

# Détermination de la concentration en ETM dans les grains de blé et de tournesol à l'échelle de la parcelle: du guide d'échantillonnage au système expert pour un diagnostic pré-récolte de stockage

Stéphane Faucher <sup>(1)</sup>, Gaëtane Lespes <sup>(1)</sup>

Avec : Philippe Chéry <sup>(2)</sup>, Patrice Soulé <sup>(3)</sup>, Mireille Barbaste <sup>(3)</sup>,  
André Gavaland <sup>(4)</sup>, Emilie Donnat <sup>(5)</sup>, Cyril Cugnet <sup>(1)</sup>

(1) *Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA) / LCABIE, UMR 5254 IPREM, Technopôle Hélioparc – 2 avenue du Président Pierre Angot – 64053 Pau Cedex 9*

(2) *Bordeaux Sciences Agro – 1 cours du Général De Gaulle – 33175 Gradignan Cedex*

(3) *INRA, US1118 Analyses végétales et environnementales USRAVE – avenue Edouard Bourleaux – BP n°81 – 33883 Villenave d'Ornon Cedex*

(4) *INRA, UE0802 d'Agronomie de Toulouse – 24 Chemin de Borde Rouge Auzeville CS 52627 – 31326 Castanet-Tolosan Cedex*

(5) *ACTA – 149 rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12*

-mèl : [stephane.faucher@univ-pau.fr](mailto:stephane.faucher@univ-pau.fr)  
[gaetane.lespes@univ-pau.fr](mailto:gaetane.lespes@univ-pau.fr)

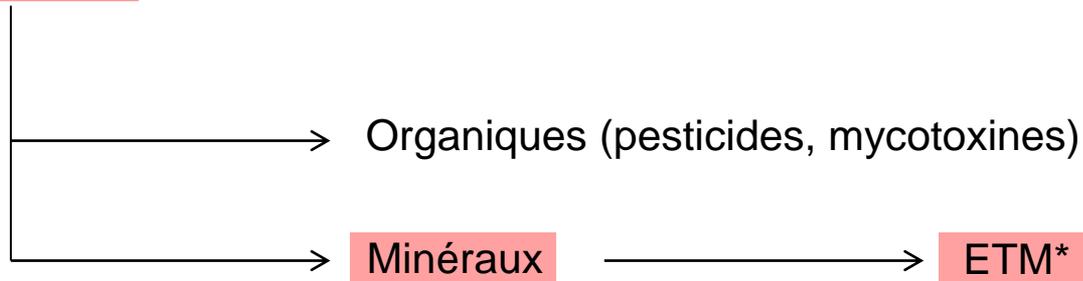
- **Qualité sanitaire :**

Innocuité des récoltes pour la santé du consommateur

- **Agents contaminants potentiels des végétaux :**

- Biologiques (bactéries, moisissures)

- Chimiques

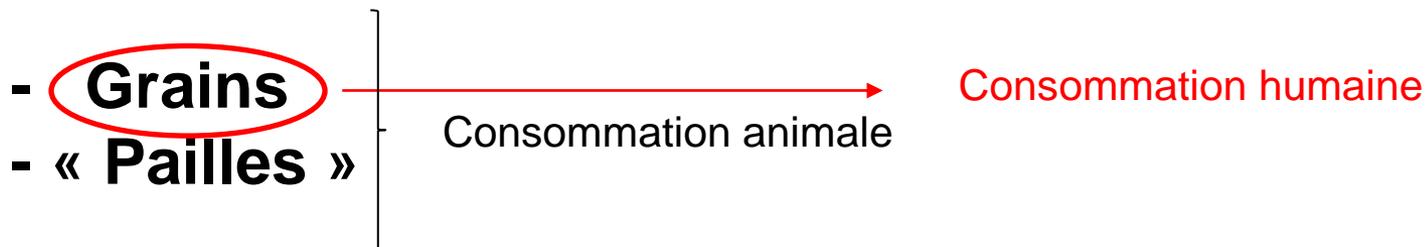


\*ETM : Eléments trace métalliques et métalloïdes

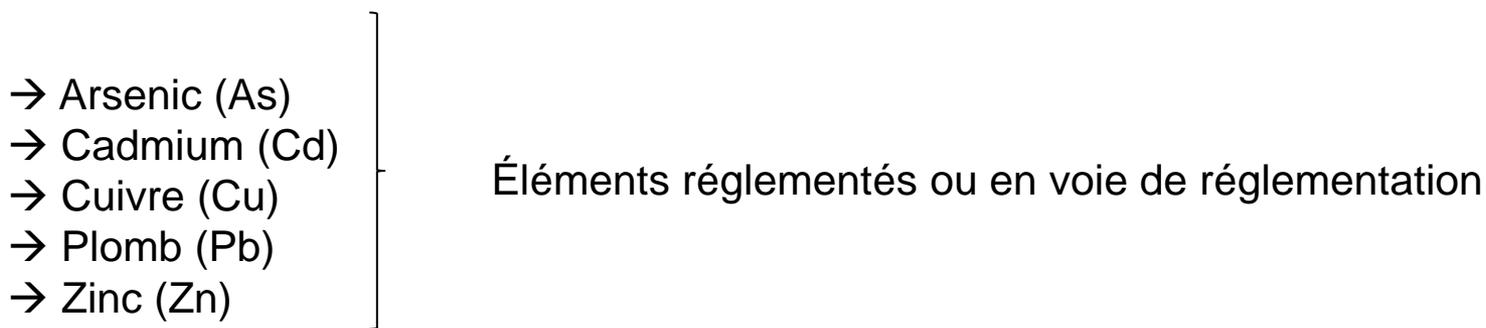
- **Du sol à la plante** : De la contamination environnementale à la sécurité sanitaire

Céréales : Blé, maïs

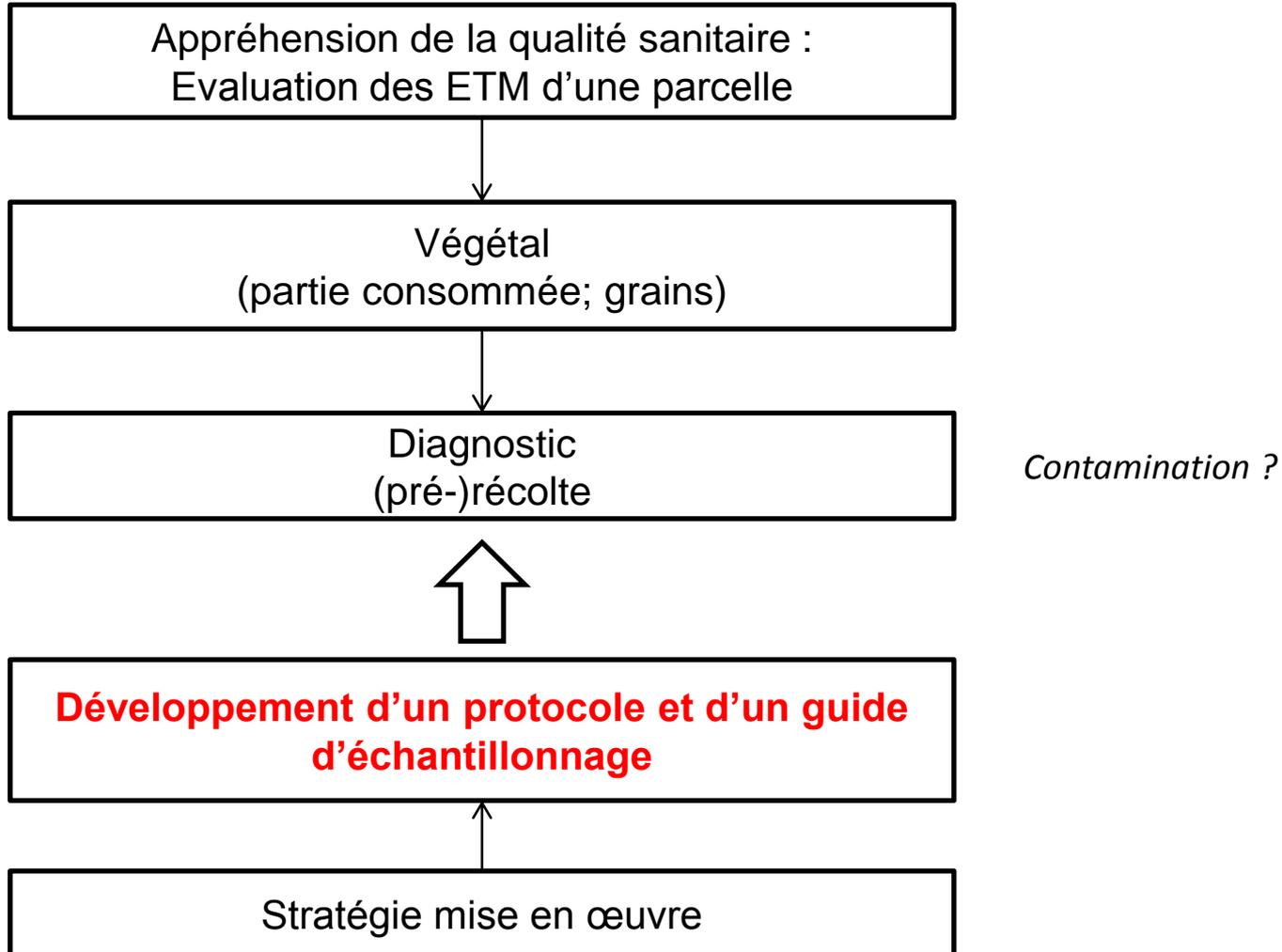
Oléagineux : Tournesol



ETM étudiés :



- **Objectif :**

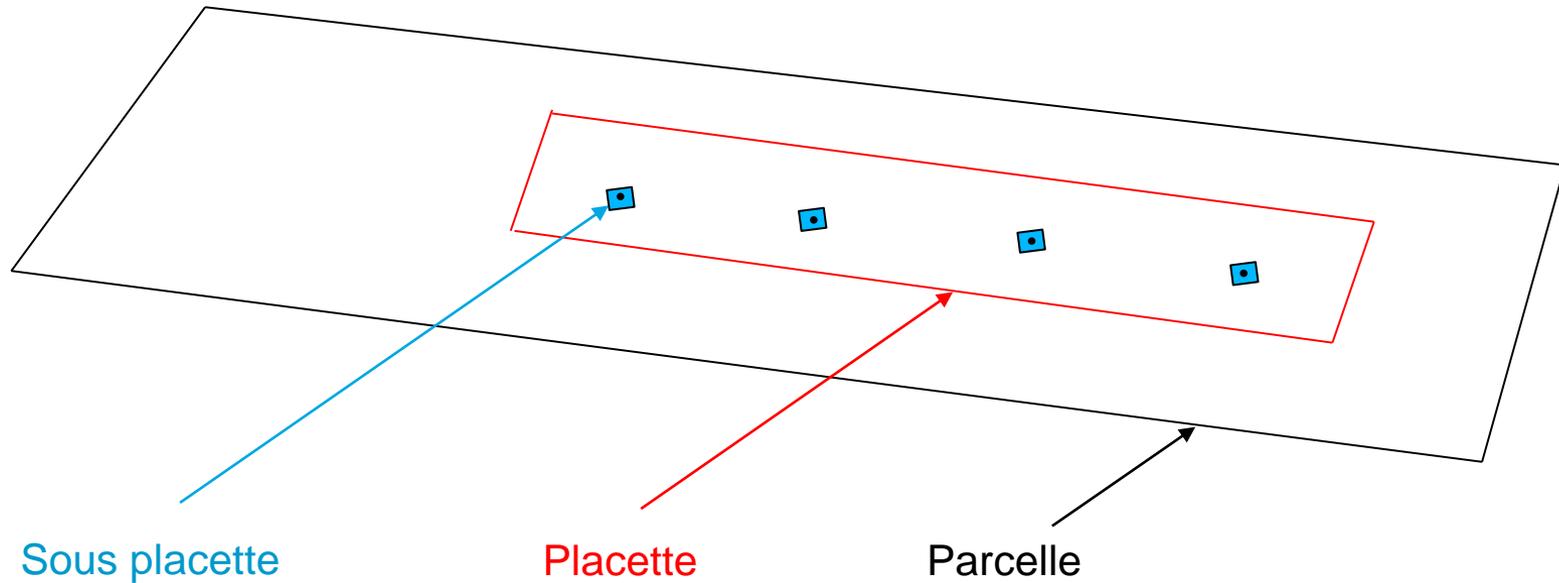


• Comment prélever en fonction de l'objectif ?

Modes de prélèvement	Avantages	Inconvénients
A la benne	Rapide	Seulement à la récolte Pas de suivi spatial
Au champ	Suivi spatial et/ou temporel	Echantillonnage contraignant



- **Echantillonnage à la parcelle :**



Parcelle : Entité continue présentant une même nature de culture et un traitement homogène pour une saison donnée

**Placette** : Surface de la grille d'échantillonnage

**Sous placette** : Zone de la placette ciblant le point de prélèvement

• Exemple d'échantillonnage utilisés par des instituts français :

Institut	Espèce	Application	Placette	Sous-placette	Prélèvement par sous-placette
ARVALIS Institut du végétal	Blé	Toute parcelle	Parcelle totale sans les bordures, tournières et passage de roue	16 sous-placettes réparties aléatoirement	100 épis
INRA Colmar	Maïs	Parcelle particulière : 10 m x 9 m	Parcelle totale	3 sous-placettes (1 rang x 7 m)	2 kg de grains
	Blé/Orge			4 sous-placettes (3 rangs x 1.5 m)	Totalité
INRA Feucherolles	Maïs	Parcelle particulière : 45 m x 10 m	Parcelle totale	5 sous-placettes (2 rangs x 2.5 m)	1 kg de grains
	Blé			10 sous-placettes (4 rangs x 0.5 m)	Totalité
RMT QUASAPROVE (issu du RMQS*)	Céréales/ Oléagineux	Toute parcelle	Fixe de dimension 20 m x 20 m	25 sous-placette	1 épi/1 capitule

\*RMQS : Réseau de Mesure de la Qualité des Sols

**Aucun protocole d'échantillonnage de référence**

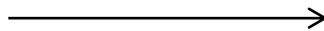
• Questions opérationnelles :

**Quoi prélever?**

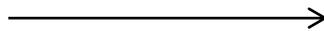
**Où prélever?**

**En quelles quantités?**

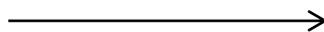
**Comment prélever?**



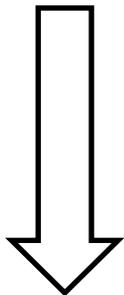
Parties consommées



Protocole aléatoire stratifié



A suivre...



Objectifs : Obtenir une information  
 - moyenne à la parcelle  
 - spatiale (homogénéité/hétérogénéité; présence de zone contaminée, ...)  
 - utile en termes de qualité sanitaire



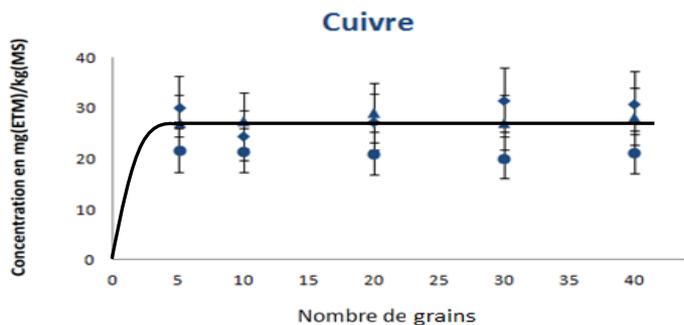
Contraintes :  
 - Représentativité de la parcelle  
 - Opérationnalité

• Au point de prélèvement :

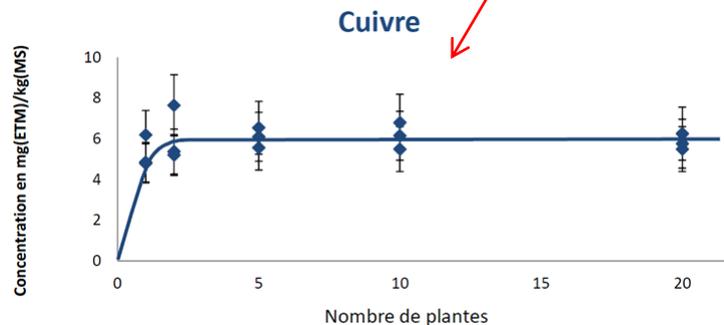
*En quelles quantités prélever?*

- Test du nombre de grains représentatif du capitule / de l'épi
- Test du nombre de plantes représentatif du point de prélèvement

		Tournesol	Blé
Nombre de grains	Testé	5 ; 10 ; 20 ; 30 ; 40	/
	Retenu	10	<b>Totalité des grains</b>



Tournesol – Parcelle C6



Blé – Parcelle C6

- Au point de prélèvement :

*En quelles quantités prélever?*



Capitule de tournesol  $\approx$  50 – 1000 grains

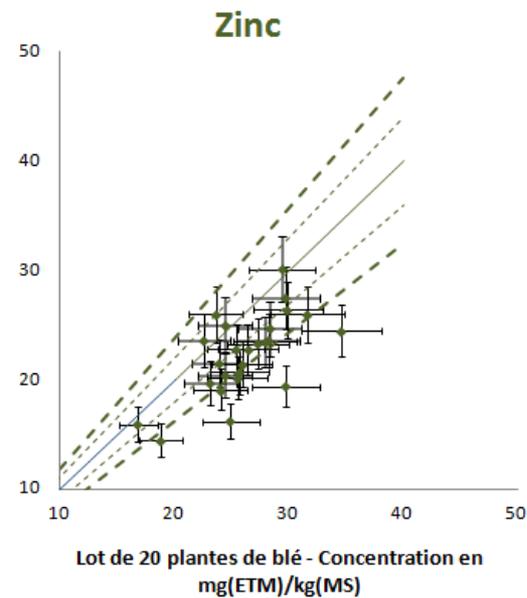
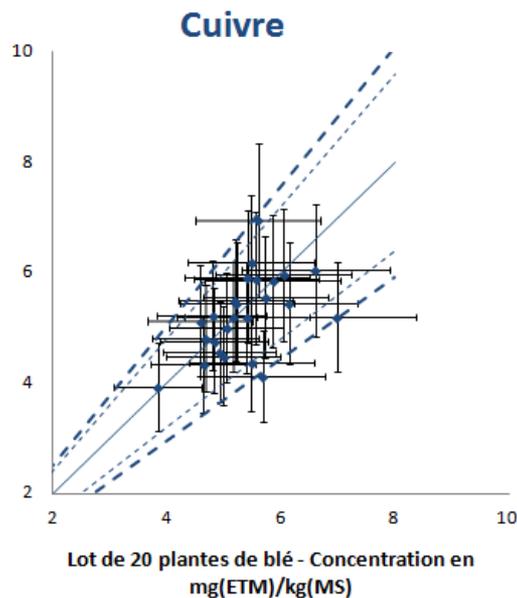
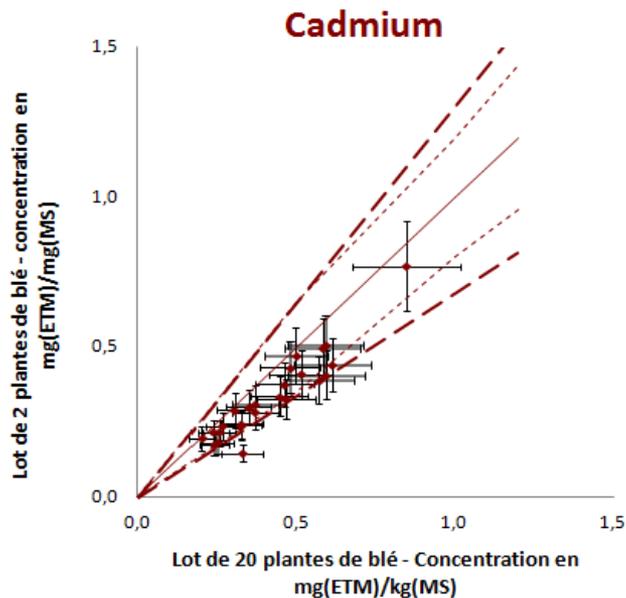


Epi de blé  $\approx$  30 – 60 grains

➤ Tournesol : Pas d'influence du positionnement des grains

• Au point de prélèvement :

*En quelles quantités prélever?*



— Droite de pente = 1 → Cas idéal d'égalité des concentrations

----- Limites des incertitudes analytiques

- - - Seuils anomaliques minimum et maximum

**2 plantes de blé**

**1 plante – 10 grains de tournesol**

**suffisent à assurer la représentativité du point de prélèvement**

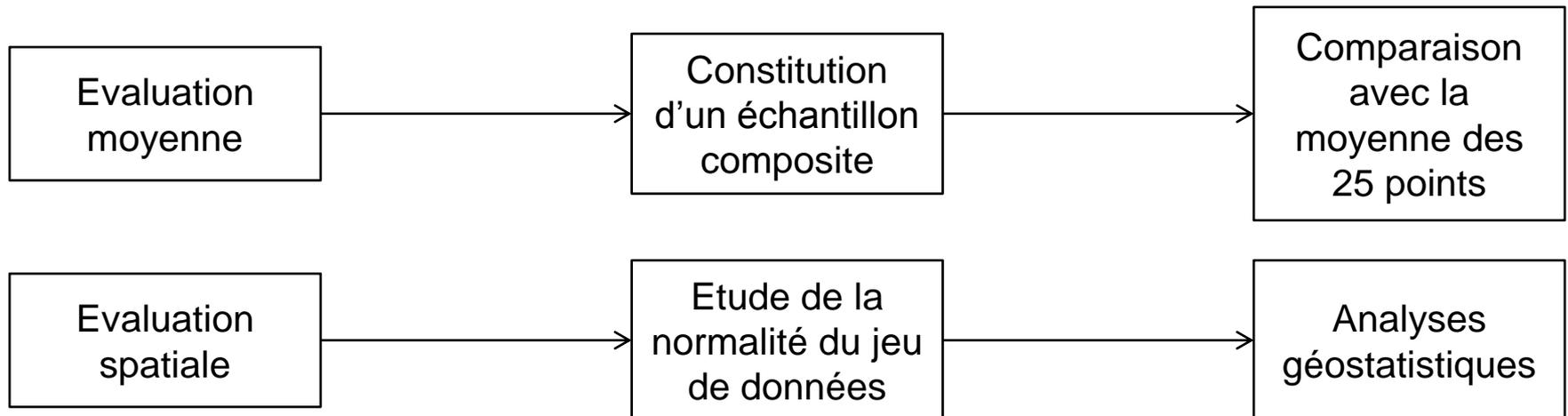
- **A la parcelle :**

*En quelles quantités prélever?  
Où prélever?*

Nombre de points de prélèvement fixé à 25 :

- Maximum accepté d'un point de vue opérationnel
- Minimum requis pour des analyses géostatistiques

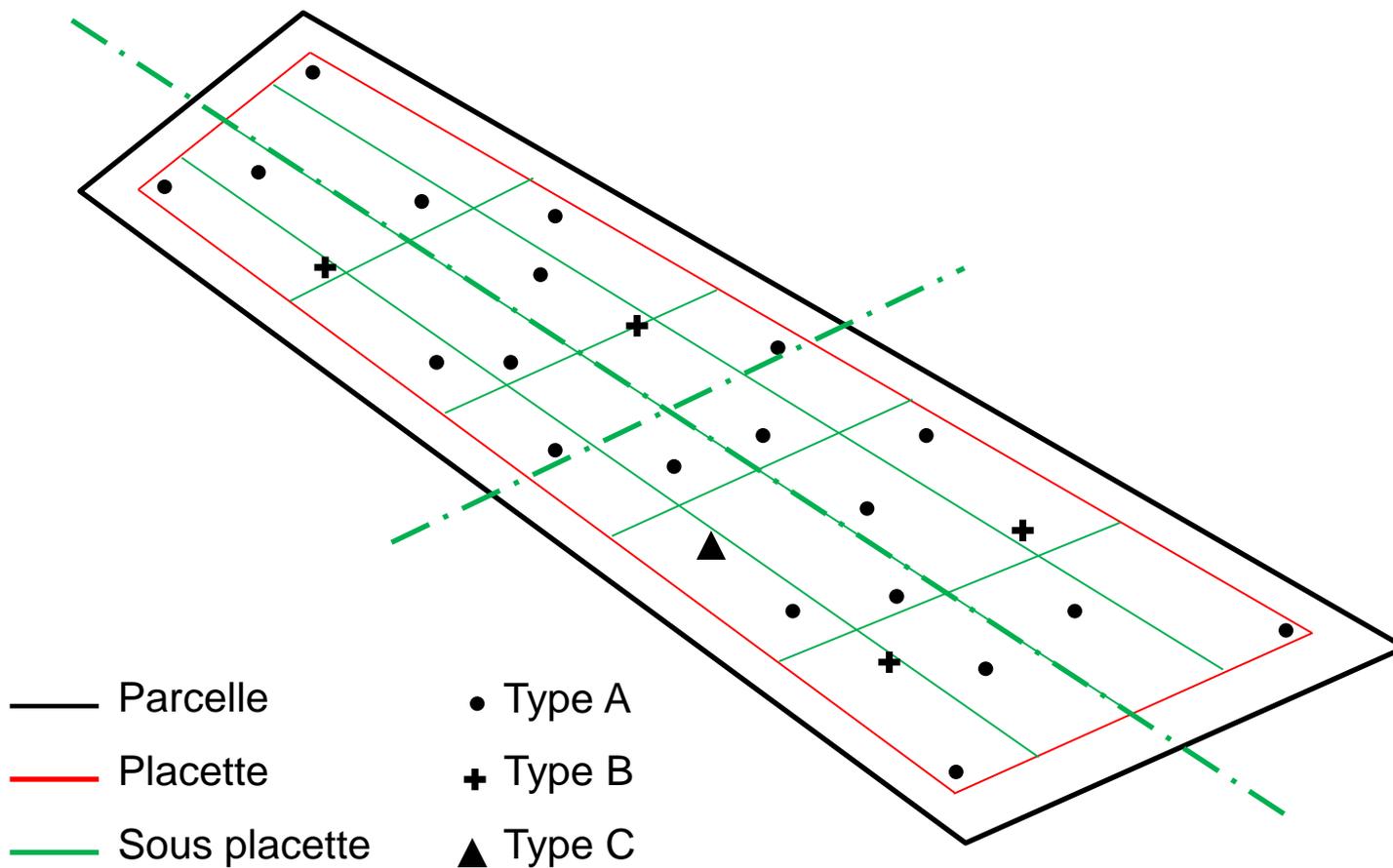
Méthodologie d'évaluation : En accord avec les objectifs



• A la parcelle :

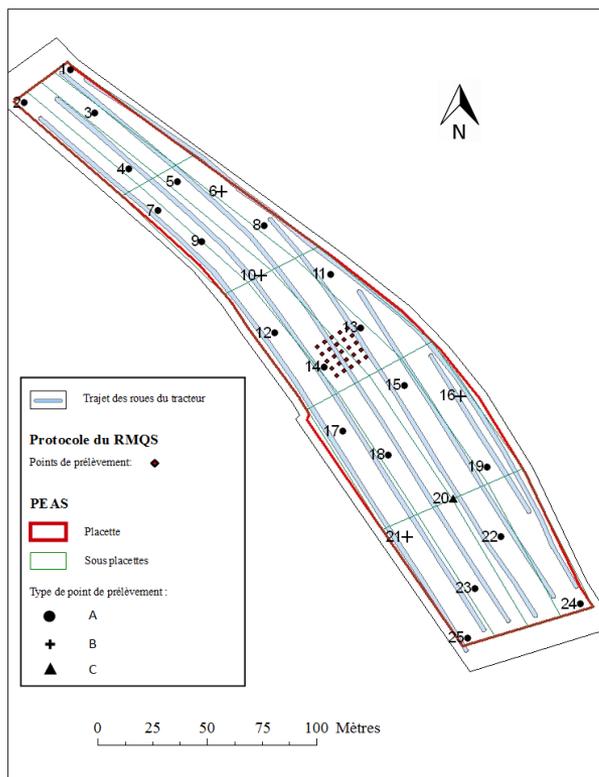
*En quelles quantités prélever?  
Où prélever?*

Protocole d'Echantillonnage Aléatoire Stratifié (PEAS)



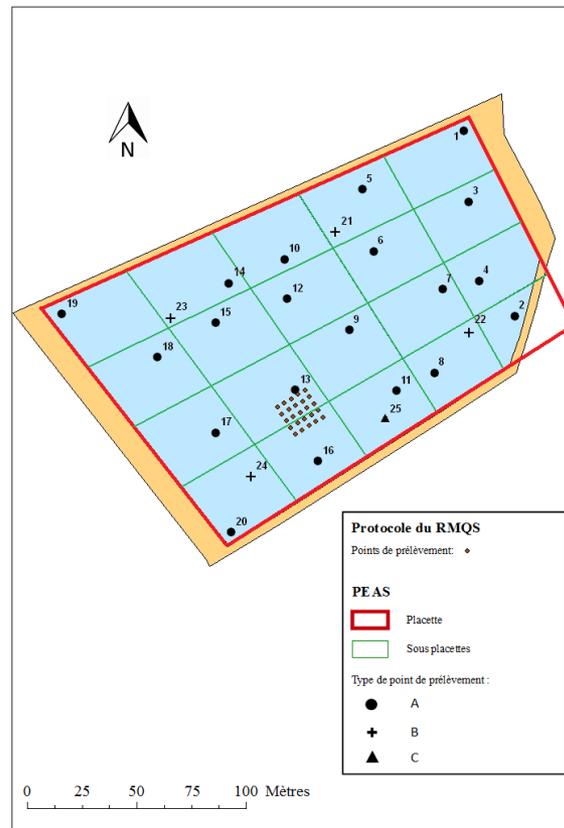
• A la parcelle :

Parcelle C6 :  
Blé 2011  
Tournesol 2012



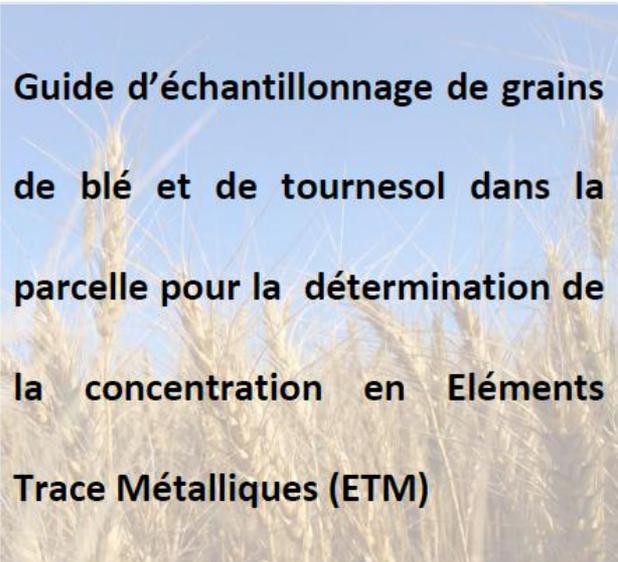
*En quelles quantités prélever?*  
*Où prélever?*

Parcelle CL :  
Blé 2012



- A la parcelle :

*Comment prélever?*



Guide d'échantillonnage de grains  
de blé et de tournesol dans la  
parcelle pour la détermination de  
la concentration en Eléments  
Trace Métalliques (ETM)

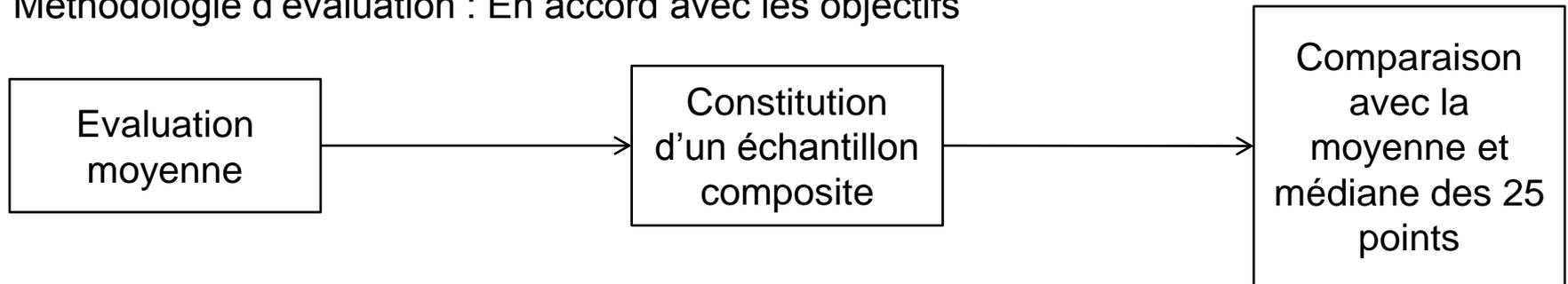


Guide d'échantillonnage en attente de validation opérationnelle.

Mise en ligne sur le site du RMT Quasaprove.

- **Traitement des données :**

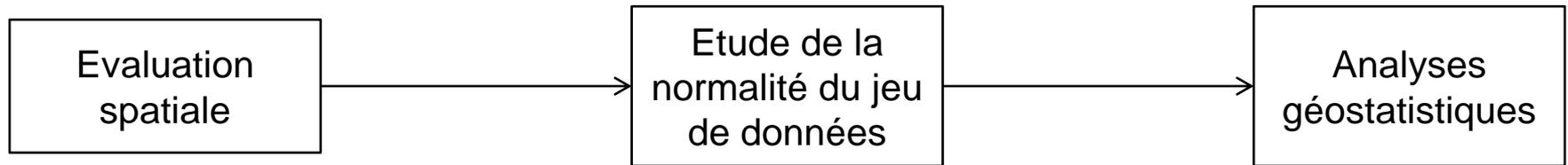
Méthodologie d'évaluation : En accord avec les objectifs



Plus simple mais ne permet pas de déceler d'éventuelles anomalies

• **Traitement des données :**

Méthodologie d'évaluation : En accord avec les objectifs



→ Réalisation de variogrammes

Principe : Dans la nature, deux observations proches l'une de l'autre se ressemblent davantage que deux observations éloignées

Objectif : Le variogramme mesure la variabilité spatiale des données pour différentes classes de distances interpoints (h)

Equation :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Variance

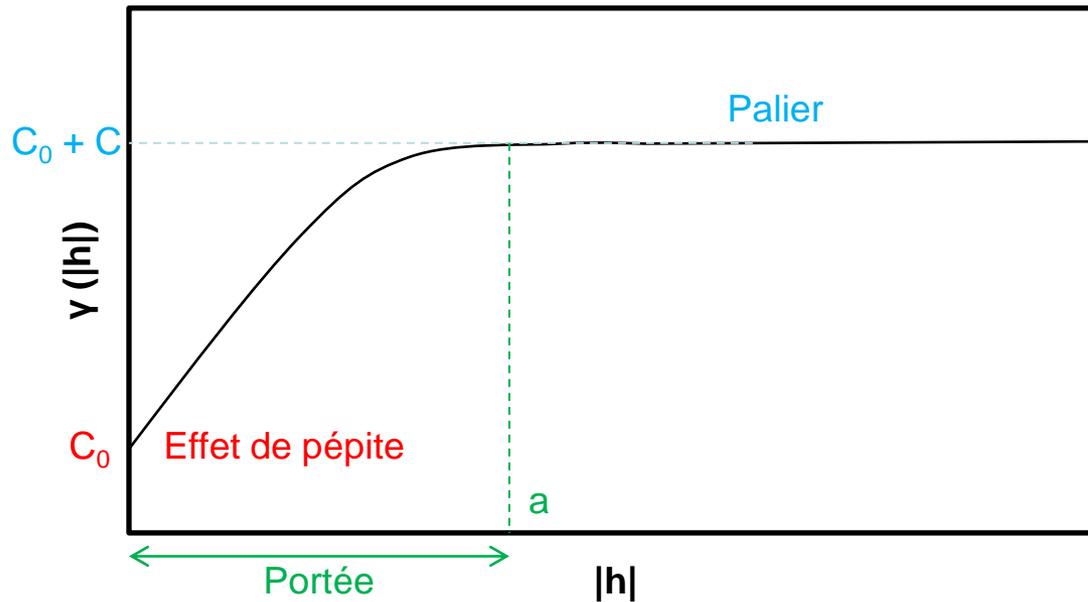
Nombre de couples de points

Valeur de la variable Z à la position  $x_i$

Valeur de la variable Z à une position séparée de  $x_i$  par une distance h

• **Traitement des données :**

Evaluation spatiale : Caractéristiques du variogramme modélisé



Palier  $C_0 + C$  :

Variance entre les points devient égale à la variance totale des échantillons

Effet de pépité  $C_0$  :

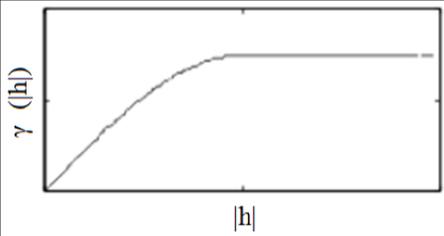
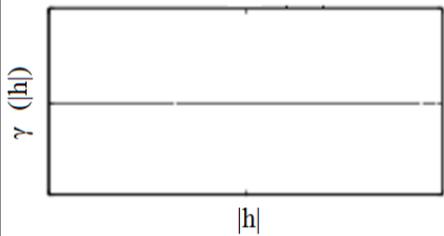
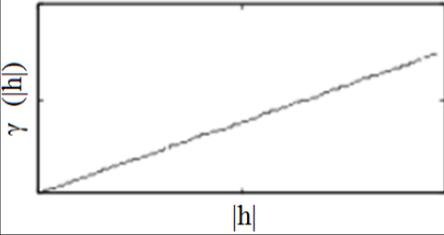
- Variabilité aux faibles pas d'échantillonnage
- Erreur du protocole
- Incertitude analytique

Portée  $a$  :

Distance maximale d'auto-corrélation entre deux points

• **Traitement des données :**

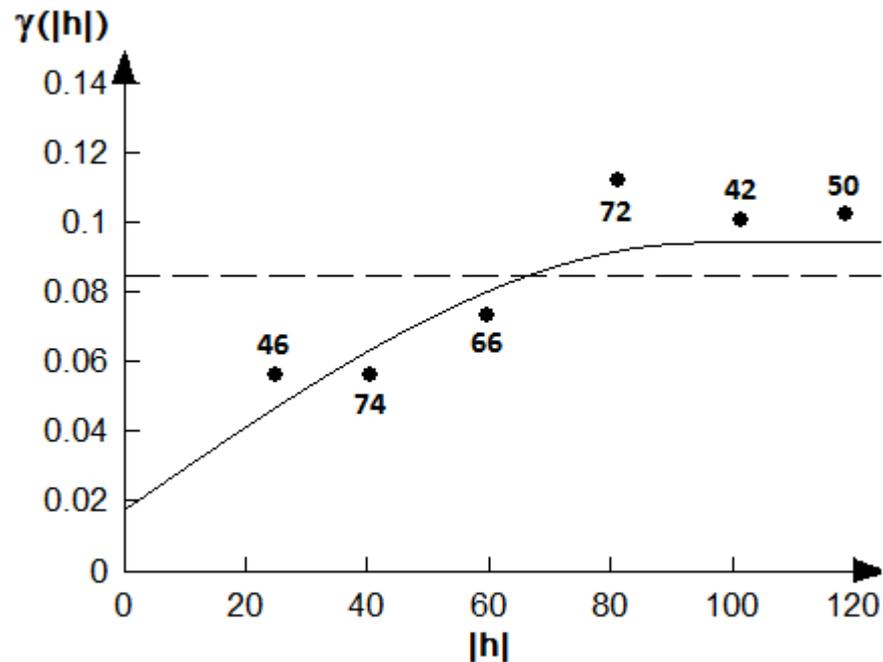
Type commun de modèle de variogramme :

Type de variogramme	Représentation	Commentaires
Borné		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation de la variance avec la distance interpoint (h)</li> <li>- Portée atteinte, variabilité globale bien définie</li> <li>- Possibilité de cartographier les données</li> </ul>
Plat		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucune autocorrélation visible</li> <li>- Parcelle homogène ou hétérogène selon la variance obtenue</li> </ul>
Linéaire		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interprétation délicate</li> <li>- Possibilité d'une portée importante</li> <li>- Possibilité d'une tendance infinie</li> </ul>

- **Exemple d'application :**

Variogramme obtenu : Campagne de prélèvement Blé C6 2011

ETM : Cadmium

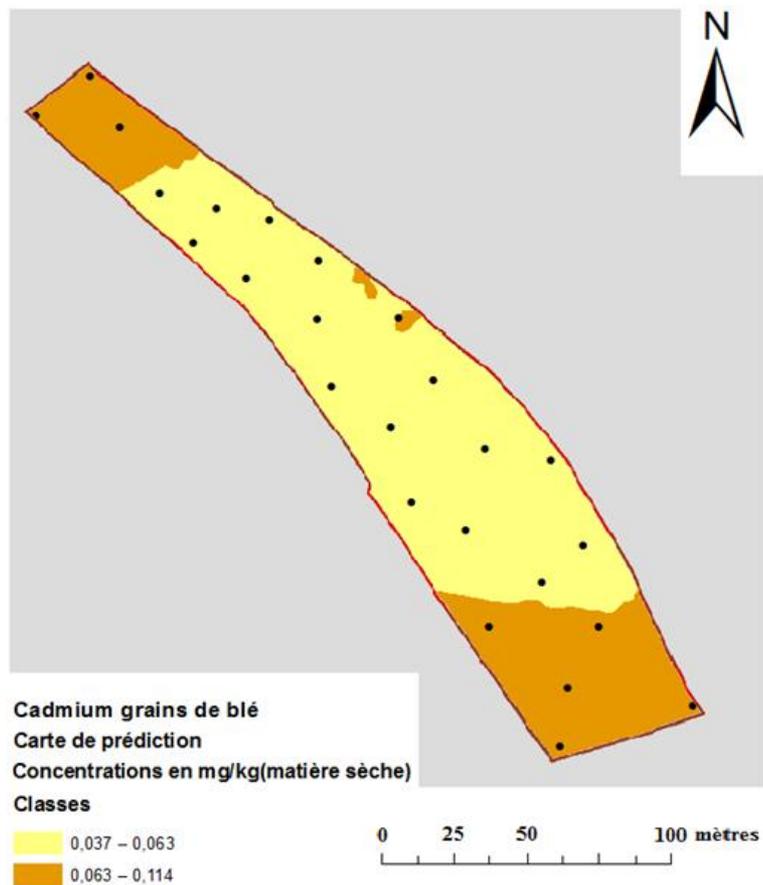


Variogramme borné (sphérique)

- **Exemple d'application :**

Carte obtenue : Campagne de prélèvement Blé C6 2011

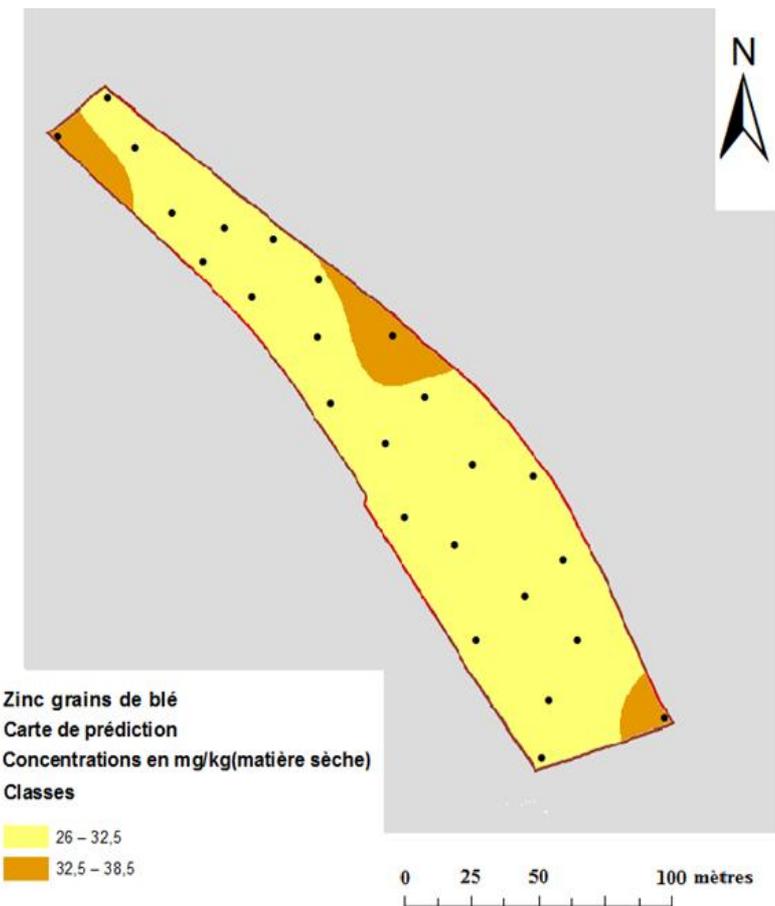
ETM : Cadmium



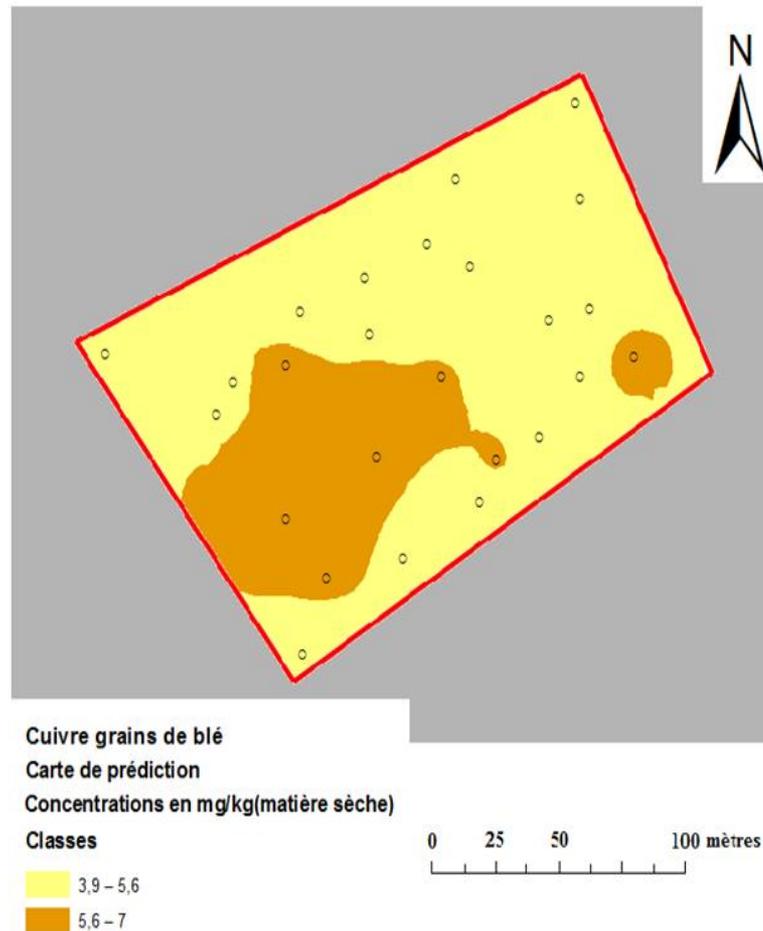
• Exemple d'application :

Carte obtenue : Campagne de prélèvement Blé C6 2011 et Blé CL 2012

ETM : Zinc



Cuivre



- **Du guide d'échantillonnage au système expert** : Du constat au diagnostic

L'analyse spatiale permet de mettre en évidence tous les cas de distribution des concentrations en ETM à l'échelle de la parcelle, voire à une échelle plus petite (cas d'une zone contaminée par exemple)

→ Evaluation de la qualité de la récolte de l'année

→ Distribution parcellisée possible :

- Elimination d'une partie de la parcelle pour la récolte de l'année
- Engagement d'actions spécifiques pour la suite

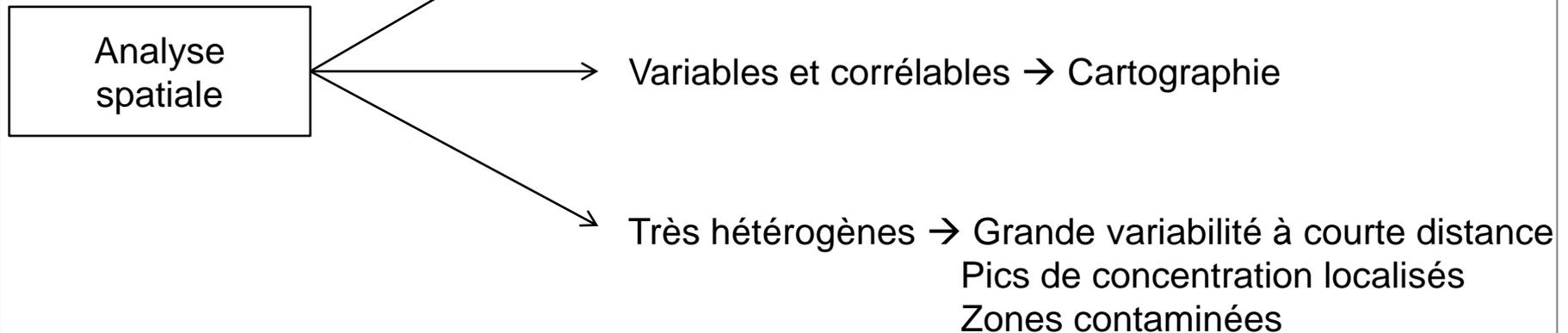
La considération systématique de tous les cas possibles a permis de construire un système expert.



- **Du guide d'échantillonnage au système expert** : Du constat au diagnostic

En résumé :

Concentrations à la parcelle :



Région Aquitaine



CASDAR



**Merci de votre attention**

