Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

Le chaulage et la modulation des intrants grâce au Veris

ADRIEN BOUFFLETTE

CPL-VÉGÉMAR

KAIN, LE 5 MARS 2020

Le pH

Le pH du sol

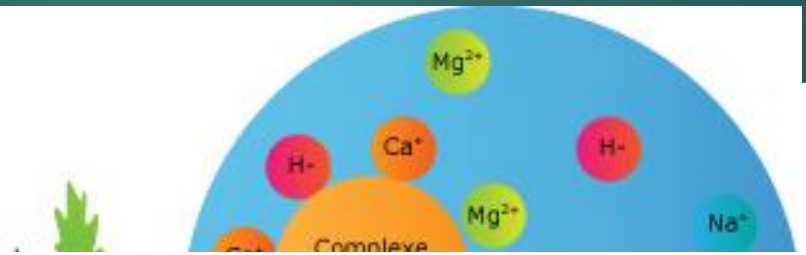
Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

pH = degré d'acidité

$$-\log[H^+]$$

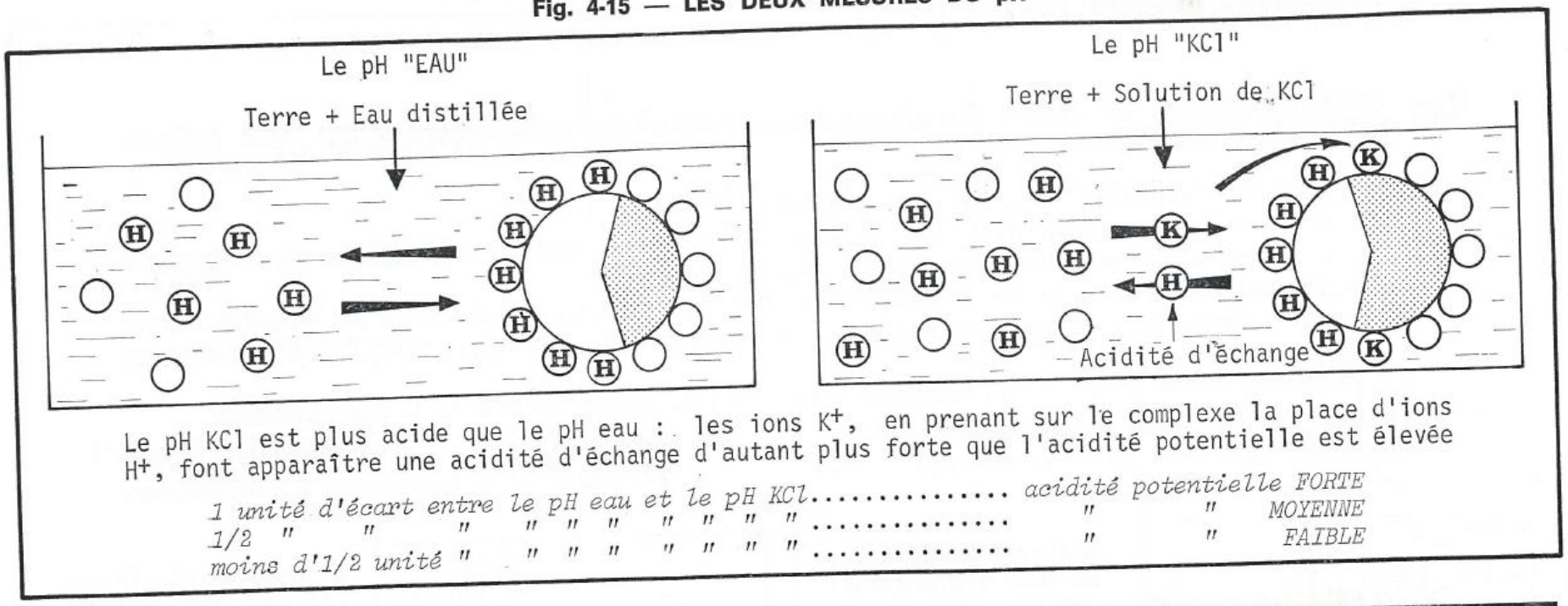
Le pH du sol

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar



LA MESURE DE LA RÉACTION DU SOL

Fig. 4-15 — LES DEUX MESURES DU pH



Le pH KCl est plus acide que le pH eau : les ions K^+, en prenant sur le complexe la place d'ions H^+, font apparaître une acidité d'échange d'autant plus forte que l'acidité potentielle est élevée

1 unité d'écart entre le pH eau et le pH KCl..... acidité potentielle FORTE
1/2 " " " " " " " " " ..... " " MOYENNE
moins d'1/2 unité " " " " " " " " ..... " " FAIBLE

L'évolution du pH du sol

- Province de Liège
  Agriculture
  CPL-Végémar

- Acidification du sol:
  - Minéralisation et activité du sol
  - Engrais
  - Prélèvement d'éléments nutritifs
  - Pluies

L'évolution du pH du sol

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- Essai longue durée de l'INRA:
  - pH_{eau} de 6,4 en 1929
  - En 2014:
    - Témoin sans engrais: 5,3 - 6
    - Objet avec application d'engrais acidifiants: 3,5 – 4,3
    - Objets avec application d'engrais neutres ou alcalins: 5,6 – 6,9
    - Objet avec application d'amendements basiques: 8,3 – 8,8
    - Objet avec application de fumier de cheval: 7,4 – 7,5

Le pH optimal

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- Fonction:
  - De la culture
  - Du type de sol

- **pH = condition de production**

Pourquoi atteindre un pH optimal?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

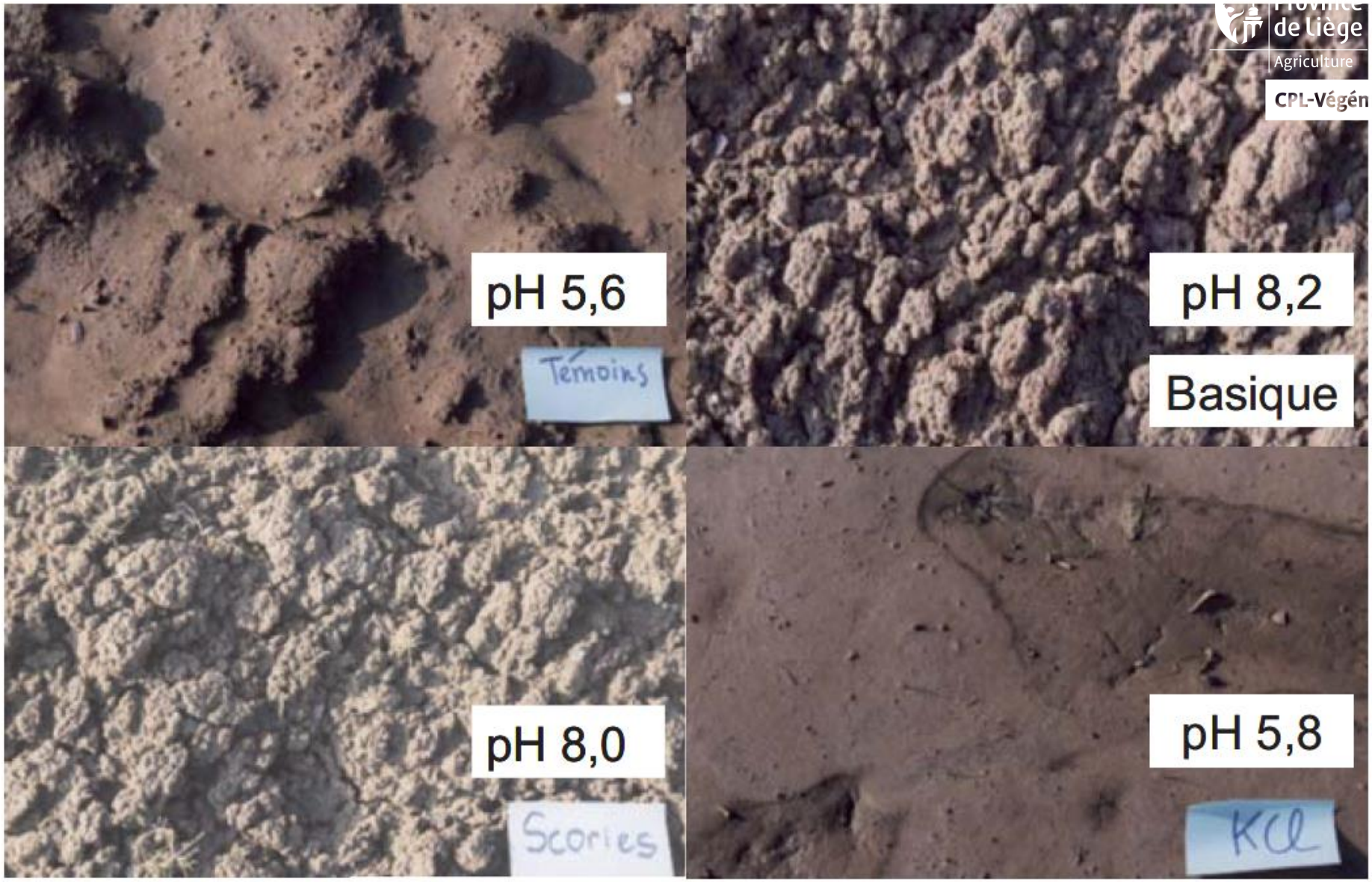
- Impact sur l'activité microbienne et la minéralisation
- Limiter les pertes d'éléments nutritifs

Pourquoi atteindre un pH optimal?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- Impact sur l'activité microbienne et la minéralisation
- Limiter les pertes d'éléments nutritifs
- Impact sur la structure du sol

Essai 42 parcelles - INRA Versailles



Province de Liège
Agriculture
CPL-Végén

Surface du sol après l 'hiver

A. Pernes, 2003

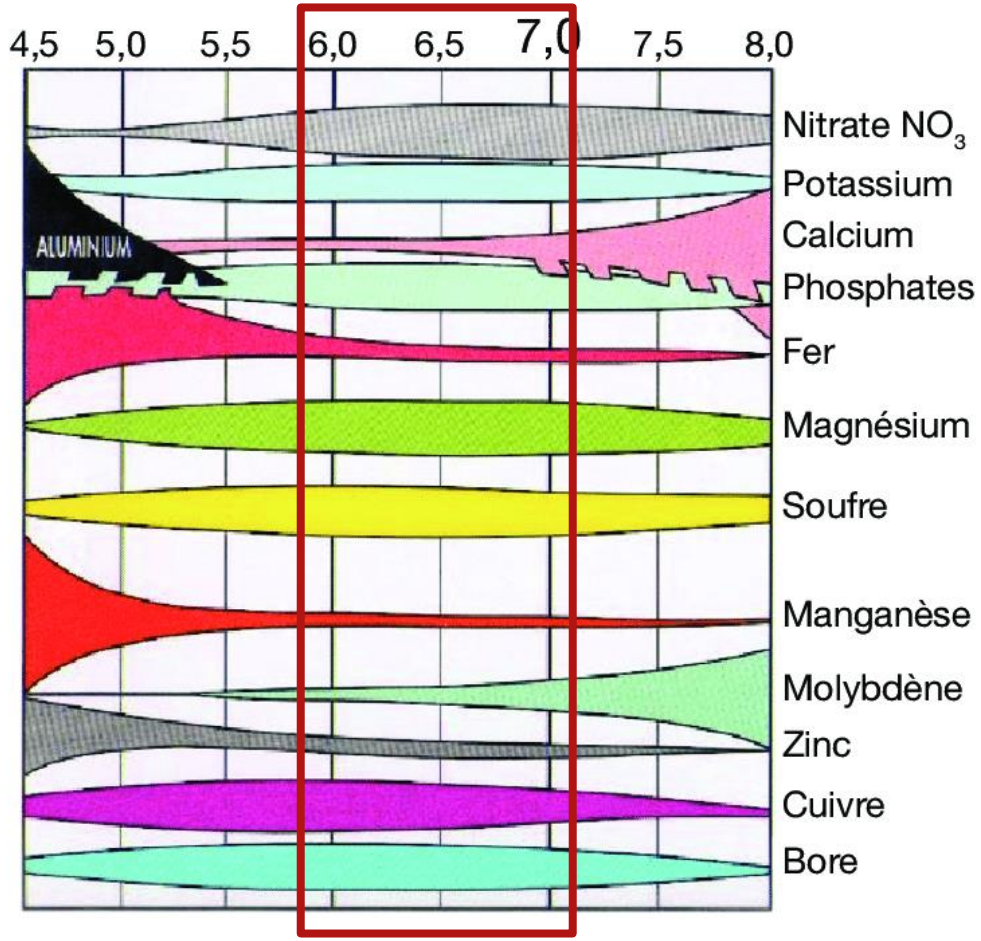
Pourquoi atteindre un pH optimal?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- Impact sur l'activité microbienne et la minéralisation
- Limiter les pertes d'éléments nutritifs
- Impact sur la structure du sol
- Disponibilité des éléments nutritifs et des métaux lourds

Pourquoi atteindre un pH optimal?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar



Pourquoi atteindre un pH optimal?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- pH trop basique = risque de carences

	Carences			
	Manganèse	Bore	Cuivre	Zinc
Grandes cultures	Céréales à paille, Maïs, Colza, Betterave	Tournesol, Betterave, Colza	Céréales à paille, Maïs, Luzerne	Maïs, Lin
Légumes industrie	Haricot, Pois, Chou, Epinard	Pois, Carottes, Choux, Céleri, Epinard	Epinard, Pois, Haricot	Haricot

Pourquoi atteindre un pH optimal?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- pH trop acide = risque de carences

	Carence
	Molybdène
Grandes cultures	Colza, Luzerne, Soja
Légumes industrie	Choux, Epinard

Pourquoi atteindre un pH optimal?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- Impact sur l'activité microbienne et la minéralisation
- Limiter les pertes d'éléments nutritifs
- Impact sur la structure du sol
- Disponibilité des éléments nutritifs et des métaux lourds
- Impact sur certaines maladies
- Absorption des éléments nutritifs
- Meilleure rétention de l'eau

Comment savoir si un sol est acide?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- Analyses de sol

Résultats analytiques

Zone :	**pH KCl :**	6,43	X	Neutre
DE 368				
19A4599				

pH acétate : 7,09

8,2

10,0

inéralisation

2,4

arence en Mg

22,1

rt correct

pH	Qualification du sol
< 4.5	Très acide
4.5 ≤ < 5.3	Acide
5.3 ≤ < 6.2	Légèrement acide
6.2 ≤ < 6.8	Neutre
6.8 ≤ < 7.2	Légèrement basique
≥ 7.2	Basique

Comment savoir si un sol est acide?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- Analyses de sol
- Mauvaise décomposition de la matière organique
- Plantes indicatrices (luzerne, trèfle, rumex)
- Dépréciation de la structure du sol
- Symptômes de carences

Comment atteindre un pH optimal?

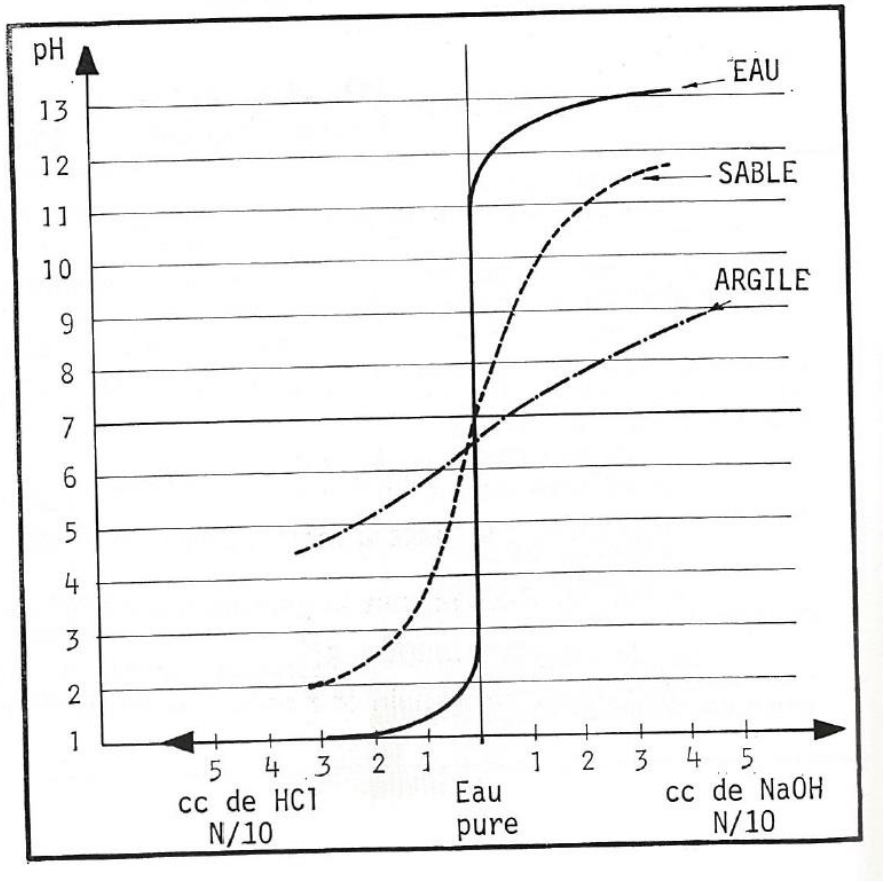
Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- Chaulage de redressement VS chaulage d'entretien
- Amendements:
  - Calciques
  - Calcaro-magnésiens

  Ce sont les bases que ces amendements contiennent qui neutralisent le pH (O^{2-}, OH^-, CO_3^{2-})
- Quantité fonction:
  - Du pH
  - Du pouvoir tampon du sol

Le pouvoir tampon du sol

- Capacité qu'a un sol de résister à des variations de pH
- Fonction de la richesse en complexes argilo-humiques



Quelle quantité?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- **Valeur neutralisante** (ou équivalent base)

  = quantité de CaO par 100 kg

- Valeur positive ou négative

- 1 kg de MgO = 1,4 kg CaO ou VN

Quelle quantité?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- **Entretien: 300 VN/ha/an**
- **Redressement: conseil labo**
- **Max 1500 VN/ha**

Quels amendements?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- Calcaro-magnésiens ou calciques?
  → À déterminer selon les analyses de sol:
    - Rapport K/Mg:
      - Risque de Carence en Mg si rapport > 2
      - Risque de carence en K si rapport < 1
    - Rapport Ca/Mg:
      - Risque de carence en Mg si rapport > 50

Quels amendements?

- Calcaro-magnésiens ou calciques?
- Produit cru ou cuit?

→ Quelle finesse pour les produits crus? Quelle tendreté/solubilité carbonique?

→ **Quelle rapidité d'action?**

Quels amendements?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- Chaulage de **redressement**:
  - Action rapide si pH faible
  - Action moyennement rapide à lente si pH proche optimum

- Chaulage d'**entretien**:
  - **Action lente!**

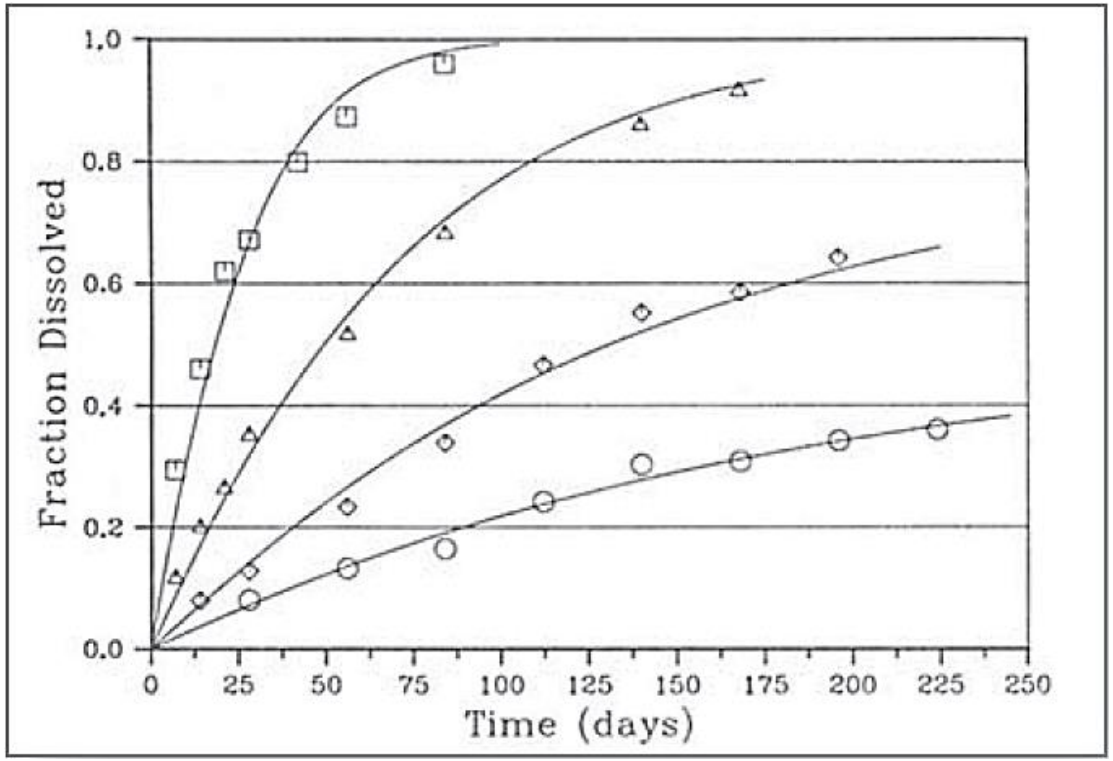


Figure 6.1 : Taux de dissolution des particules en fonction du temps et de la taille des particules :

Quels amendements?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- Produits crus

	Composition	Valeur neutralisante (VN)	Prix (€/VN)	Produits commerciaux
Écumes de sucrerie	$CaCO_3 + H_2O$	Min. 20		
Écumes de papeterie	$CaCO_3 + H_2O$	22-30	0,03	
Craies, calcaires	$CaCO_3$	35 à 56	0,06	Agrocarb, Biocal, Silical, Calcofin
Dolomies	$CaCO_3$ $MgCO_3$	50 à 60	0,08	Duwa 55-40, Duwa-Mag, Duwagran, Calimag, Nutrimag, Miramag
Algues marines	$CaCO_3$	50		Calcimer T400
Scories	/!\ Métaux lourds			

Quels amendements?

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

- Produits crus
- Produits cuits

	Composition	Valeur neutralisante (VN)	Prix (€/VN)	Produits commerciaux
Chaux vive calcique	CaO	80 à 95	0,18	Supervical
Chaux vive magnésienne	MgO + CaO	85 à 130	0,19	
Chaux éteinte	$Ca(OH)_2$	50 à 72		Supercalco, Fientes de volailles calcinées KalipHos
Chaux éteinte magnésienne	$Ca(OH)_2 + Mg(OH)_2$	Min. 55		

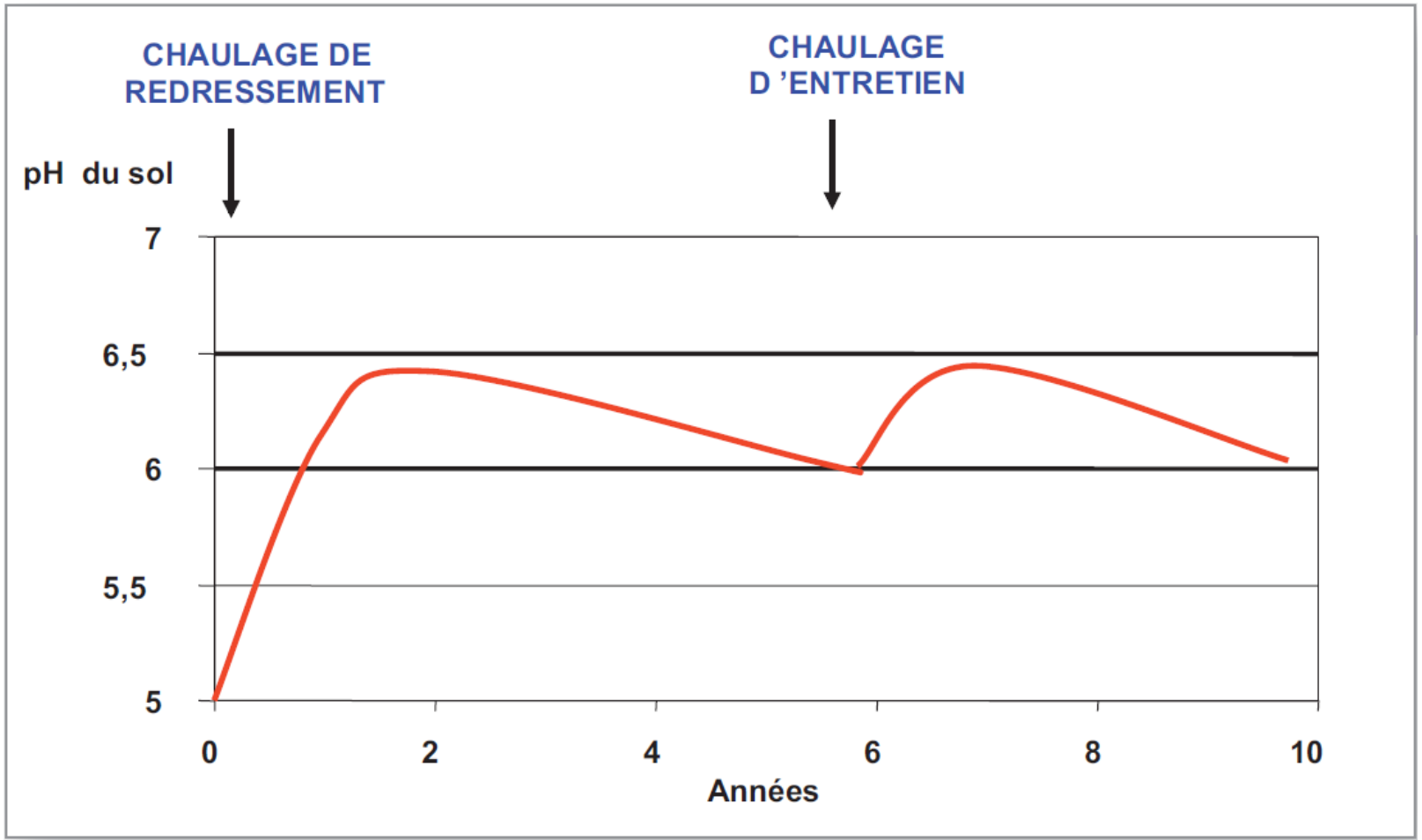
Une réflexion à l'échelle de la rotation

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

« **On chaule le sol et non la plante.** »

Une réflexion à l'échelle de la rotation

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar



Une réflexion à l'échelle de la rotation

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

« **On chaule le sol et non la plante.** »

- Incorporer dans la couche superficielle
- Éviter les apports trop élevés
- Laisser le temps à la chaux d'agir
- En toute saison mais la solubilisation est souvent maximale l'hiver → Chauler de préférence à l'automne
- Avant une plante exigeant un pH élevé
- Minimum 1 mois avant le semis

Une réflexion à l'échelle de la rotation

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

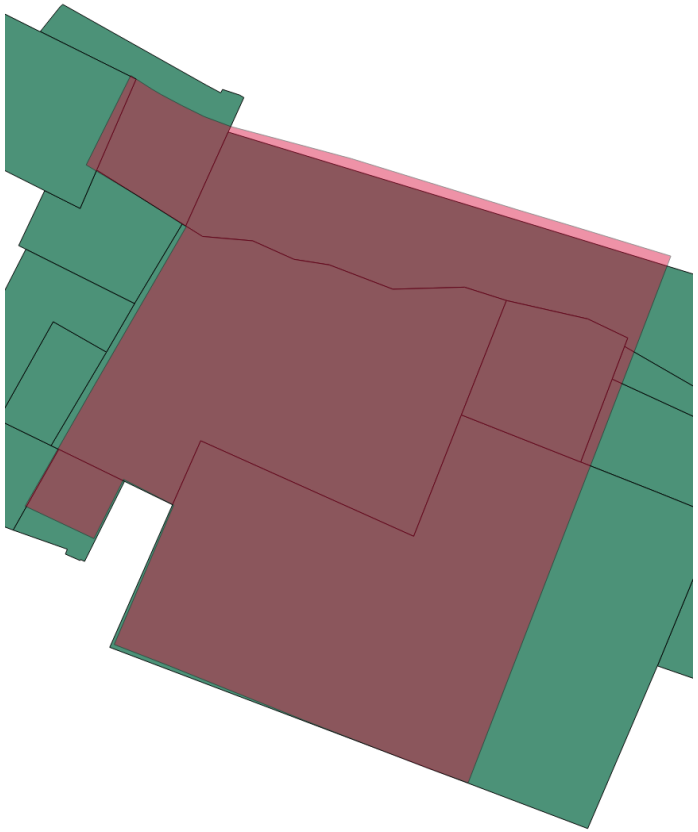
« **On chaule le sol et non la plante.** »

- Importance de la matière organique du sol
- Gestion des résidus de culture
- Les CIPAN diminuent l'acidification

Le Veris

Le démembrement virtuel des parcelles

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

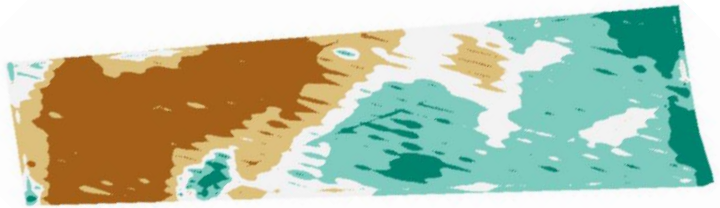


Le Veris

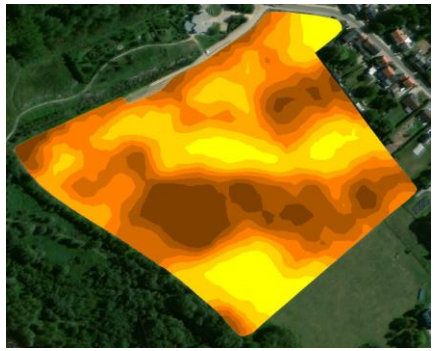
Modulation de l'application de chaux

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

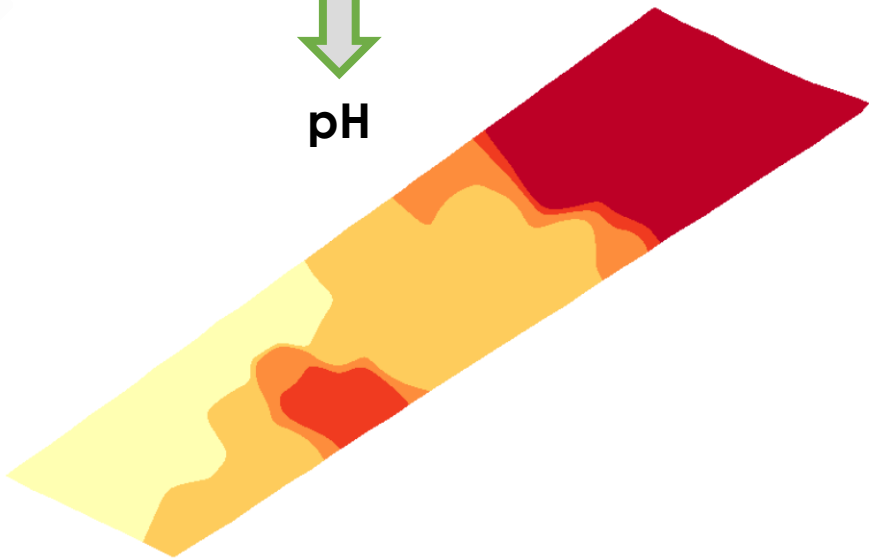
Electroconductivité



Matière organique



pH



Modulation de l'application de chaux

Veris

GPS

Modulation de l'application de chaux

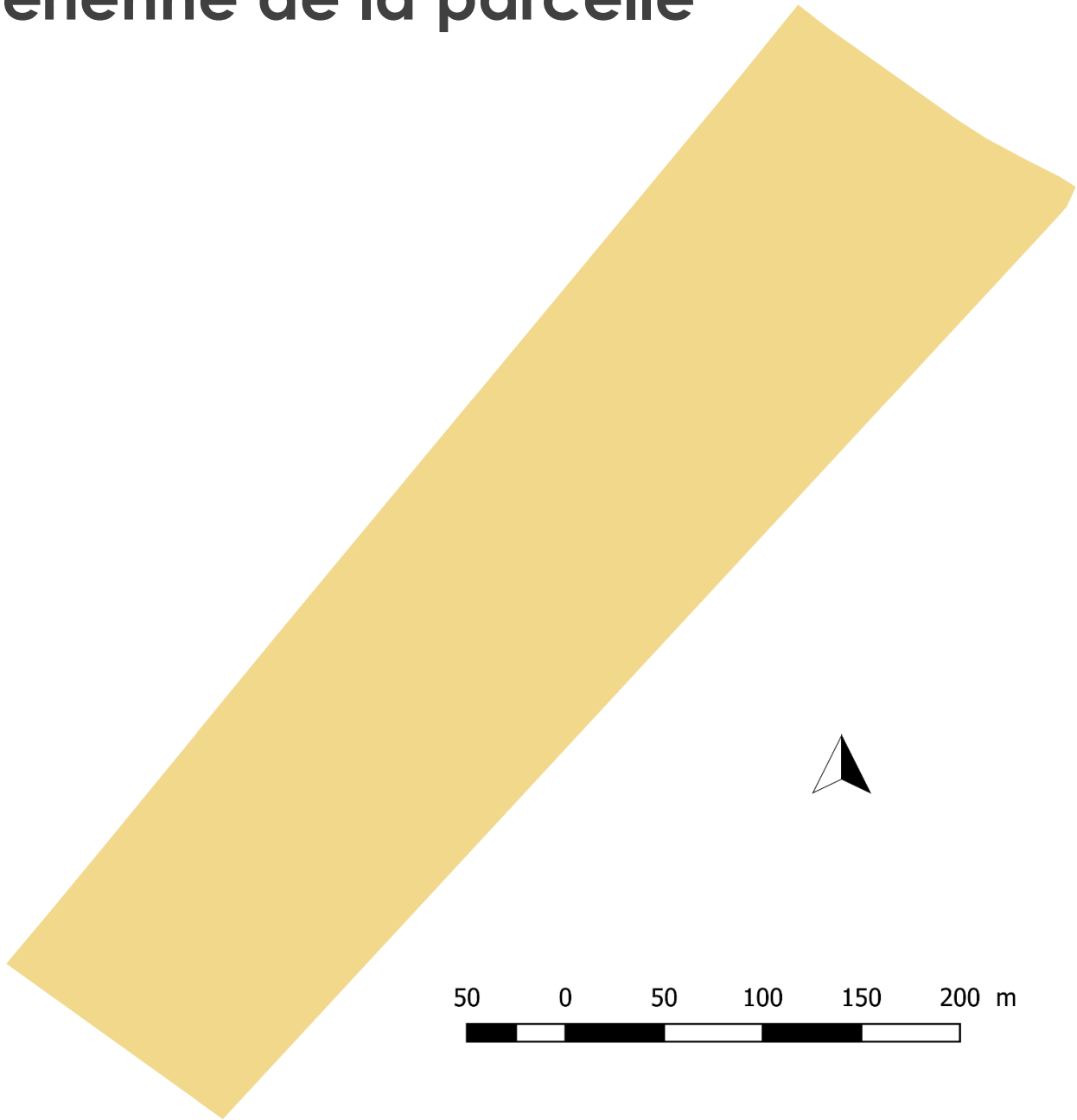
Disques → Électro-conductivité

Spectrophotomètre
→ Matière organique

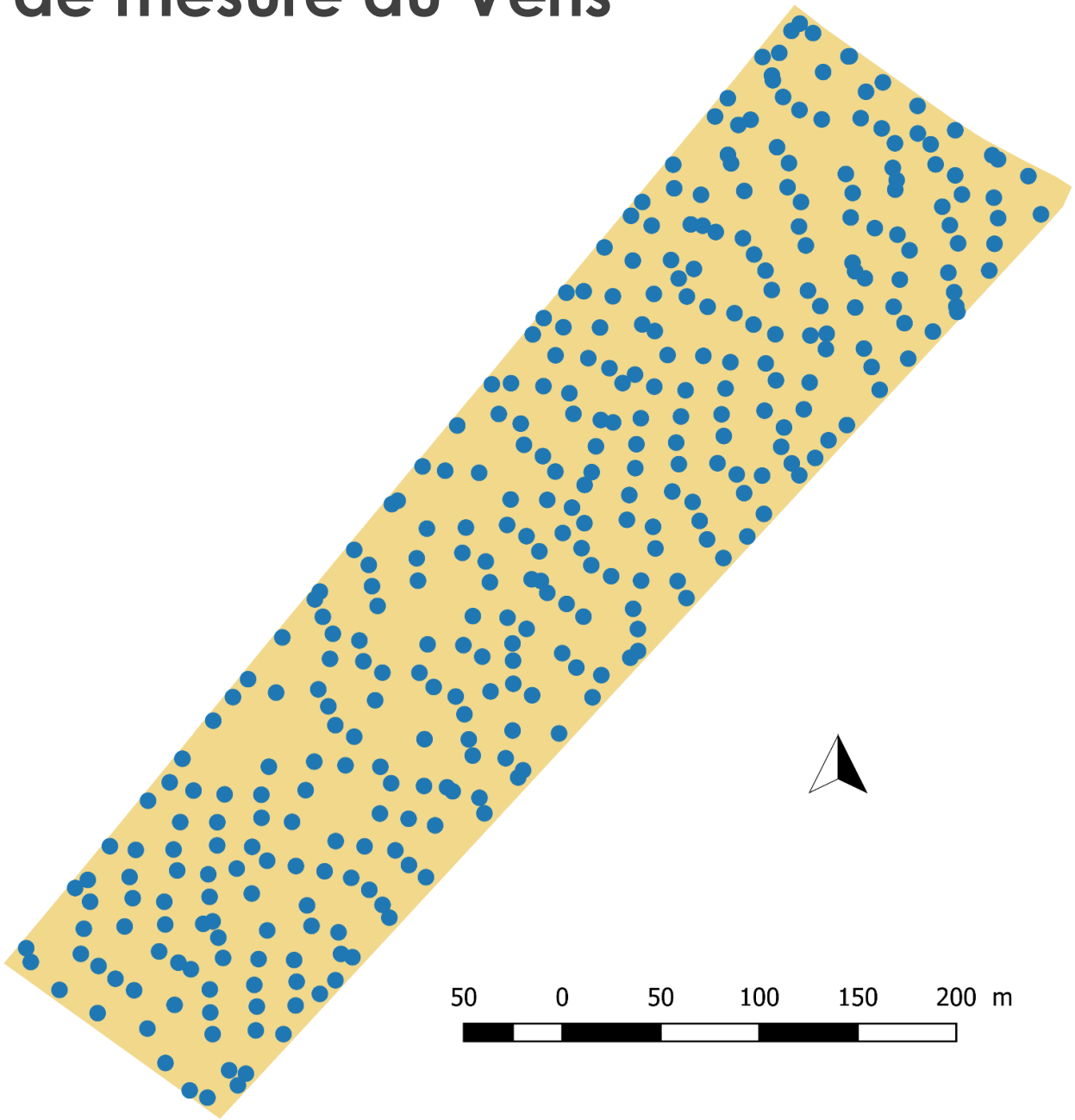
Sonde pH

Carotteuse

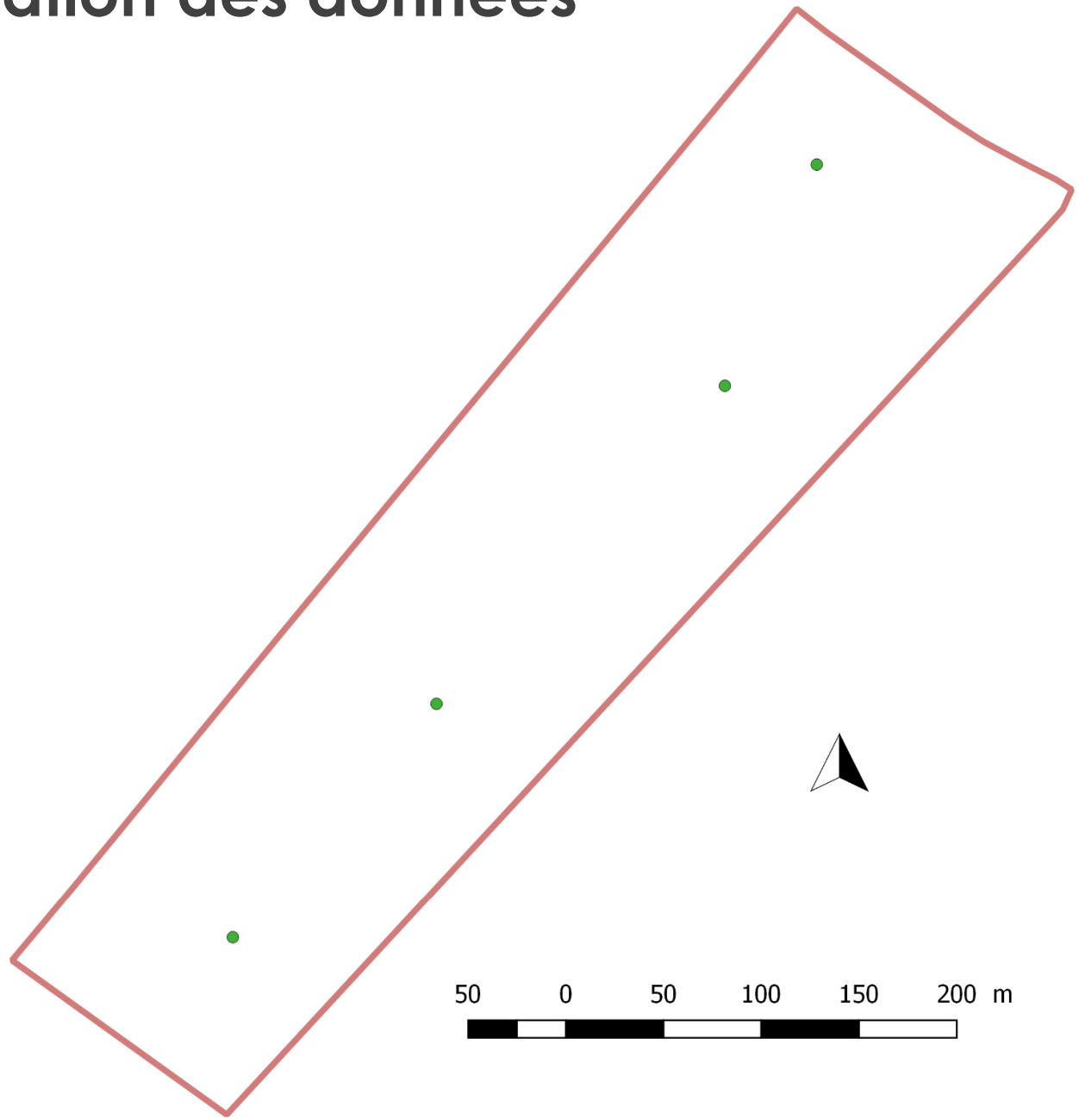
Vue aérienne de la parcelle



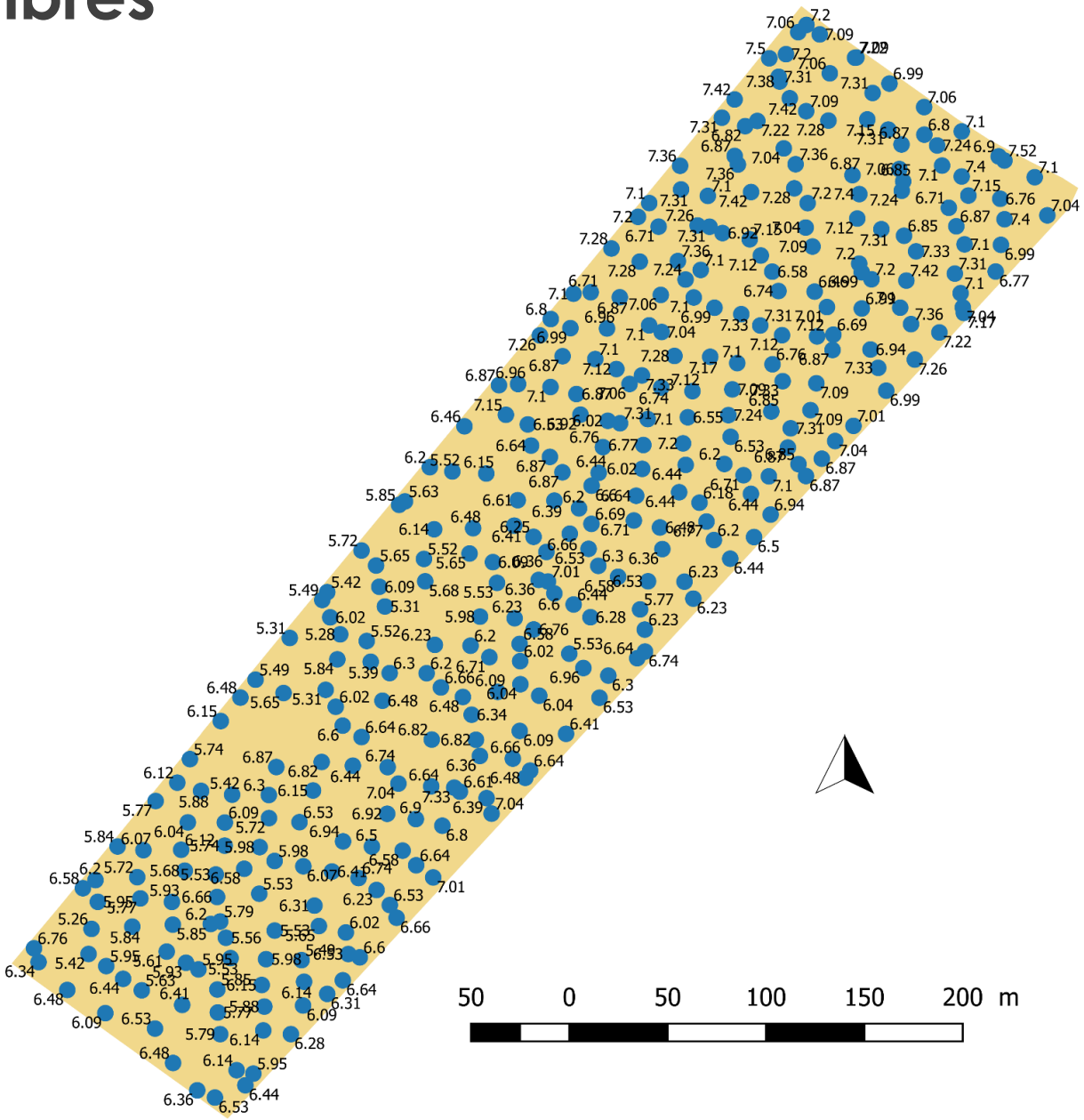
Points de mesure du Veris



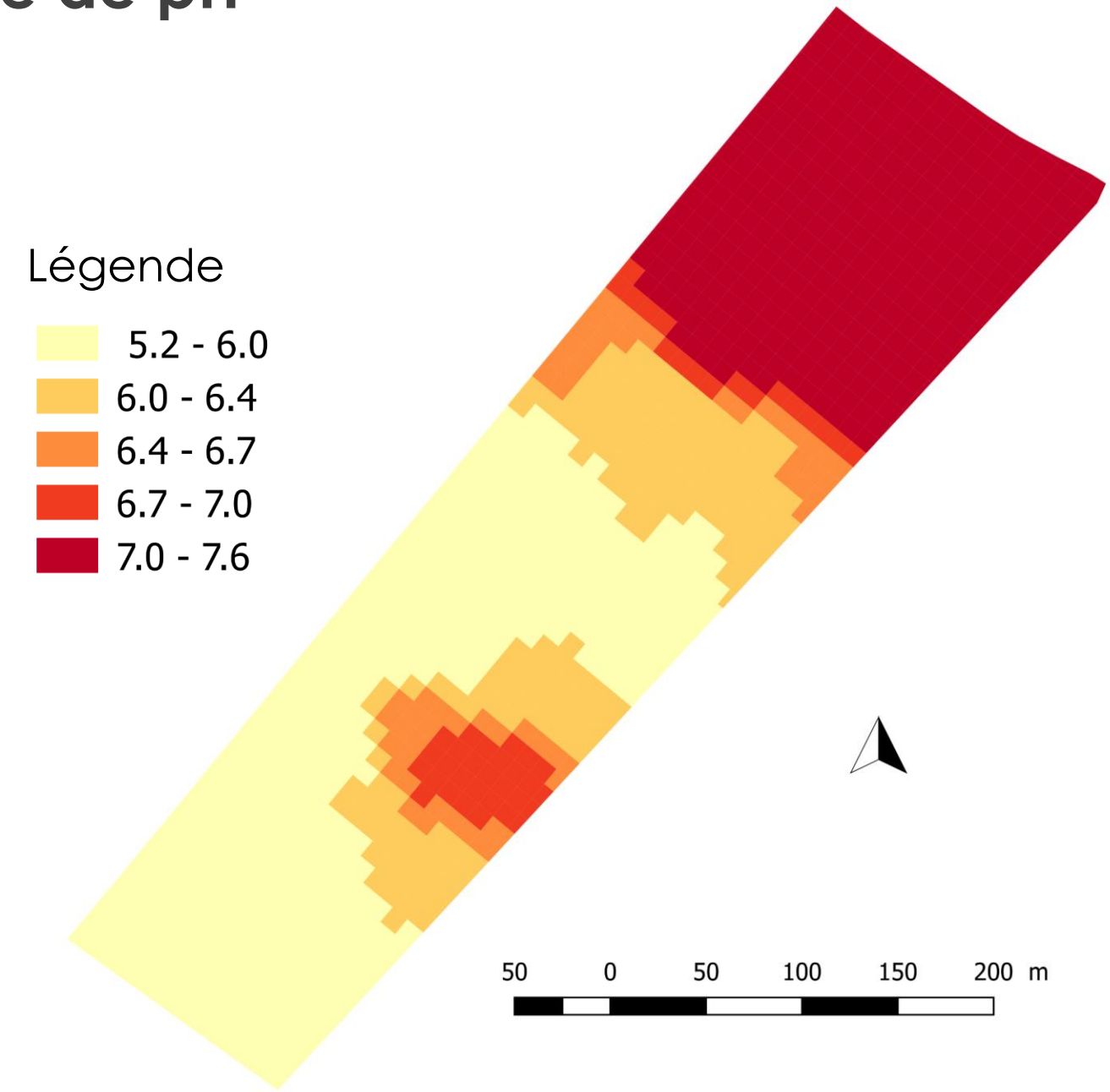
Calibration des données



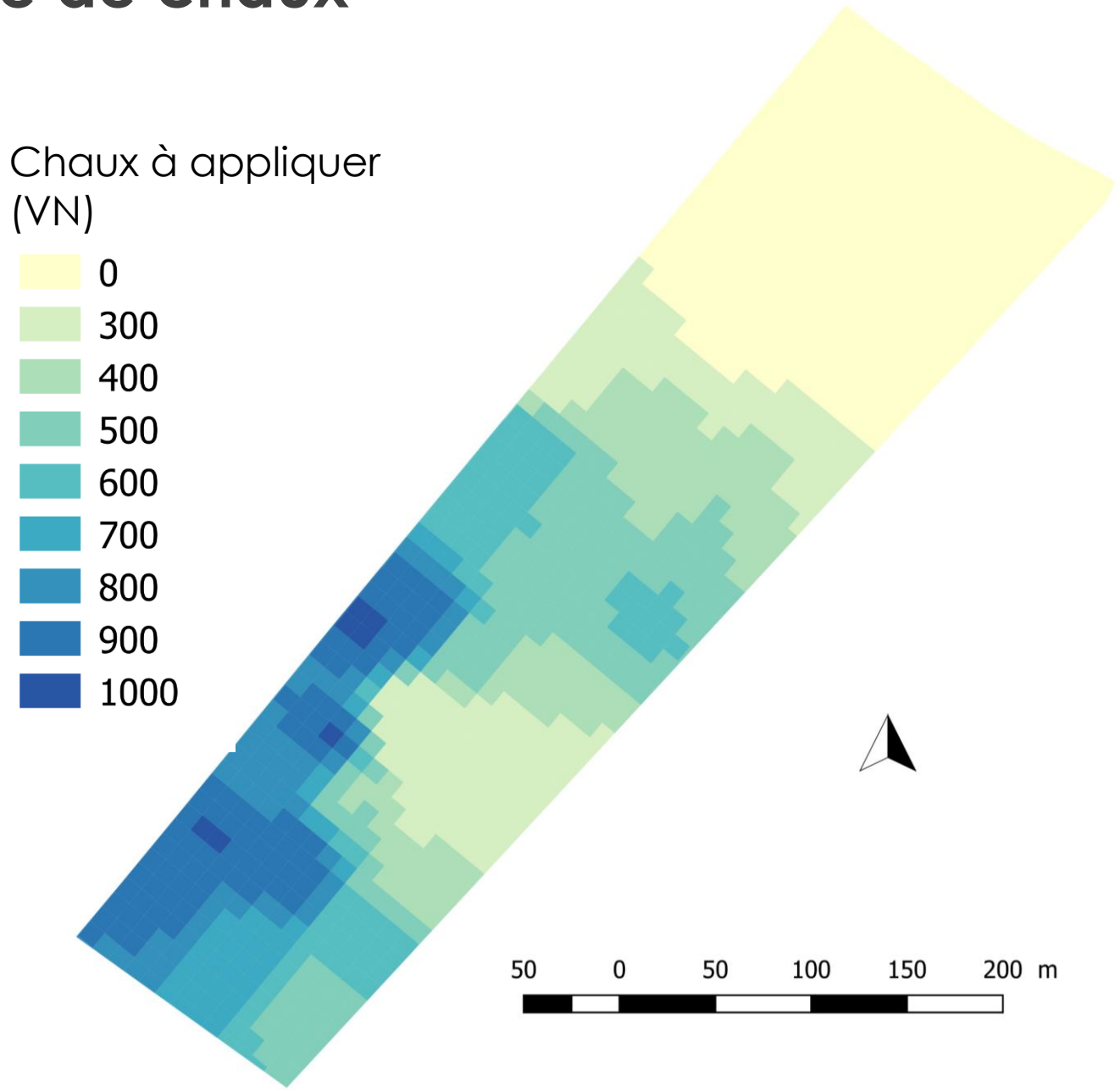
pH calibrés



Carte de pH



Carte de chaux



Modulation de l'application de chaux

Modulation de l'application de chaux

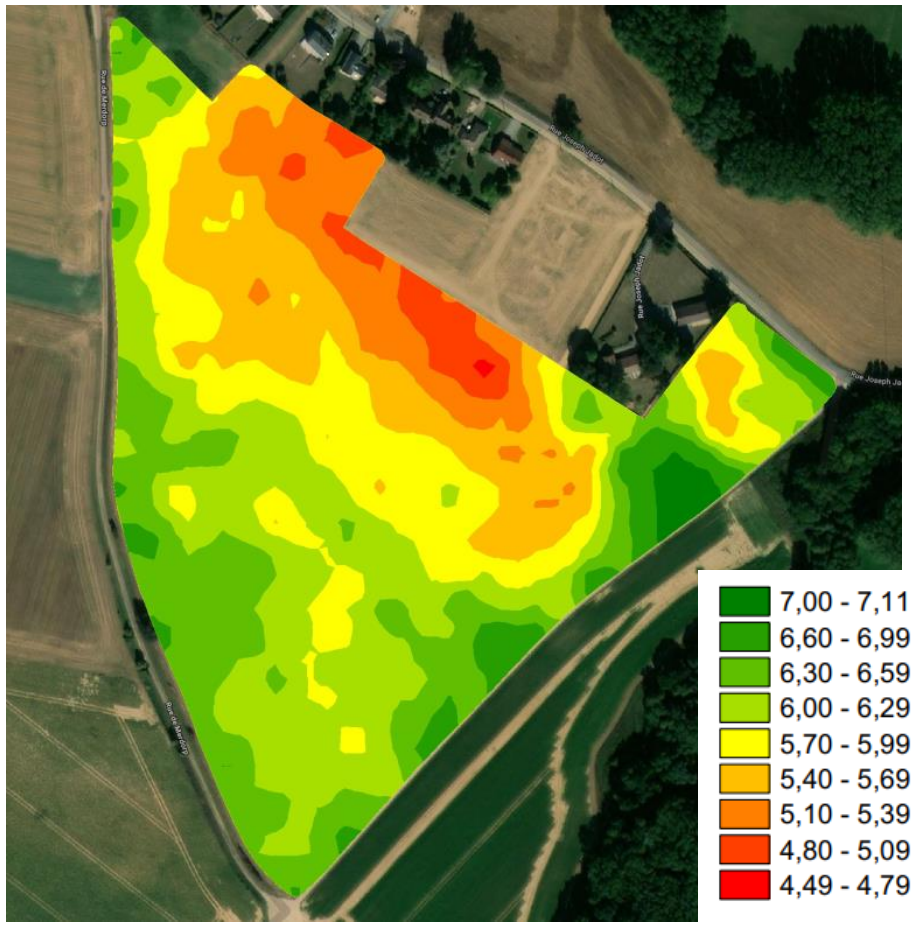
Une économie d'intrants?

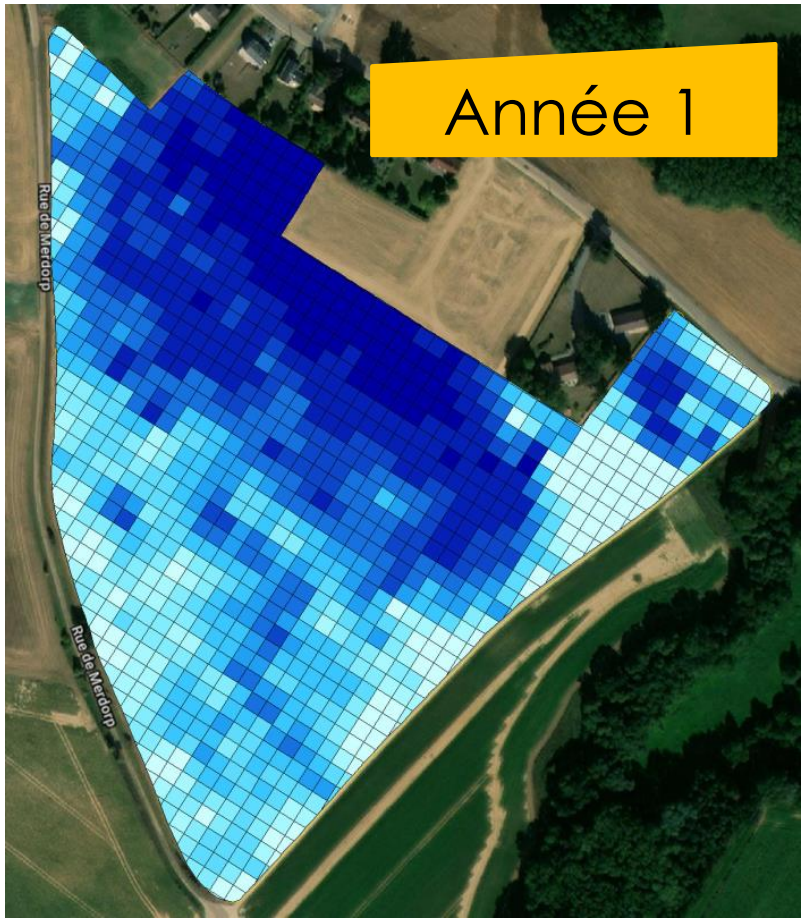
	Modulation	Pas de modulation	
Surface d'application	9,6 ha	9,6 ha	=
Quantité totale appliquée	5280 VN	2880 VN	↗
Quantité / ha	550 VN/ha	300 VN/ha	↗

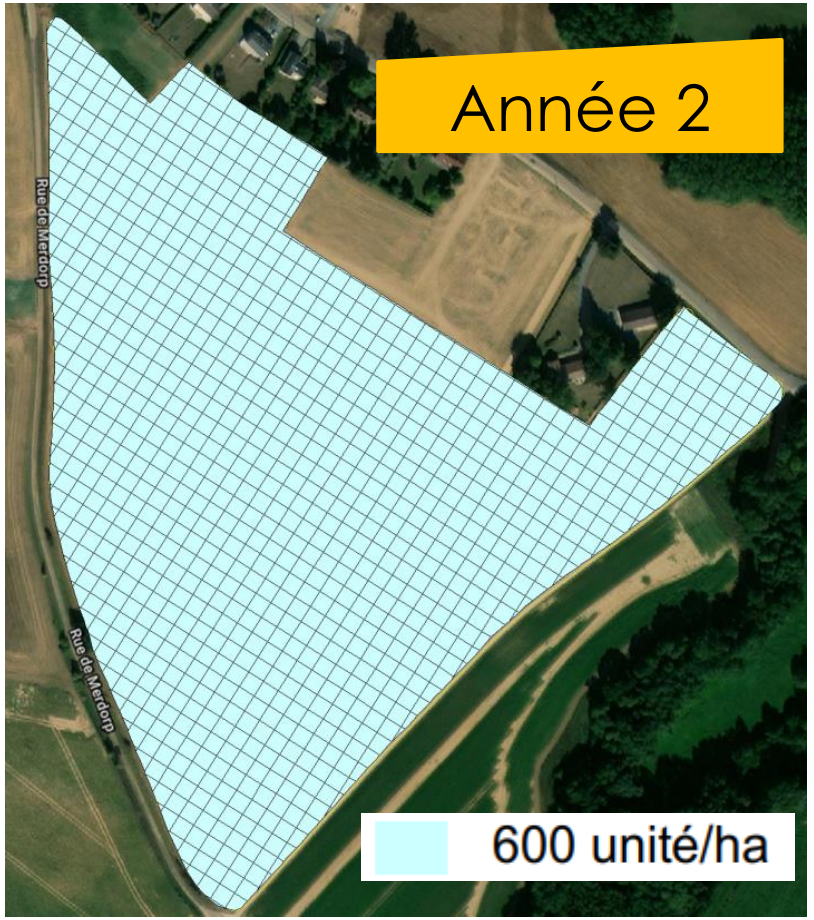
Pas forcément! Plutôt une optimisation!

Modulation de l'application de chaux

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar







Modulation de l'application de chaux

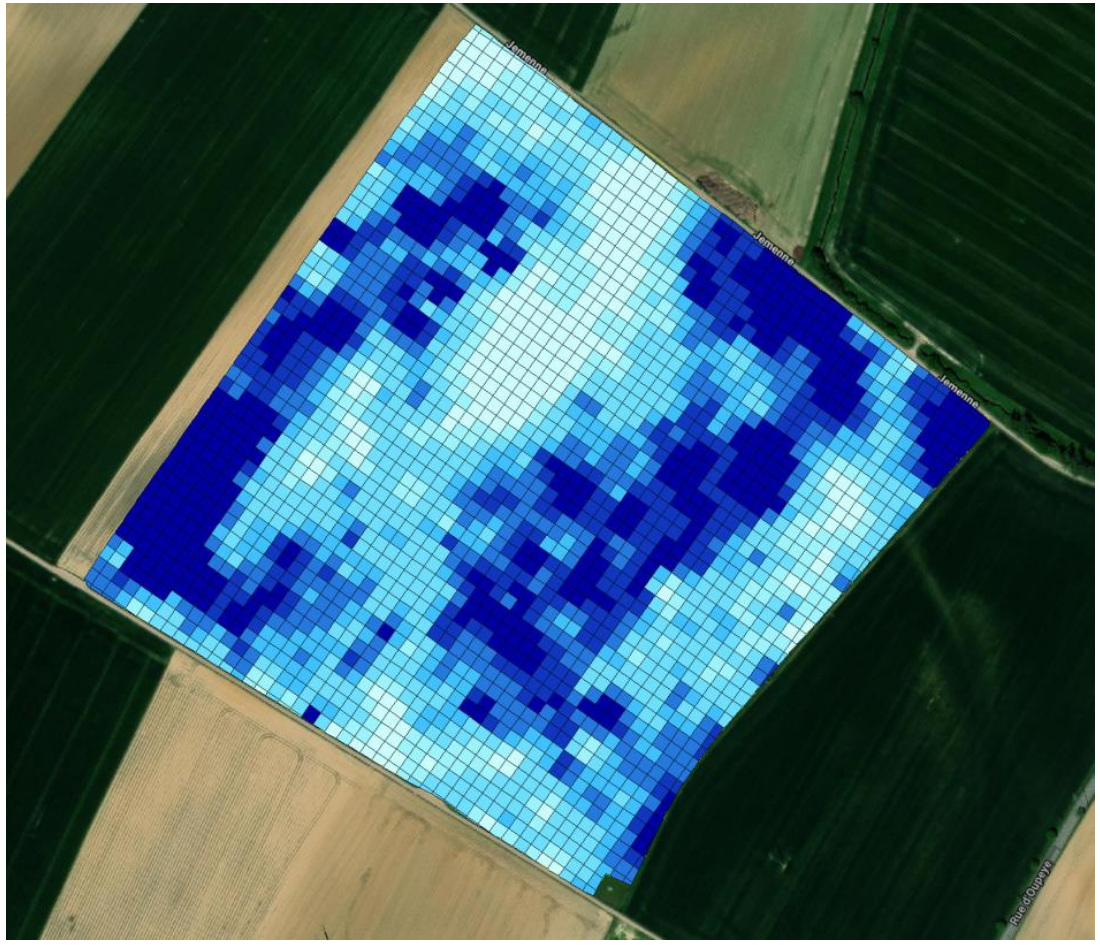
Une économie d'intrants?

	Modulation	Pas de modulation	
Surface d'application	9,8 ha	9,8 ha	=
Quantité totale appliquée	11584 VN	10780 VN	↗
Quantité / ha	1180 VN/ha	1100 VN/ha	↗

Pas forcément! Plutôt une optimisation!

Les cartes de chaulage

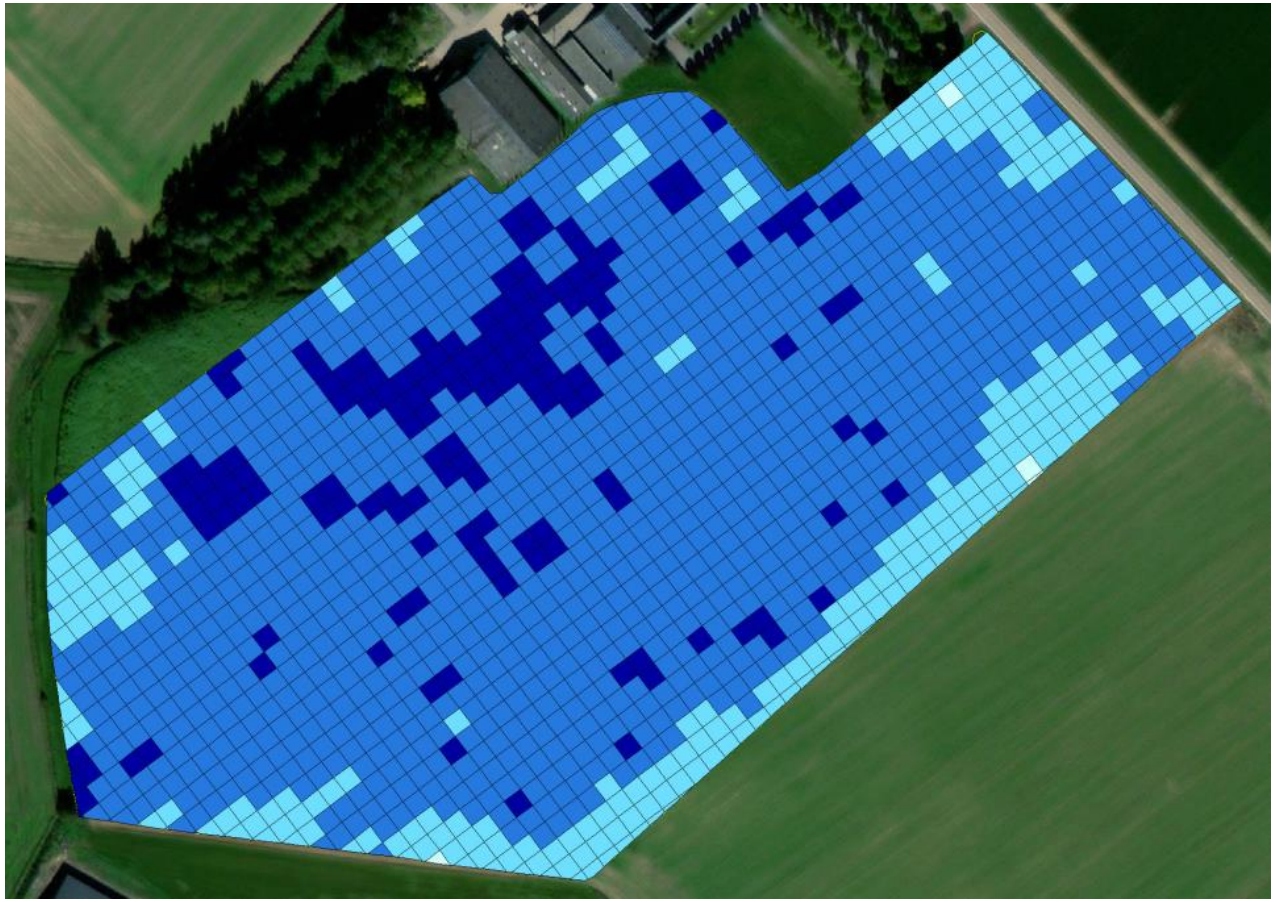
Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar



1000 - 1600 unité/ha	3,66 ha	
900 - 999 unité/ha	2,55 ha	
800 - 899 unité/ha	3,22 ha	
700 - 799 unité/ha	2,84 ha	
600 - 699 unité/ha	4,99 ha	
300 - 599 unité/ha	2,27 ha	
0 - 299 unité/ha	1,93 ha	

Les cartes de chaulage

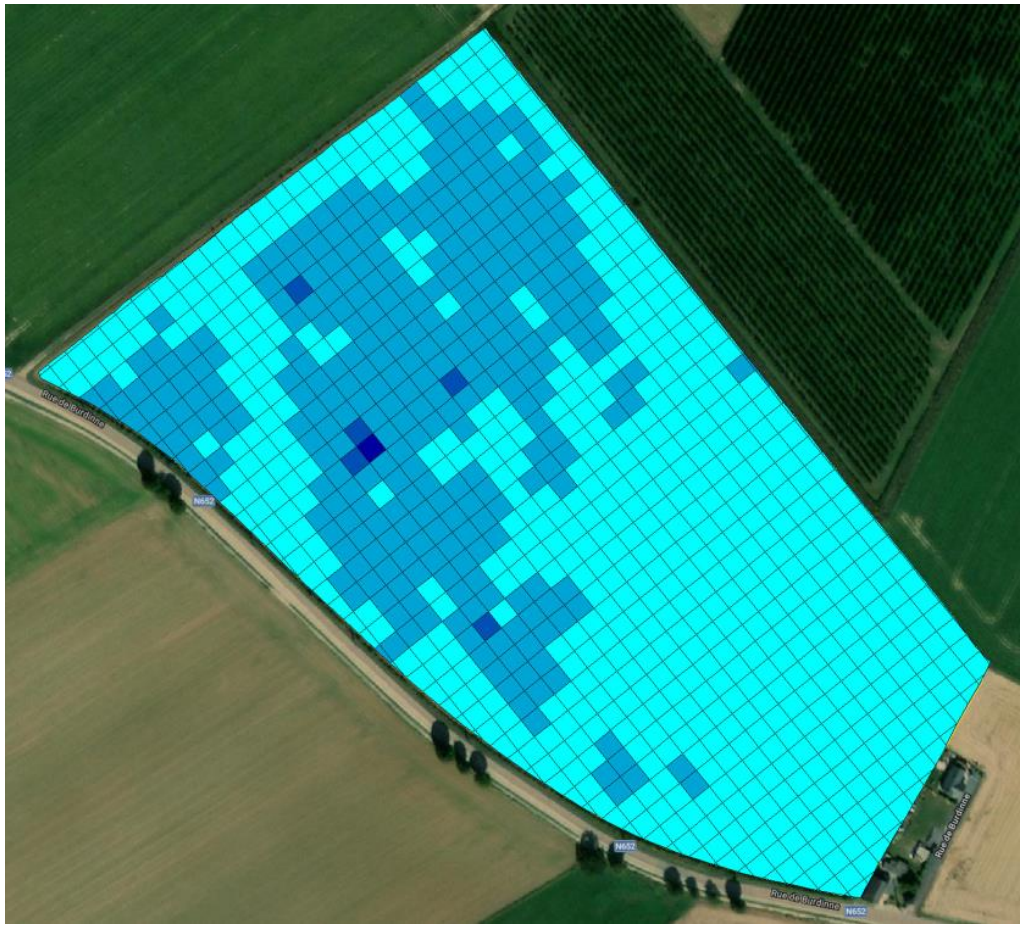
Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar



1000 unité/ha	1,50 ha
900 unité/ha	10,55 ha
800 unité/ha	2,23 ha
700 unité/ha	0,03 ha

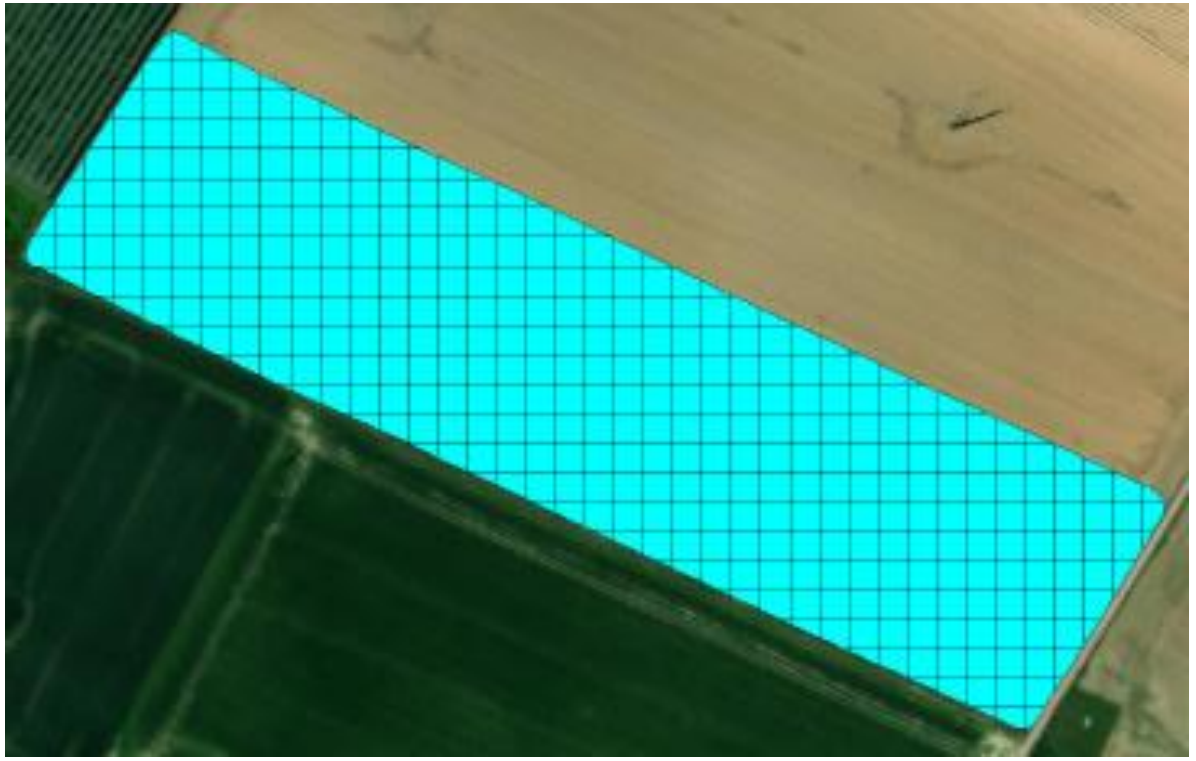
Les cartes de chaulage

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar



400 unité/ha	0,01 ha
350 unité/ha	0,05 ha
300 unité/ha	3,04 ha
0 unité/ha	5,79 ha

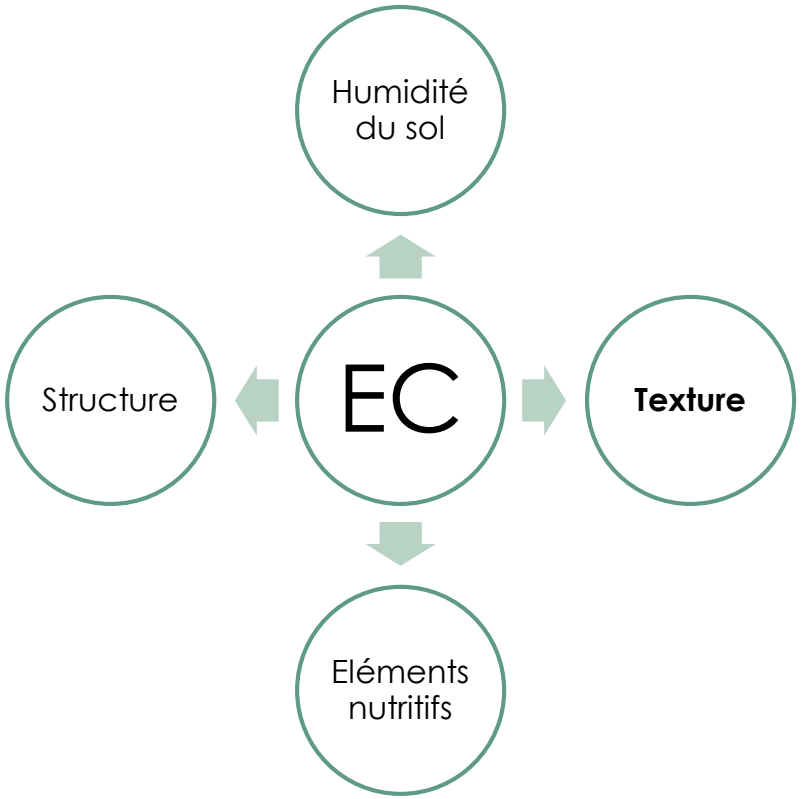
Les cartes de chaulage

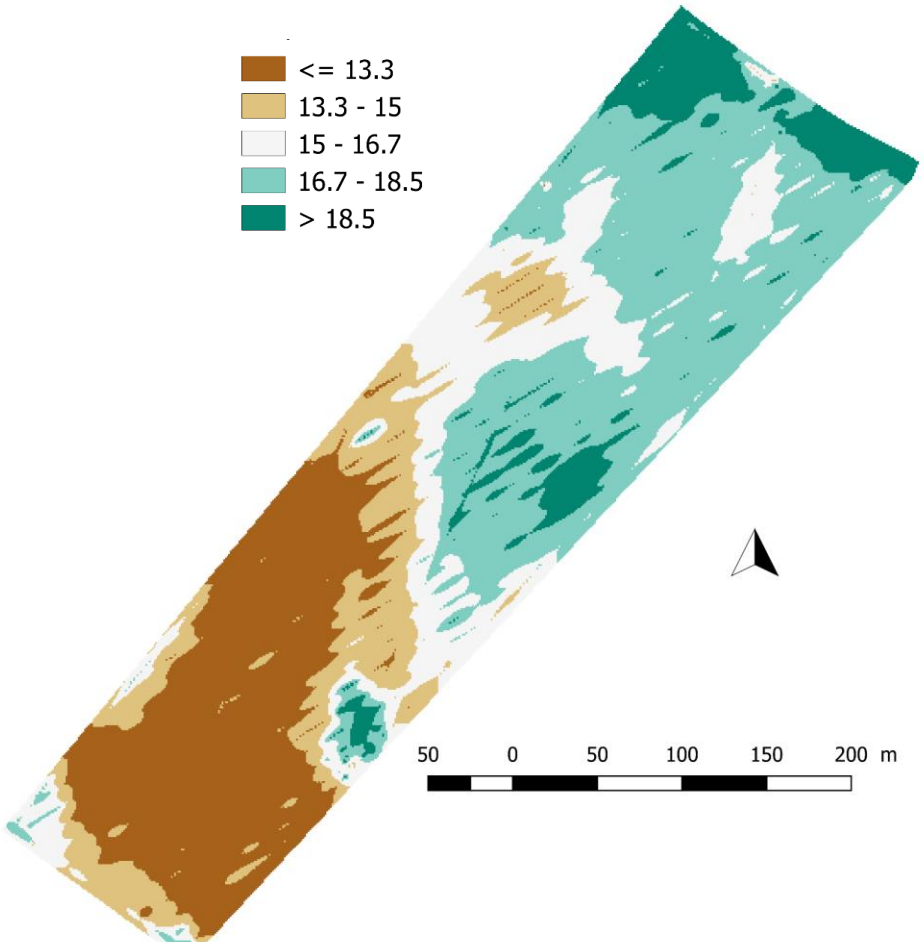


0,00 unité/ha 3,52 ha

L'électro-conductivité

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

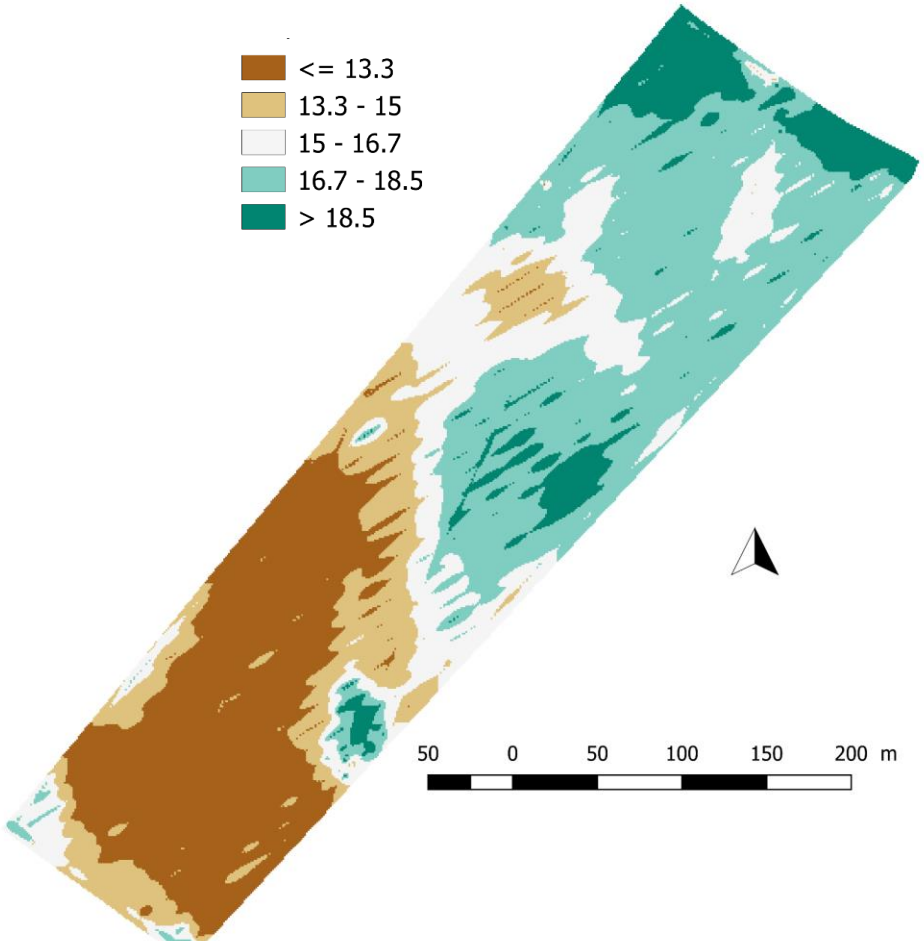




L'électro-conductivité

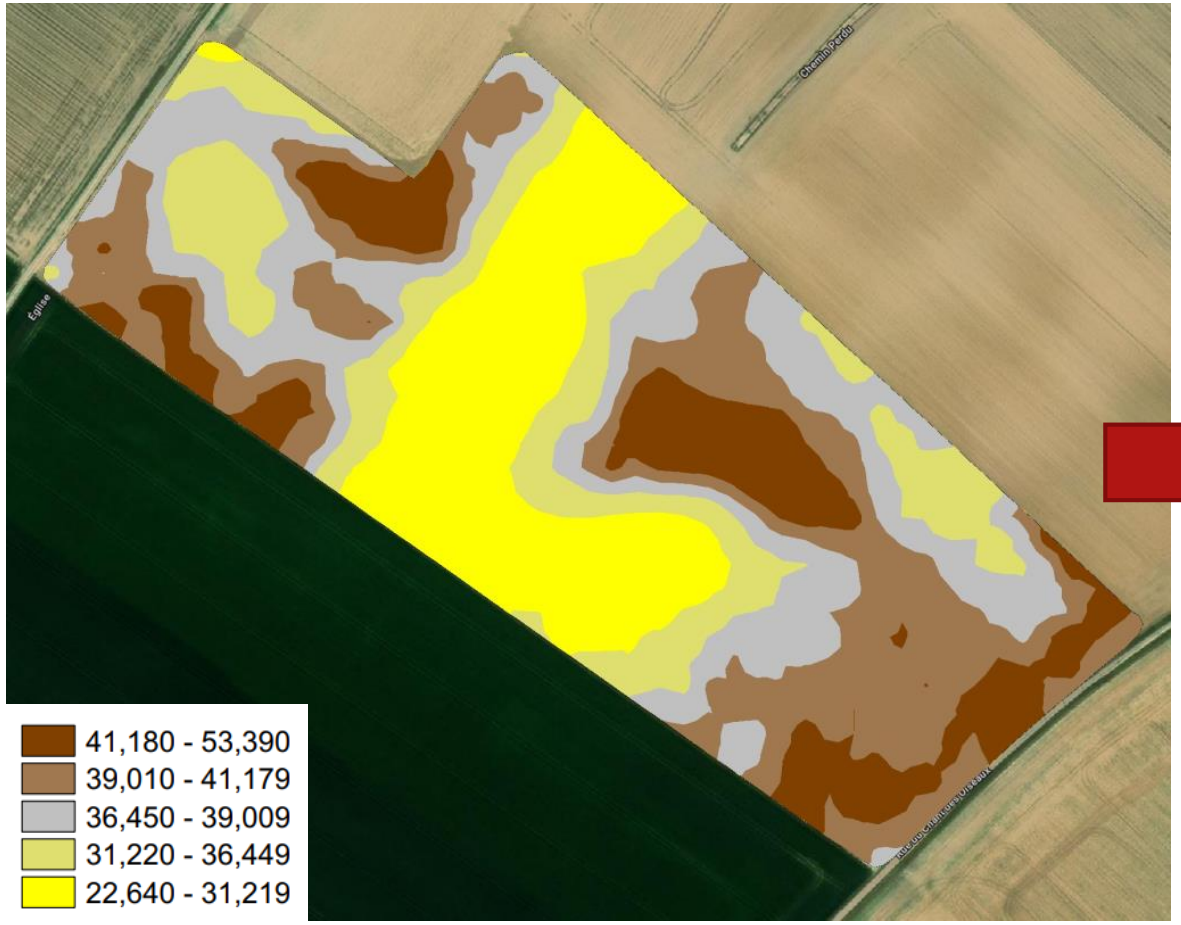
Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

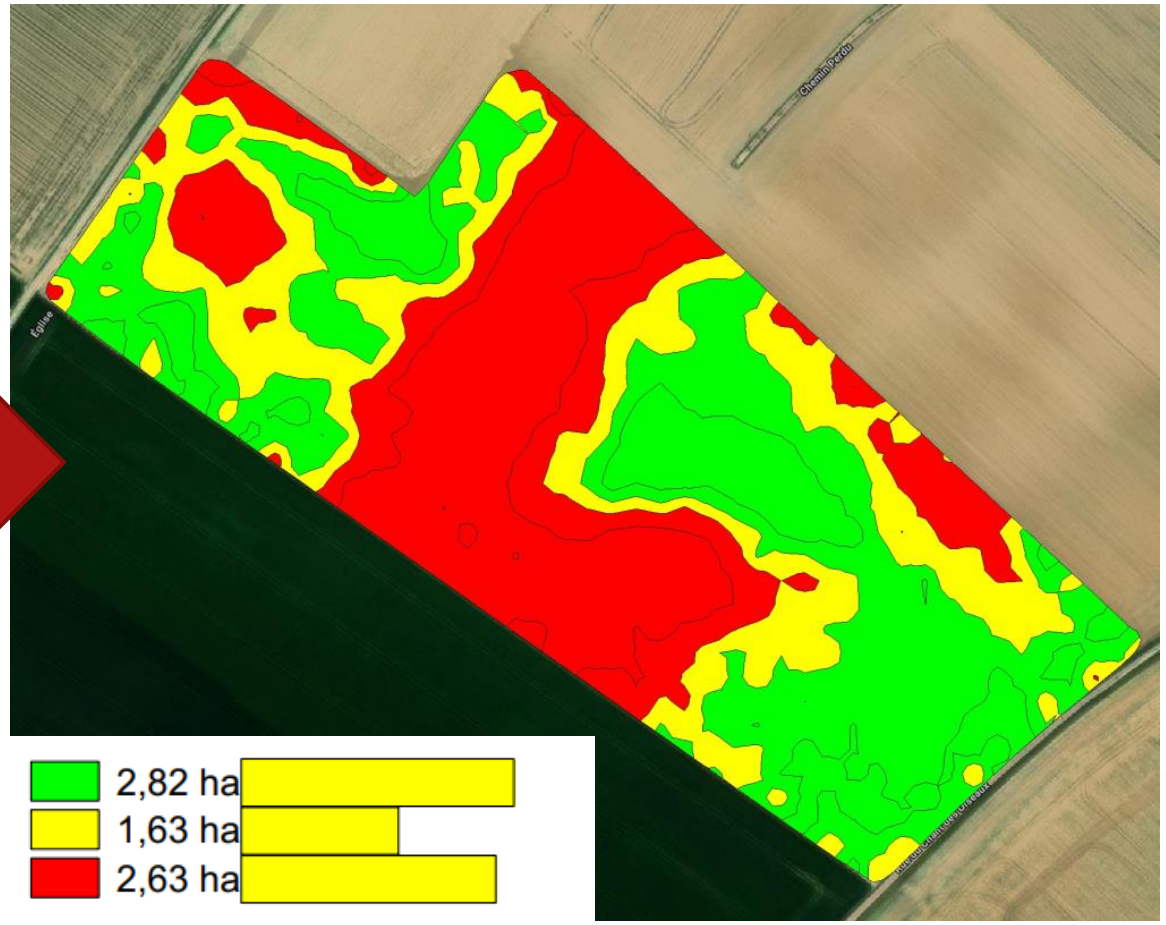
- Modulation de la densité de semis
- Echantillonnage de sol orienté



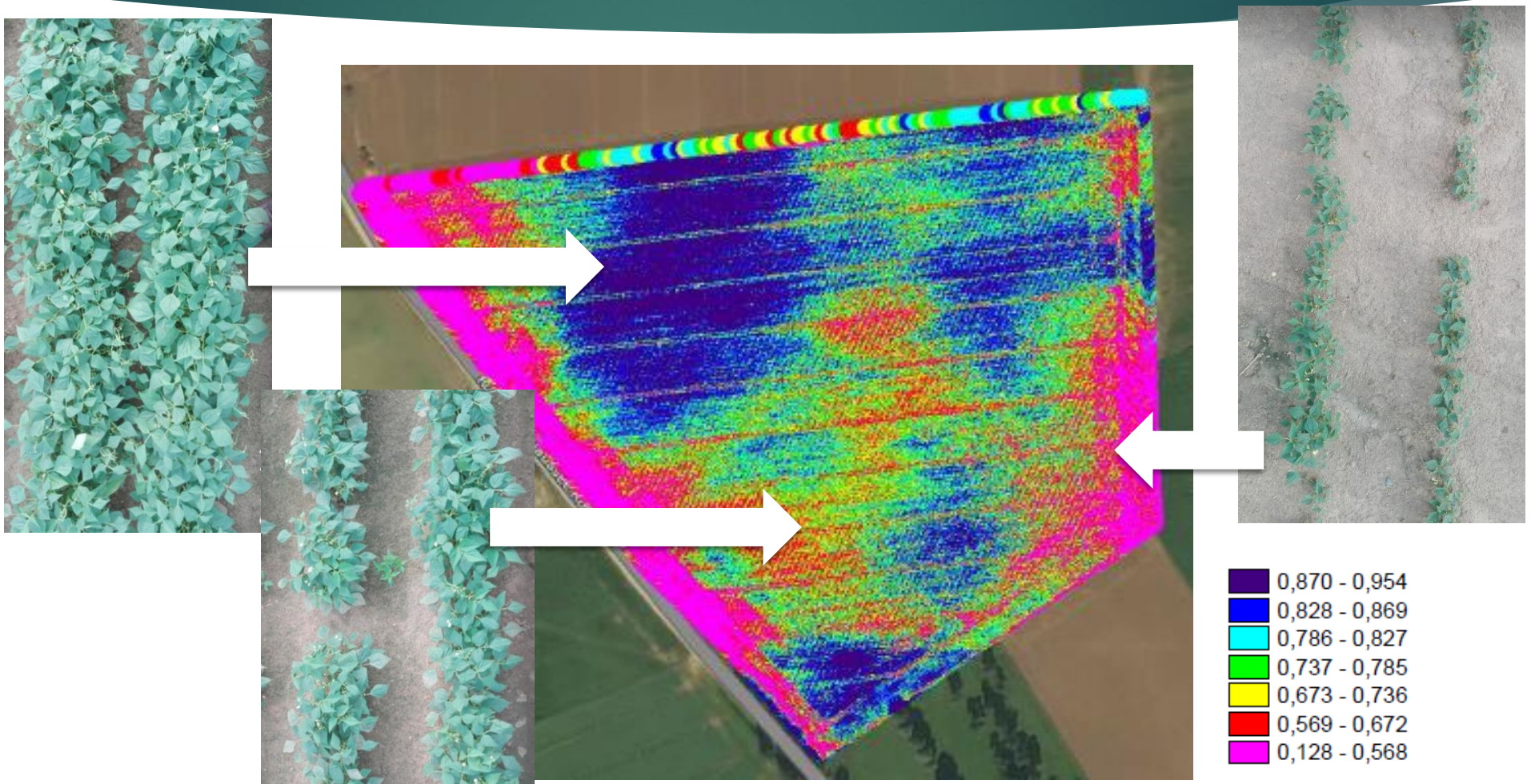
Modulation de la densité de semis grâce à l'électro-conductivité

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar



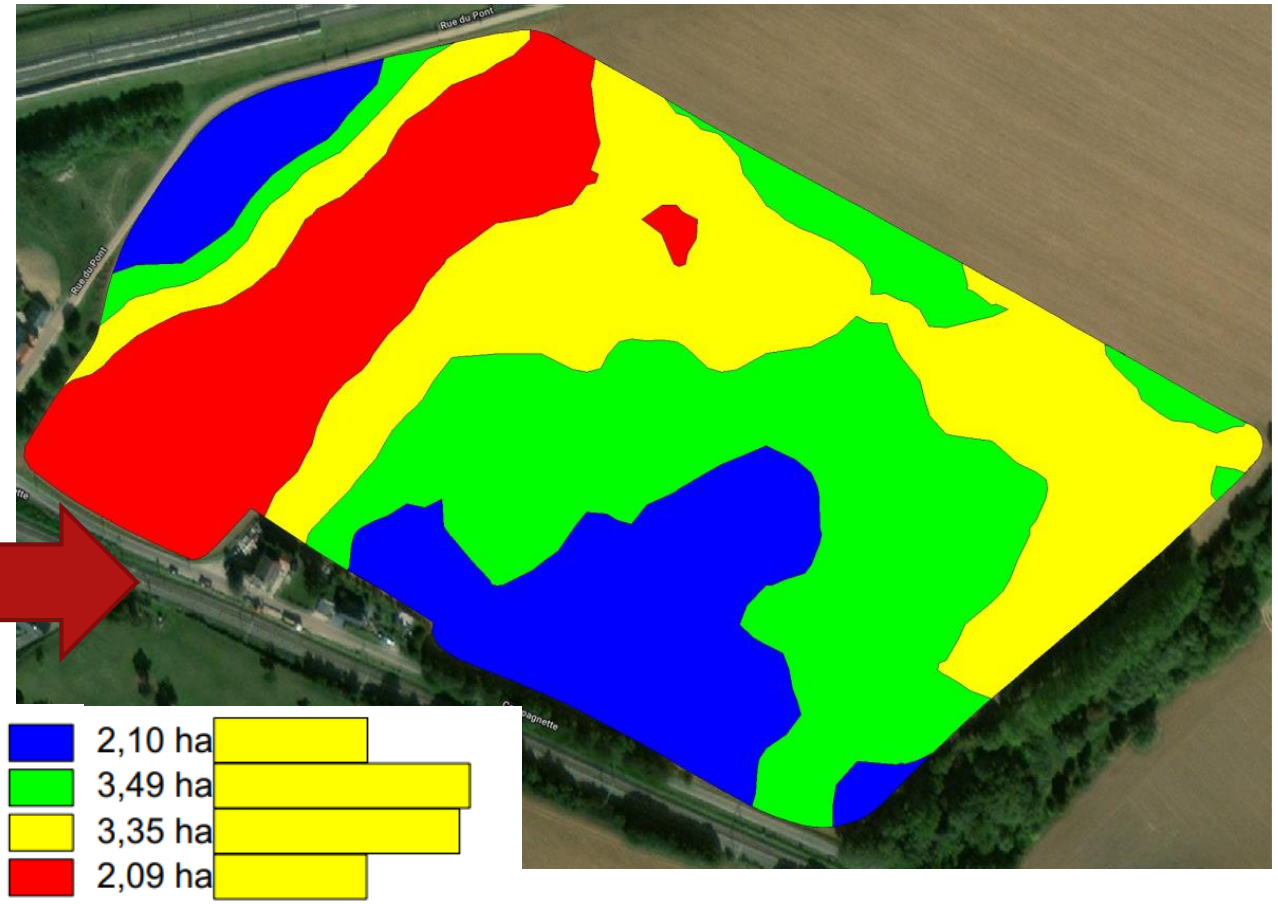


Modulation de la densité de semis grâce à l'électro-conductivité



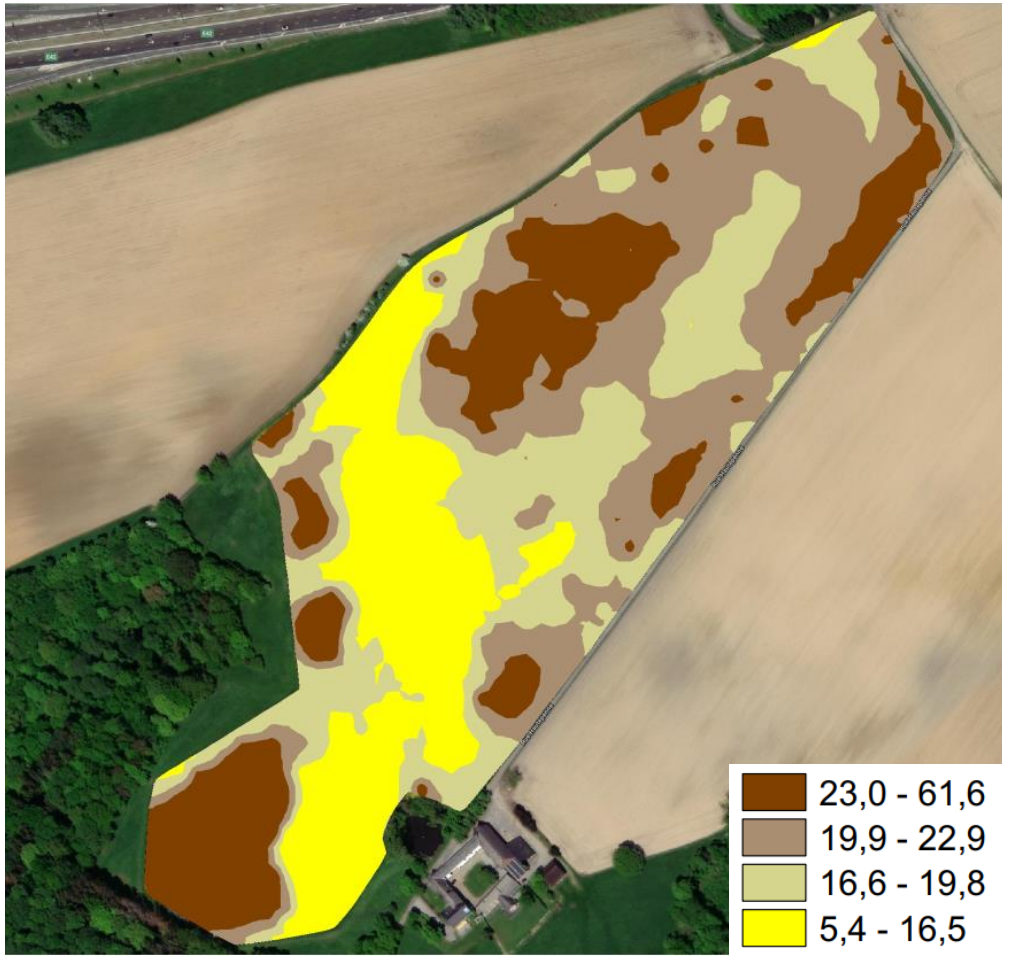
Modulation de la densité de semis grâce à l'électro-conductivité

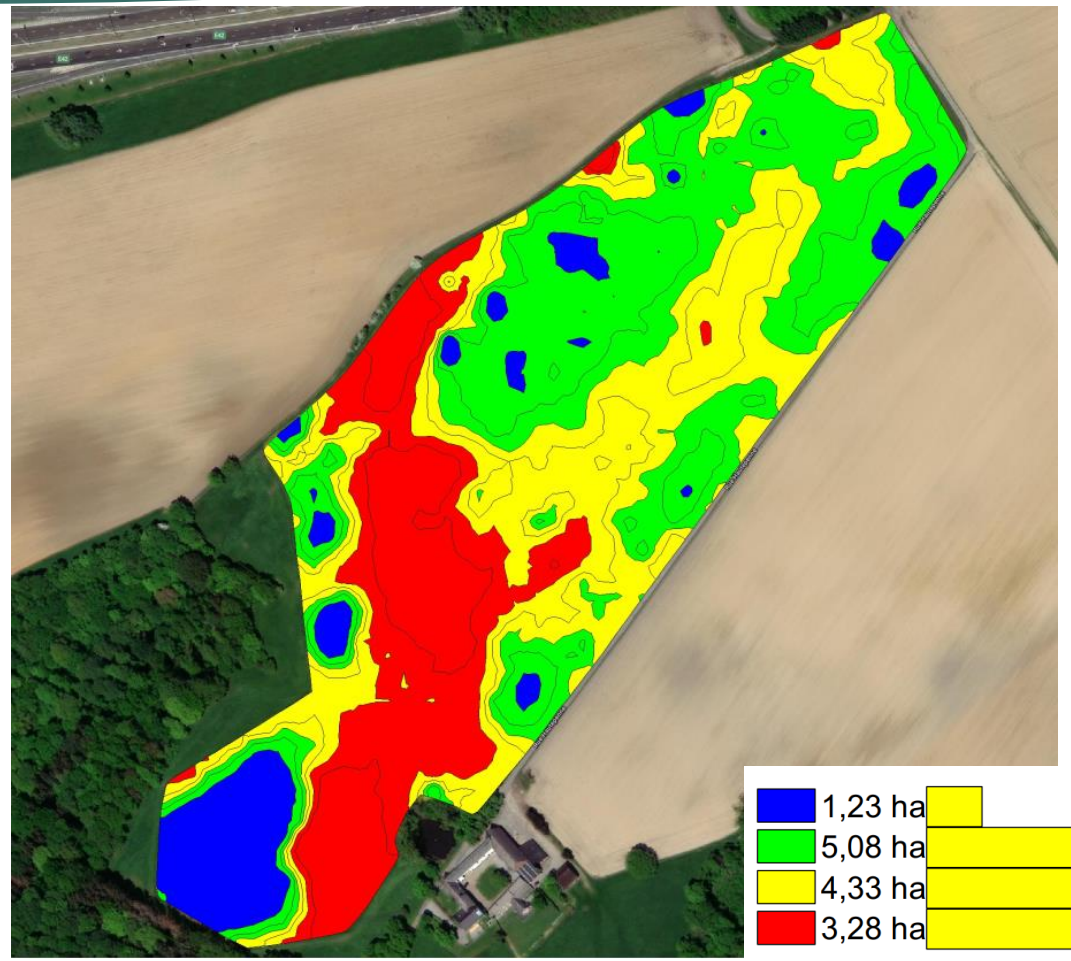
Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar



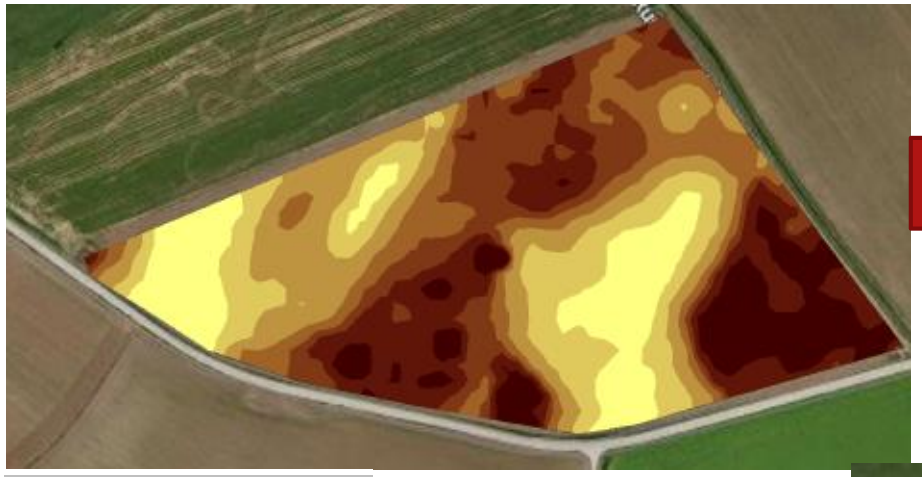
Modulation de la densité de semis grâce à l'électro-conductivité

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar



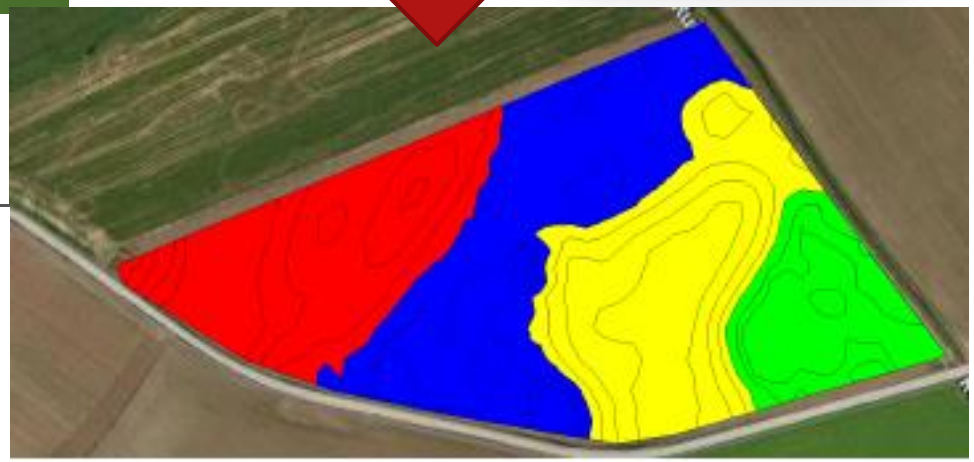


Échantillonnage orienté, découpage de parcelle et modulation de l'azote

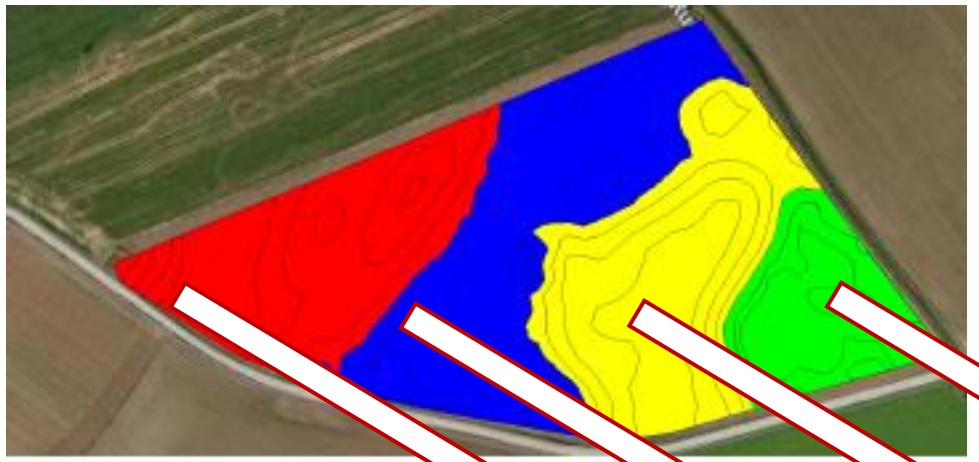


30,070 - 59,360
28,630 - 30,069
27,450 - 28,629
25,500 - 27,449
22,080 - 25,499
18,750 - 22,079
12,910 - 18,749

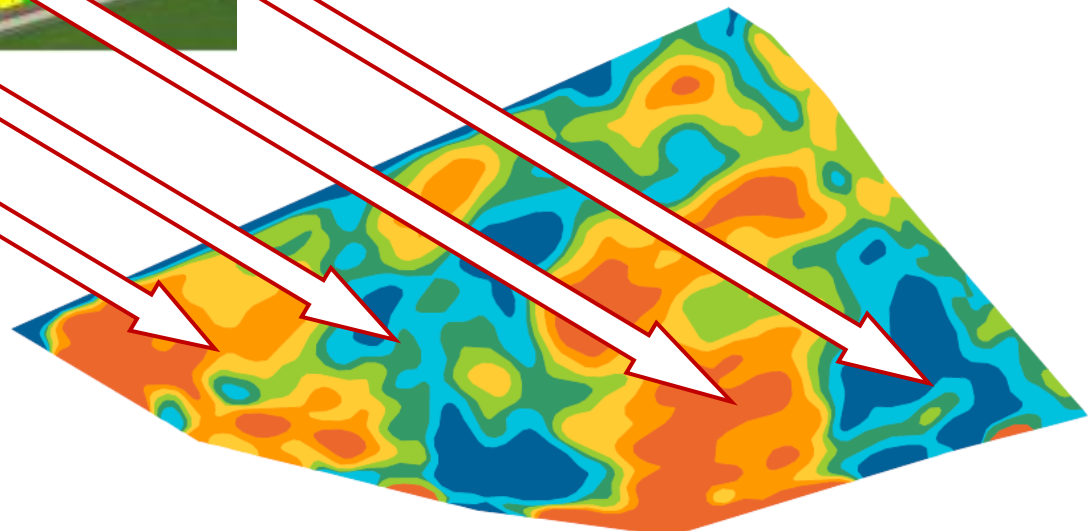
451,40 kg/ha
444,00 kg/ha
281,20 kg/ha
155,40 kg/ha



Échantillonnage orienté, découpage de parcelle et modulation de l'azote



451,40 kg/ha
444,00 kg/ha
281,20 kg/ha
155,40 kg/ha



La CEC

- Electro-conductivité + matière organique
- Peut servir de base à la modulation des engrais

11,4 - 17,0 cmol/kg
10,9 - 11,3 cmol/kg
10,5 - 10,8 cmol/kg
9,7 - 10,4 cmol/kg
7,2 - 9,6 cmol/kg

La matière organique

- En général, parcelles homogènes pour ce facteur

Merci pour votre attention!

Province de Liège
Agriculture
CPL-Végémar

Adrien Boufflette

04 279 66 55

Adrien.Boufflette@provincedeliege.be