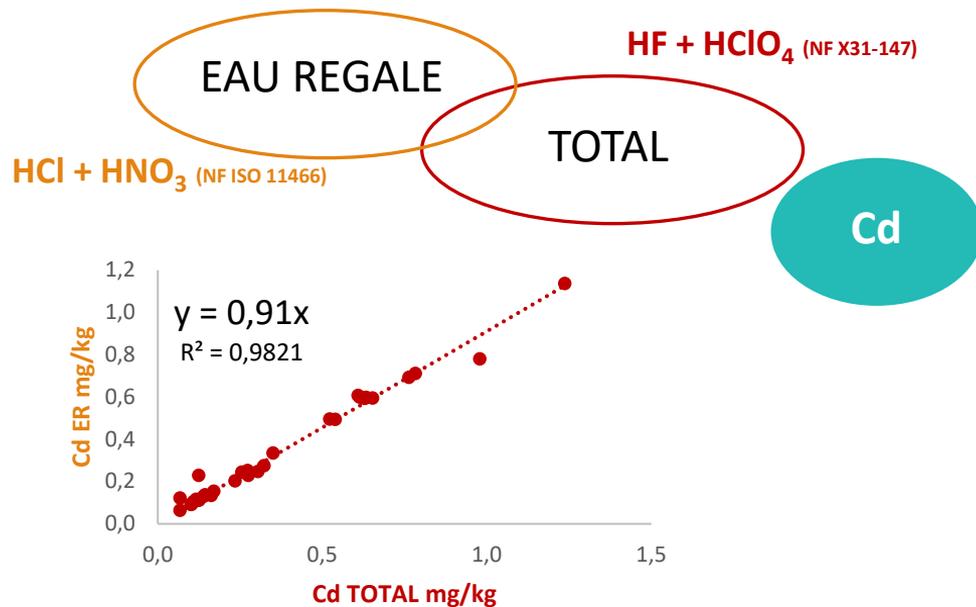
# Quelles analyses de sols ?



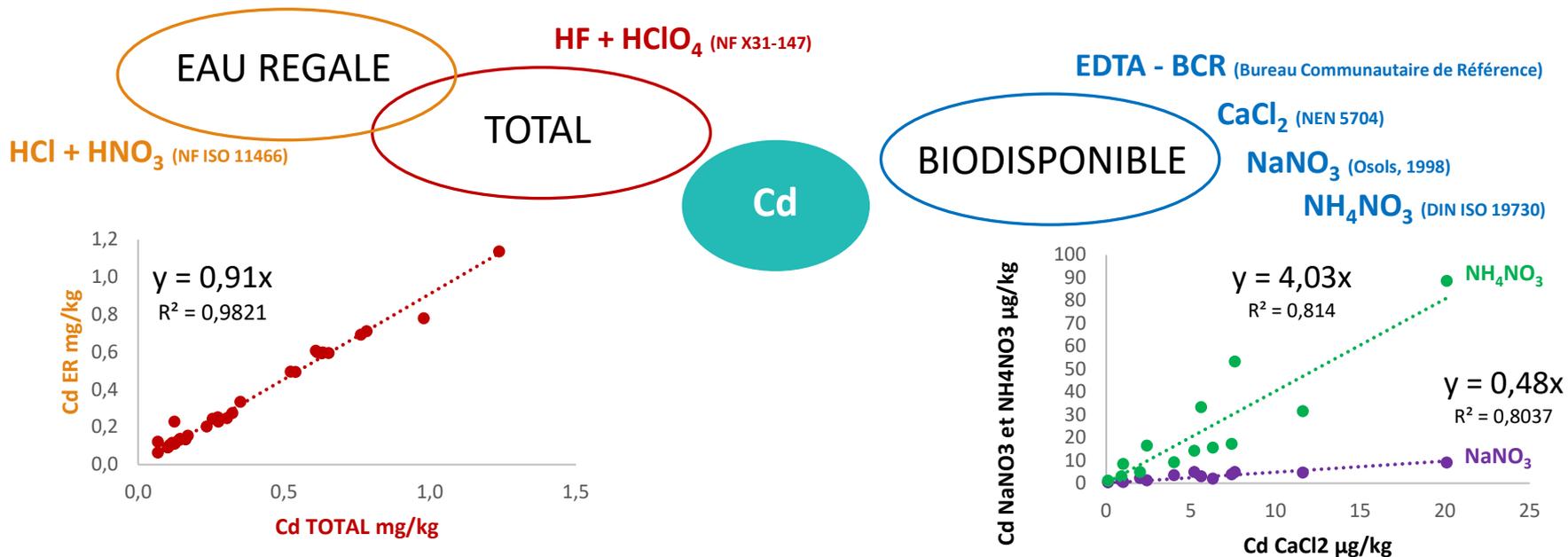
# Quelles analyses de sols ?



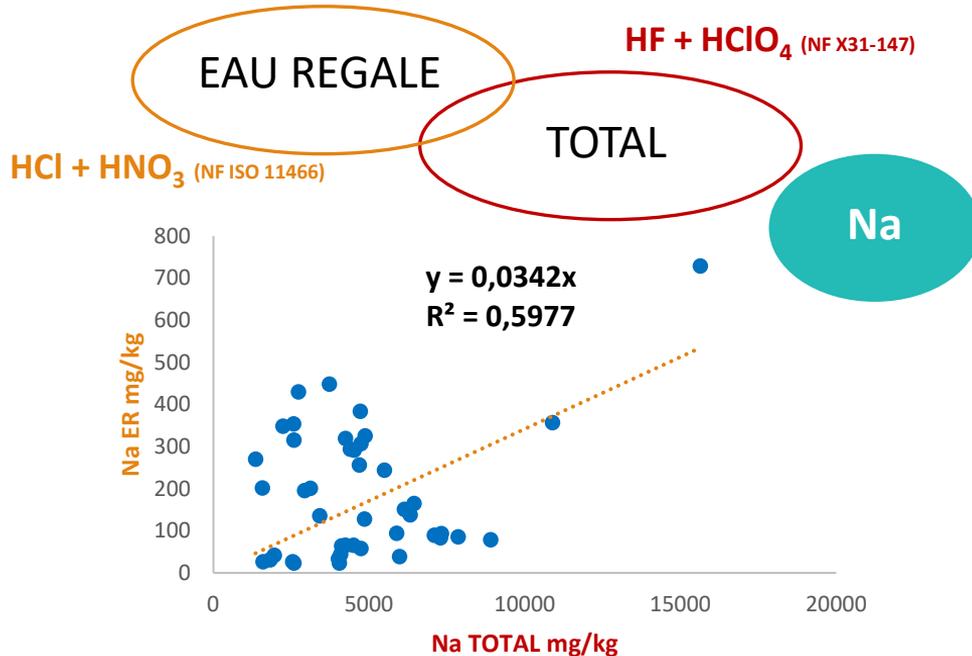
# Quelles analyses de sols ?



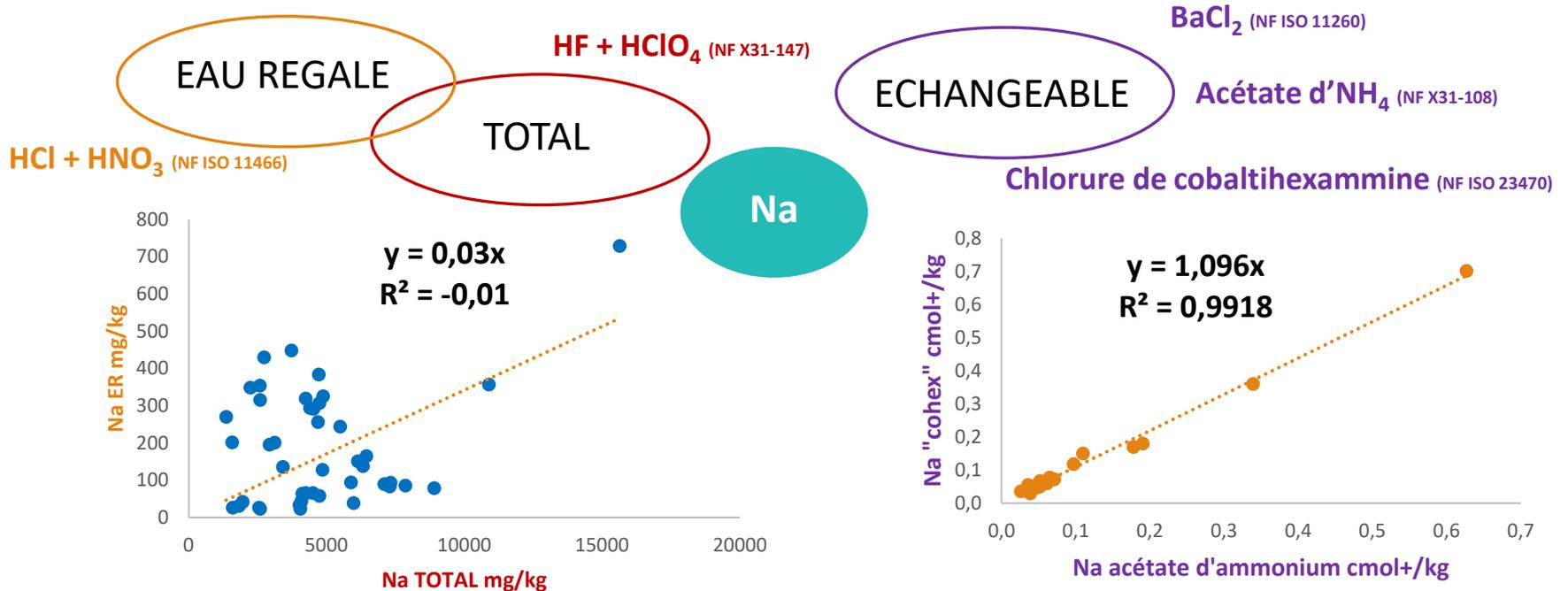
# Quelles analyses de sols ?



# Quelles analyses de sols ?



# Quelles analyses de sols ?



# Comment choisir les analyses ?

---

**Objectifs des analyses (réglementation, ...)**

**Référentiels d'interprétation**

**Caractéristiques physico-chimiques**

**Historique (continuité de l'étude)**

**Méthodes normalisées (comparaison de résultats de différents labo)**

**Budget**



**Demander conseil aux laboratoires**