La variabilité intra-parcellaire support de la viticulture de précision

B. TISSEYRE
Maître de Conférence, Montpellier SupAgro
V. de RUDNICKI
Ingénieur de Recherche, Montpellier Cemagref

Introduction

- **Viticulture de précision**
  - Le concept :
    - Localisation systématique des interventions,
    - Mesure massive et systématique d'informations géolocalisées par le biais de capteurs embarqués sur les machines d'intervention usuelles ou autres dispositifs.
    - Organisation et mise en forme des données spatialisées pour :
      - » la connaissance du vignoble et de ses variabilités,
      - » la gestion optimale du vignoble et des interventions (préconisations, gestion de chantier, expérimentation, etc.),
      - » la traçabilité des opérations,

Plan de l'intervention

- **1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture,**
- **2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,**
- **3) Eléments de réflexion sur la caractérisation de la variabilité spatiale,**

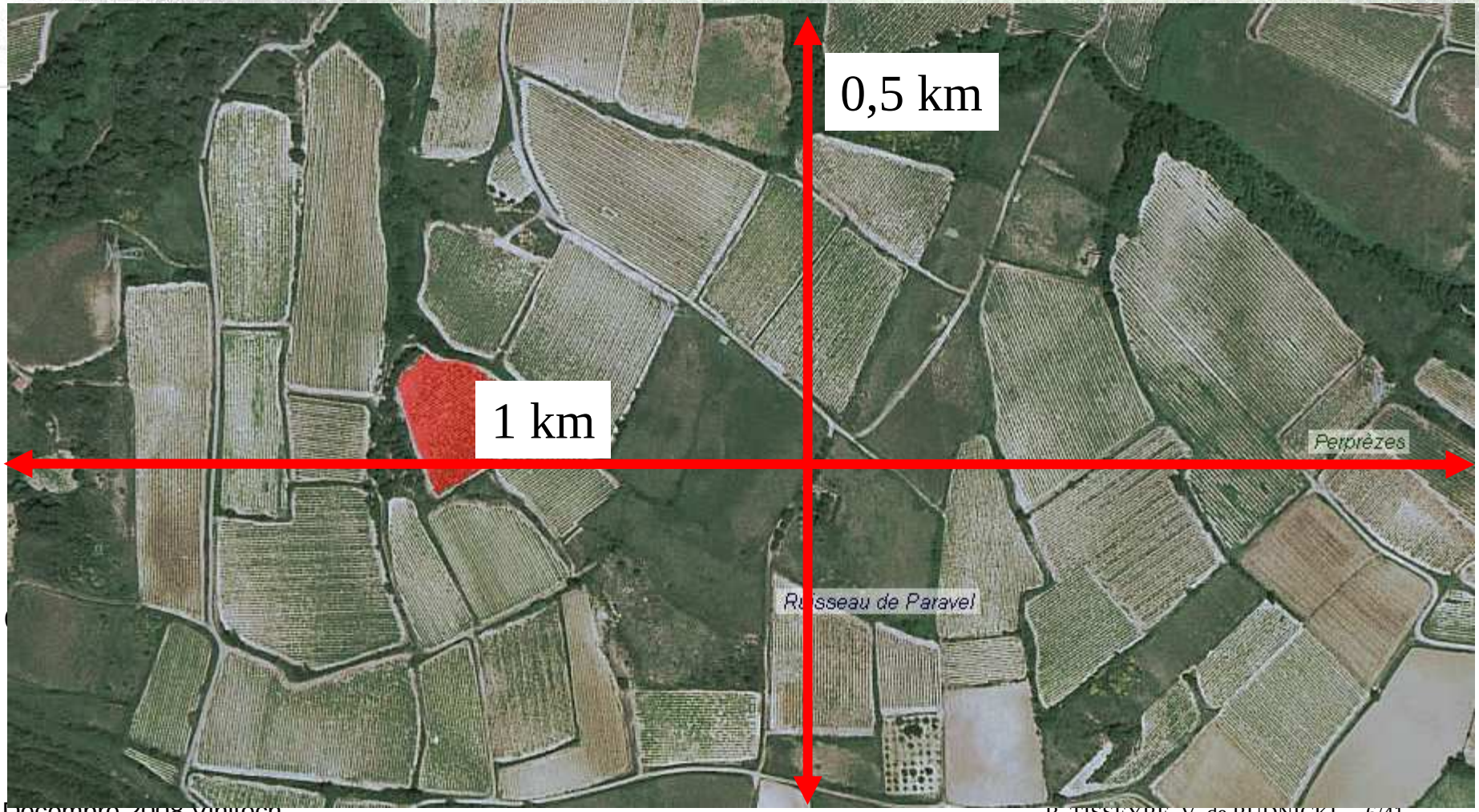
Parcellaire

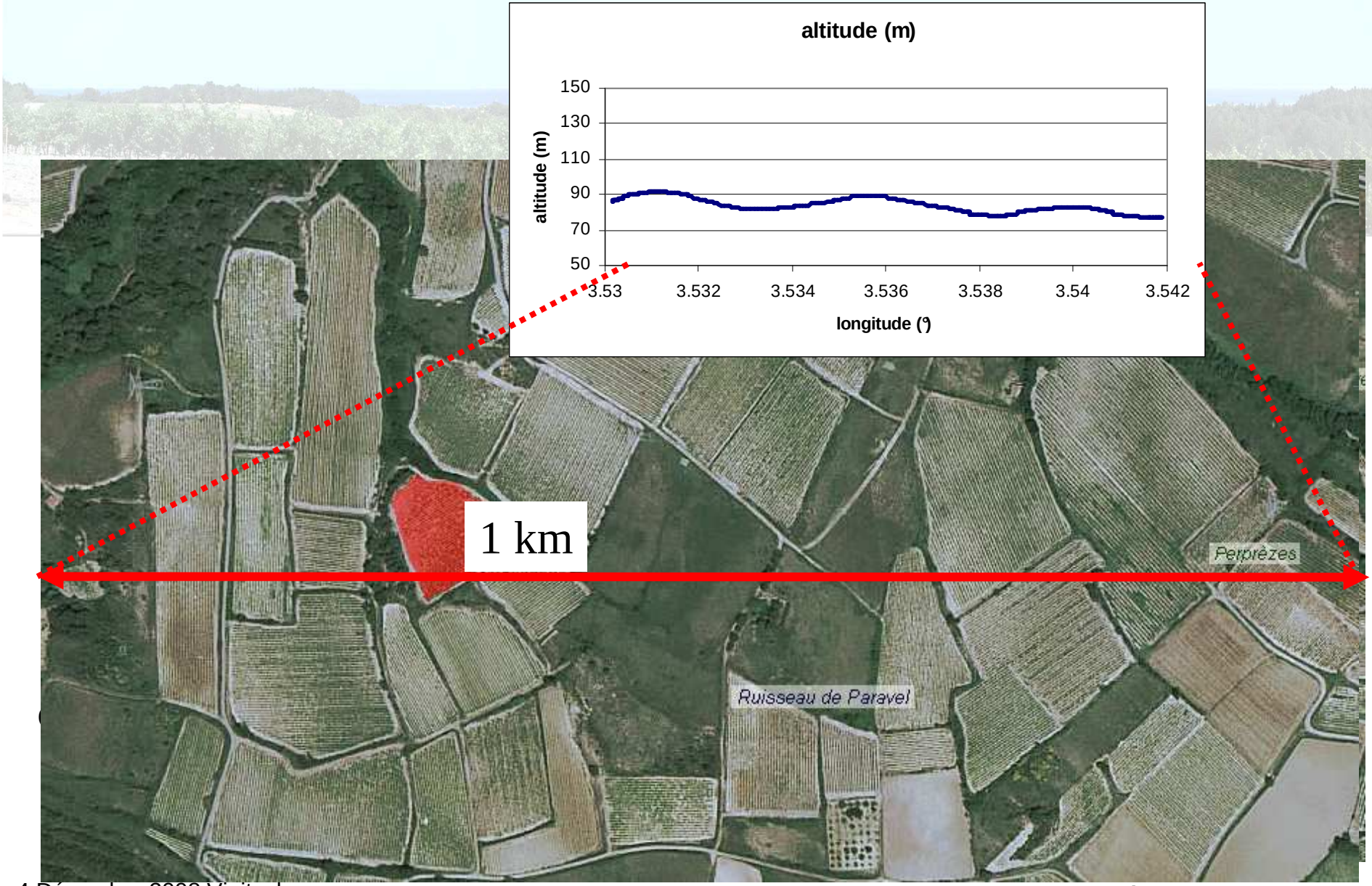
Coordonnées RGF 93 : X, 742874; Y, 6275236
Sources : IGN Coordonnées RGF 93 : X, 742874; Y, 6275236

Surface

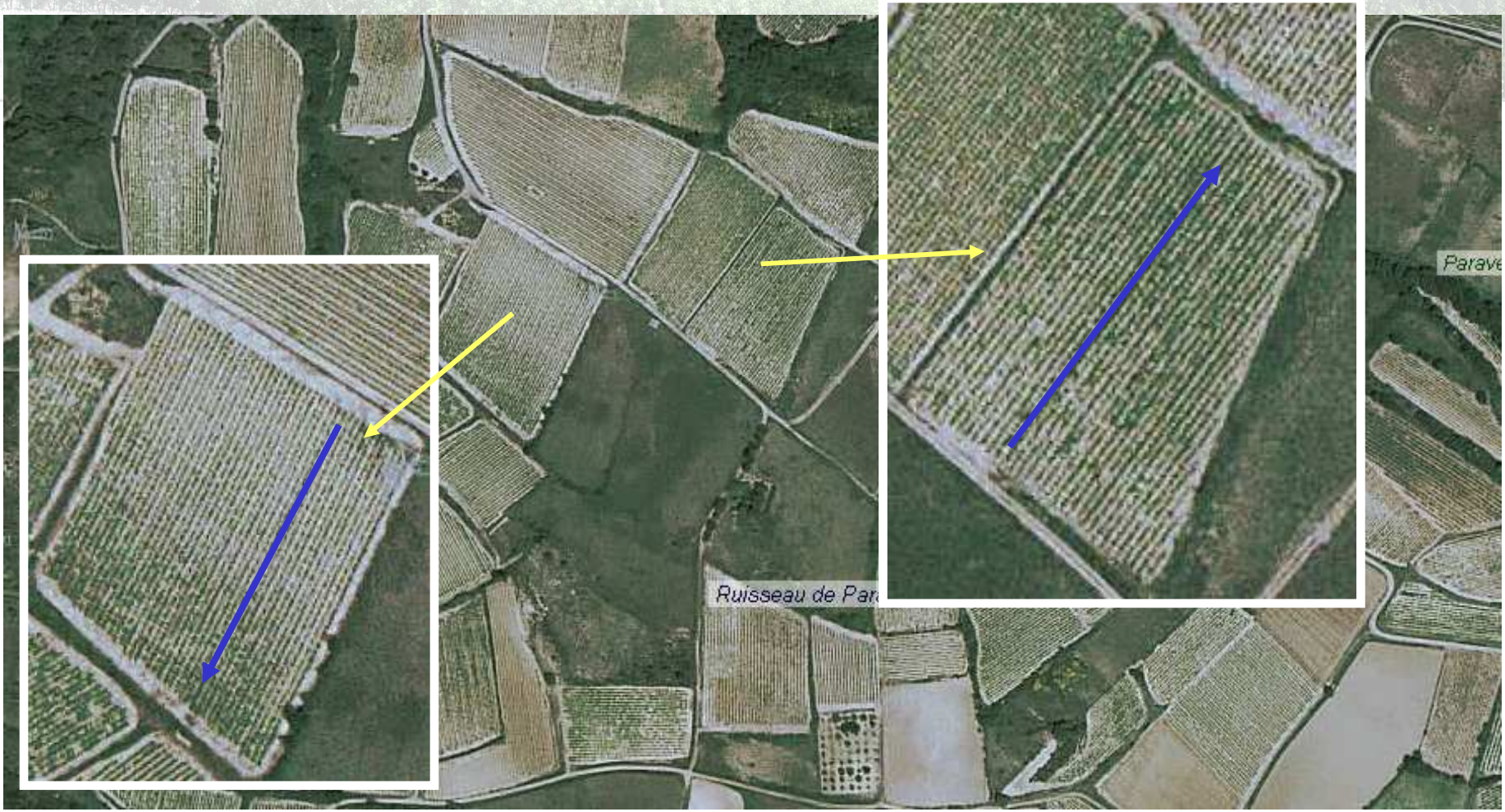
Coordonnées RGF 93 : X, 742874; Y, 6275236
Sources : IGN Coordonnées RGF 93 : X, 742874; Y, 6275236

Echelle

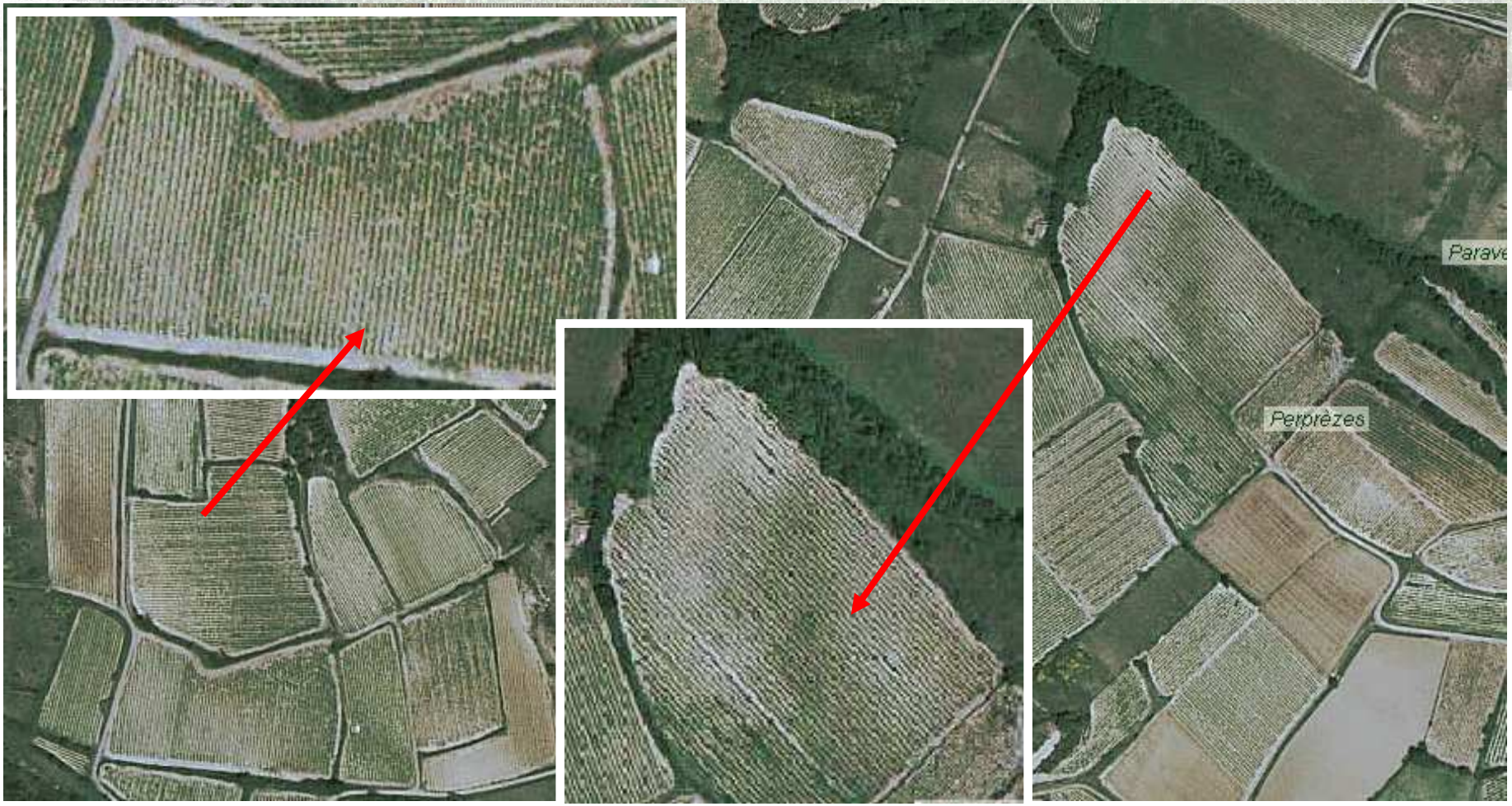



altitude (m)
150
130
110
90
70
50
altitude (m)
3.53
3.532
3.534
3.536
3.538
3.54
3.542
longitude (°)
1 km
Perprèzes
Ruisseau de Paravel

Gradients: variation des éléments topographiques
Faible à élevée



Motifs spatiaux:
variation spatiale & structuration +/- complexe



Plan de l'intervention

- **1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture**,
- **2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,**
- **3) Eléments de réflexion sur la caractérisation de la variabilité spatiale,**

1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture

La variabilité intra-parcellaire :
- un phénomène bien connu des professionnels,
- un phénomène dont l'importance est souvent négligée,

Phénomène qui est susceptible d'avoir des répercutions sur :
-l'efficacité d'un traitement, d'une opération,
-la qualité et la quantité moyennes d'une parcelle,

Dimension spatiale et temporelle

1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture

Sur le rendement

Expérimentations récentes (taylor et al. 2005)

Etude du rendement mesuré sur 146 parcelles (capteurs Pellenc S.A. et Farmscan)

D'après Taylor et al. 2005

Location	Number of fields	Mean Area (ha)	Yield (T/ha)	mean CV (%)
Canowindra (Australie)	26	2,77	6,52	21,83
Clare valley (Australie)	46	4,41	6	50,66
Cawra (Australie)	29	3,32	11,56	33,15
Mildura (Australie)	16	7,43	12,27	23,9
Southern France	21	1,54	9,52	39,56
Navarra (Spain)	8	4,01	4,82	47,58

1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture

Sur le rendement

Expérimentations récentes (taylor et al. 2005)

Etude du rendement mesuré sur 146 parcelles (capteurs Pellenc S.A. et Farmscan)

D'après Taylor et al. 2005

Location	Number of fields	Mean Area (ha)	Yield (T/ha)	mean CV (%)
Canowindra (Australie)	26	2,77	6,52	21,83
Clare valley (Australie)	46	4,41	6	50,66
Cawra (Australie)	29	3,32	11,56	33,15
Mildura (Australie)	16	7,43	12,27	23,9
Southern France	21	1,54	9,52	39,56
Navarra (Spain)	8	4,01	4,82	47,58

Différentes situations du monde

1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture

Sur le rendement

Expérimentations récentes (taylor et al. 2005)

Etude du rendement mesuré sur 146 parcelles (capteurs Pellenc S.A. et Farmscan)

D'après Taylor et al. 2005

Location	Number of fields	Mean Area (ha)	Yield (T/ha)	mean CV (%)
Canowindra (Australie)	26	2,77	6,52	21,83
Clare valley (Australie)	46	4,41	6	50,66
Cawra (Australie)	29	3,32	11,56	33,15
Mildura (Australie)	16	7,43	12,27	23,9
Southern France	21	1,54	9,52	39,56
Navarra (Spain)	8	4,01	4,82	47,58

146 parcelles,

Un échantillonnage défini par les données disponibles,

1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture

Sur le rendement

Expérimentations récentes (taylor et al. 2005)

Etude du rendement mesuré sur 146 parcelles (capteurs Pellenc S.A. et Farmscan)

D'après Taylor et al. 2005

Location	Number of fields	Mean Area (ha)	Yield (T/ha)	mean CV (%)
Canowindra (Australie)	26	2,77	6,52	21,83
Clare valley (Australie)	46	4,41	6	50,66
Cawra (Australie)	29	3,32	11,56	33,15
Mildura (Australie)	16	7,43	12,27	23,9
Southern France	21	1,54	9,52	39,56
Navarra (Spain)	8	4,01	4,82	47,58

$$CV(\%) = \frac{\sigma(ecart-type)}{\bar{x}(moyenne)}$$

Coef de variation

Une variabilité très importante,
En moyenne concrètement :
pour un rendement moyen de 60 hl/ha
20 % de la parcelle présente un rendement < 36 hl/ha
20 % de la parcelle présente un rendement > 84 hl/ha

1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture

Sur le rendement

Expérimentations récentes (taylor et al. 2005)

Etude du rendement mesuré sur 146 parcelles (capteurs Pellenc S.A. et Farmscan)

$$CV(\%) = \frac{\sigma(ecart-type)}{\bar{x}(moyenne)}$$

D'après Taylor et al. 2005

Location	Number of fields	Mean Area (ha)	Yield (T/ha)	mean CV (%)
Canowindra (Australie)	26	2,77	6,52	21,83
Clare valley (Australie)	46	4,41	6	50,66
Cawra (Australie)	29	3,32	11,56	33,15
Mildura (Australie)	16	7,43	12,27	23,9
Southern France	21	1,54	9,52	39,56
Navarra (Spain)	8	4,01	4,82	47,58

Bien que les parcelles mesurées soient plus petites dans le sud de la France,

1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture

Sur le rendement

Expérimentations récentes (taylor et al. 2005)

Etude du rendement mesuré sur 146 parcelles (capteurs Pellenc S.A. et Farmscan)

$$CV(\%) = \frac{\sigma(ecart-type)}{\bar{x}(moyenne)}$$

D'après Taylor et al. 2005

Location	Number of fields	Mean Area (ha)	Yield (T/ha)	mean CV (%)
Canowindra (Australie)	26	2,77	6,52	21,83
Clare valley (Australie)	46	4,41	6	50,66
Cawra (Australie)	29	3,32	11,56	33,15
Mildura (Australie)	16	7,43	12,27	23,9
Southern France	21	1,54	9,52	39,56
Navarra (Spain)	8	4,01	4,82	47,58

Bien que les parcelles mesurées soient plus petites dans le sud de la France,

Il existe sur ces parcelles une variabilité intra-parcellaire tout aussi importante que dans les autres situations

1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture

Sur les paramètres de la qualité de la vendange

Base de données plus faible que pour le rendement (pas de capteur commercialisé)
Mesures manuelles le jour de la vendange (échantillonnage variant de 20 à 50 mesures/ha.)

(Australie, Chili, Espagne, France)

Paramètre	CV (%)
Sucre (°Brix)	3 - 15
pH	3,5 - 5
ATT (g./l)	7,3 - 15,4
Anthocyanes	1 - 21,6

(Bramley, 2005, Ortega et al., 2003, Arno et al., 2005, Ojeda et al., 2005, Tisseyre et al., 2001)

1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture

Une parcelle homogène constitue l'exception !

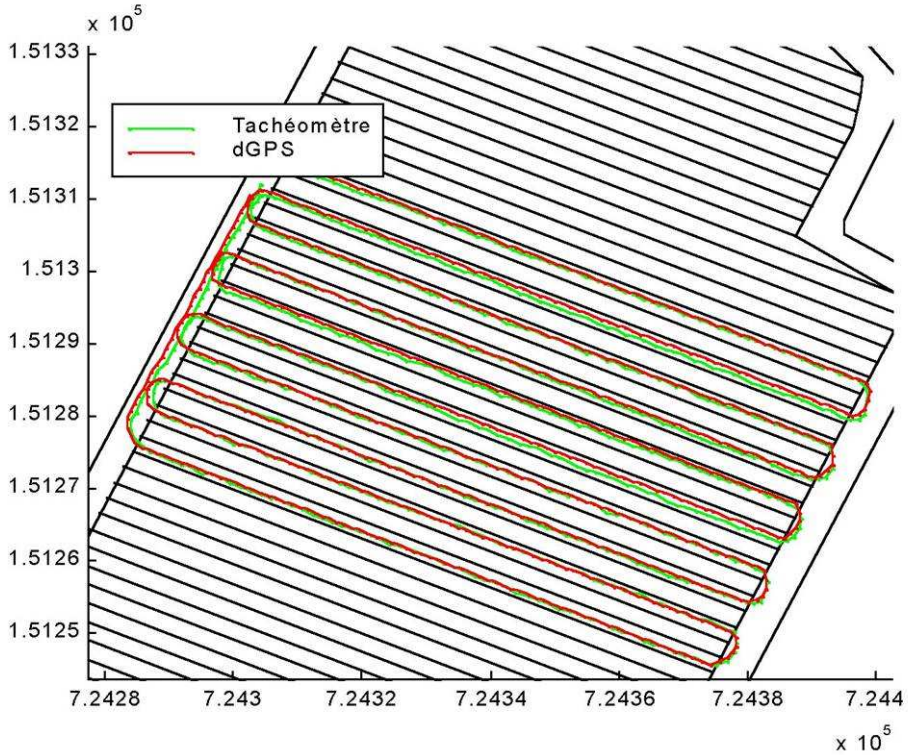
Plan de l'intervention

- 1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture,
- **2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,**
- 3) Eléments de réflexion sur la caractérisation de la variabilité spatiale,

2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,

Un exemple (DGPS)

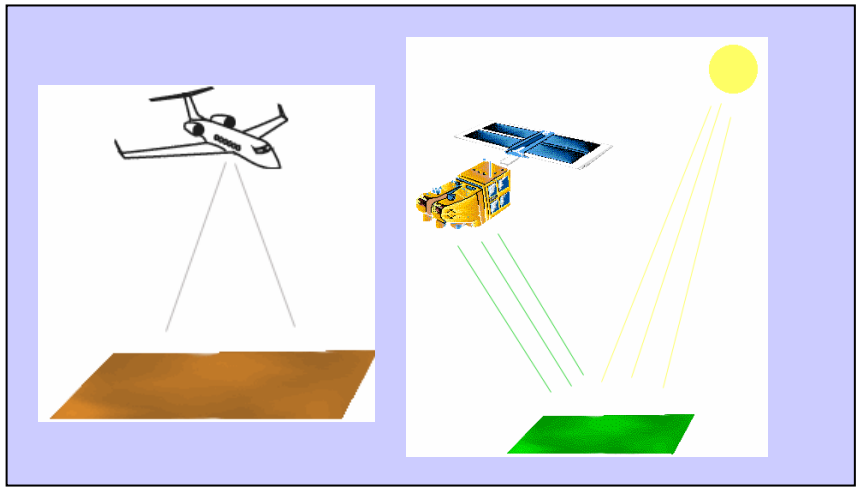
- récepteurs GPS en mode différentiel (abonnement à un fournisseur de correction),
- positionnement < 1 m. avec une fréquence de 1s.



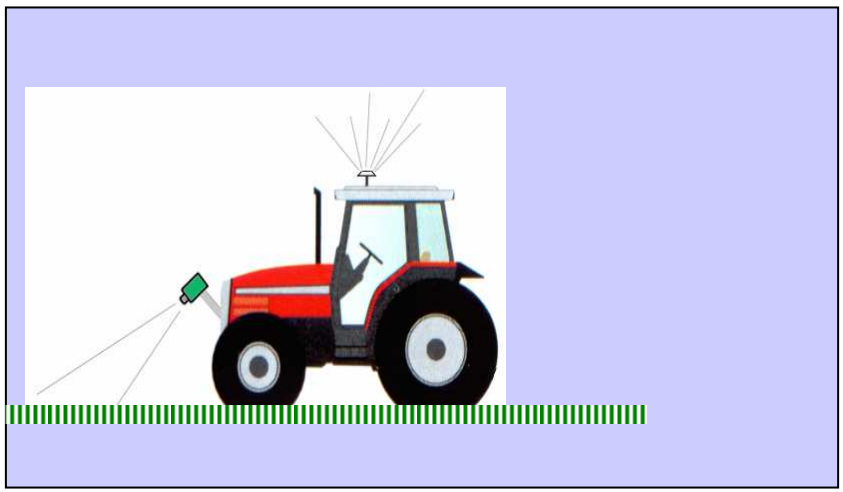
2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,

Le positionnement est associé à des systèmes de mesure
On observe deux grandes familles de capteurs définis par la plateforme de mesure et sa distance à l'objet mesuré.

Télédétection



Proxi-détection (embarqués)

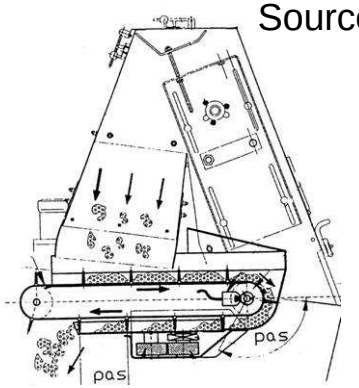


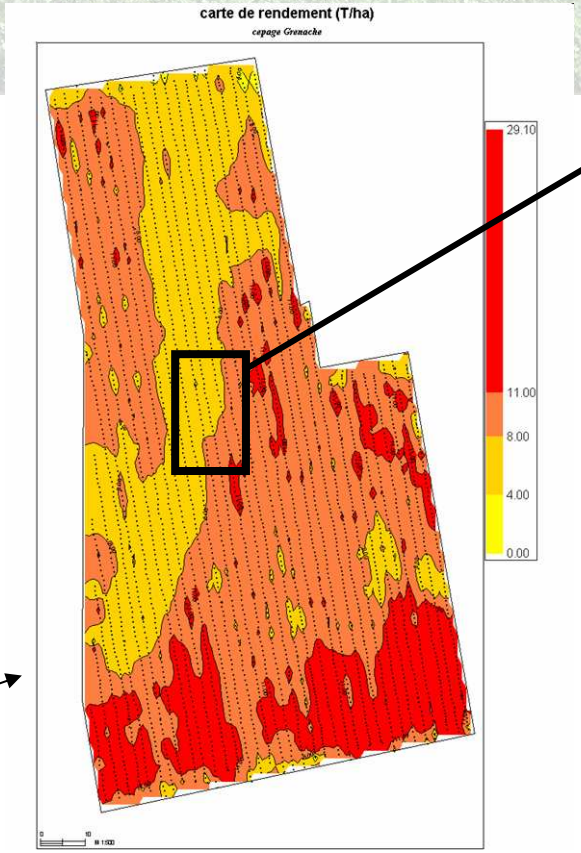
2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,

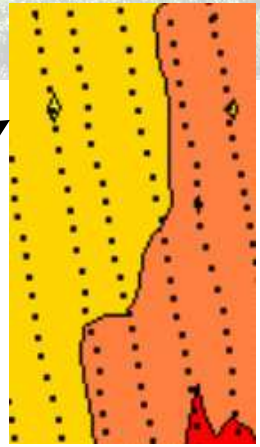
Exemple de capteur embarqué actuellement commercialisé ou en cours de développement : le capteur de rendement sur machine à vendanger

Sources Harvest master

Sources Pellenc S.A.



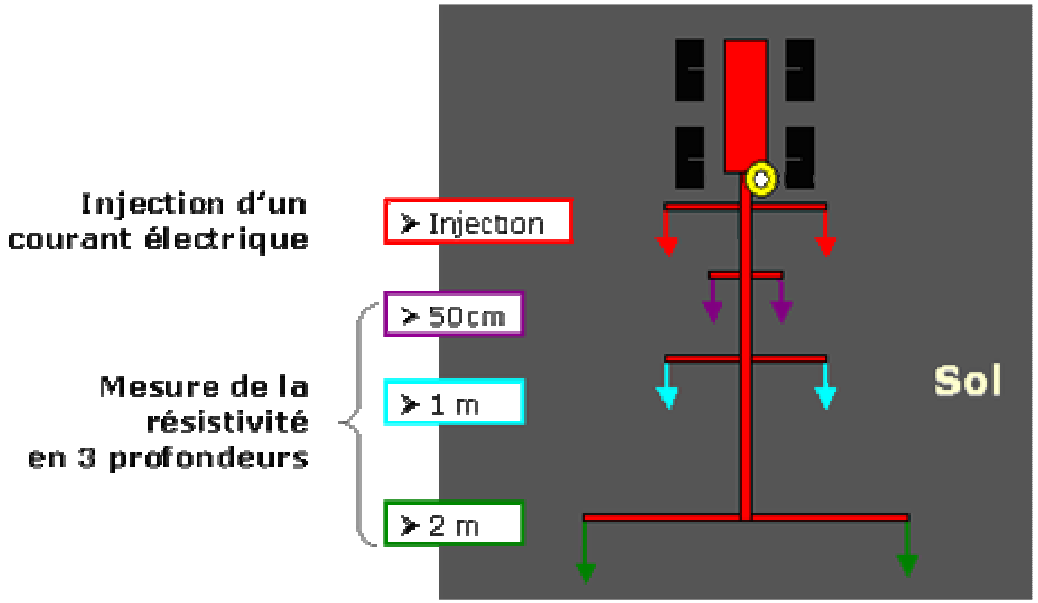




Sources : Agro-Montpellier/Pellenc S.A.
surface : 1,2 ha.

2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,

Exemple de capteur embarqué actuellement commercialisé ou en cours de développement : le capteur de conductivité/résistivité électrique des sols

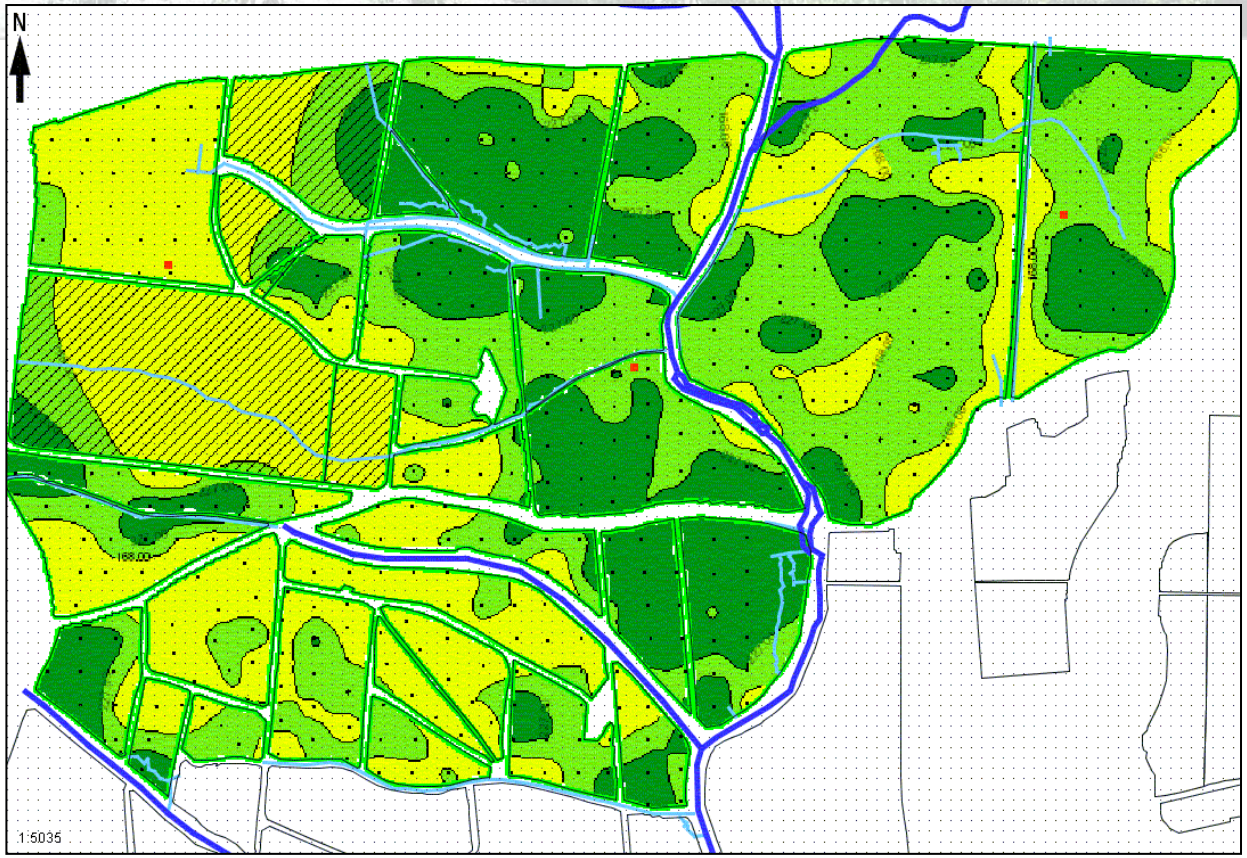


Sources : www.geocarta.net

2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,

Intérêt : avoir une vision de l'hétérogénéité des sols

Exemple d'un sondage en conductivité (1 m de profondeur)
(Pagos de Arais, spain) 150 ha.

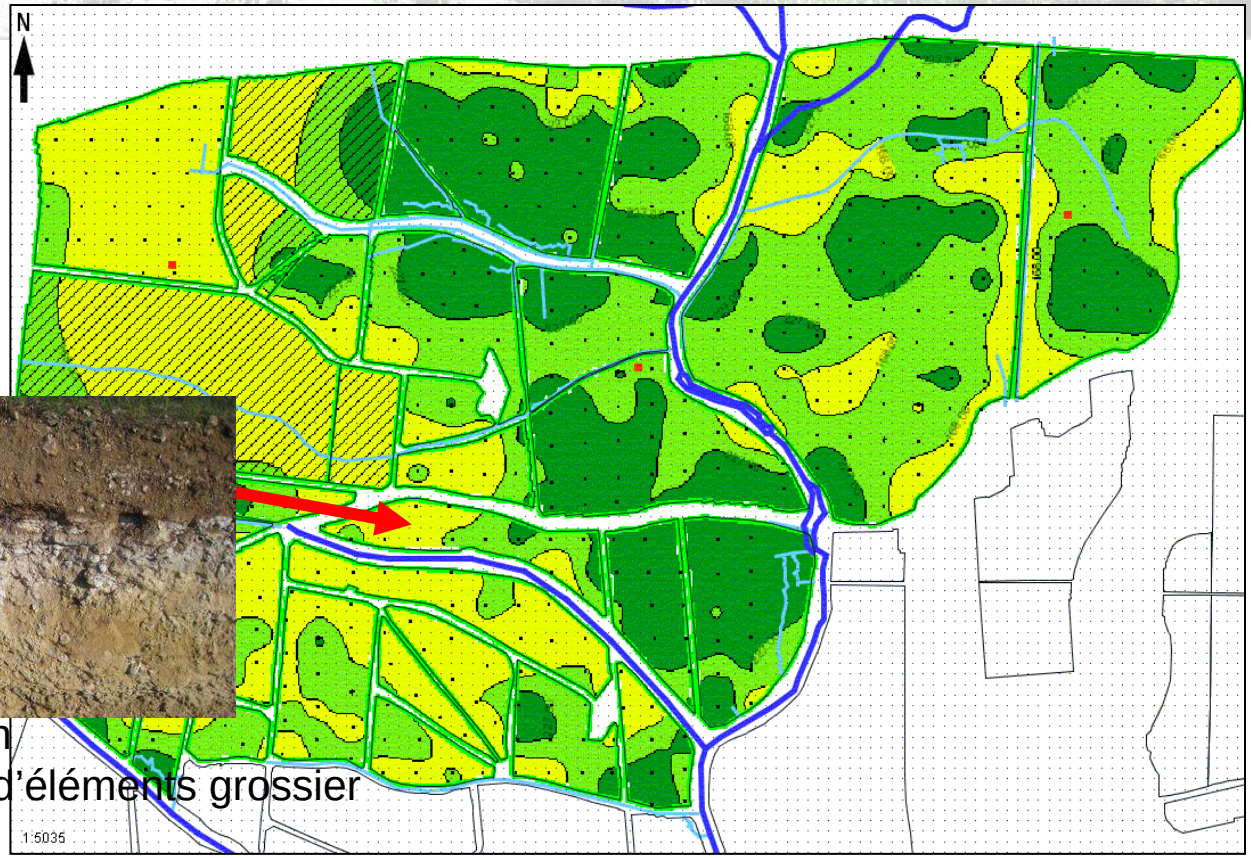


Sources : Montpellier SupAgro

2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,

Intérêt : avoir une vision de l'hétérogénéité des sols

Exemple d'un sondage en conductivité (1 m de profondeur)
(Pagos de Arais, spain) 150 ha.



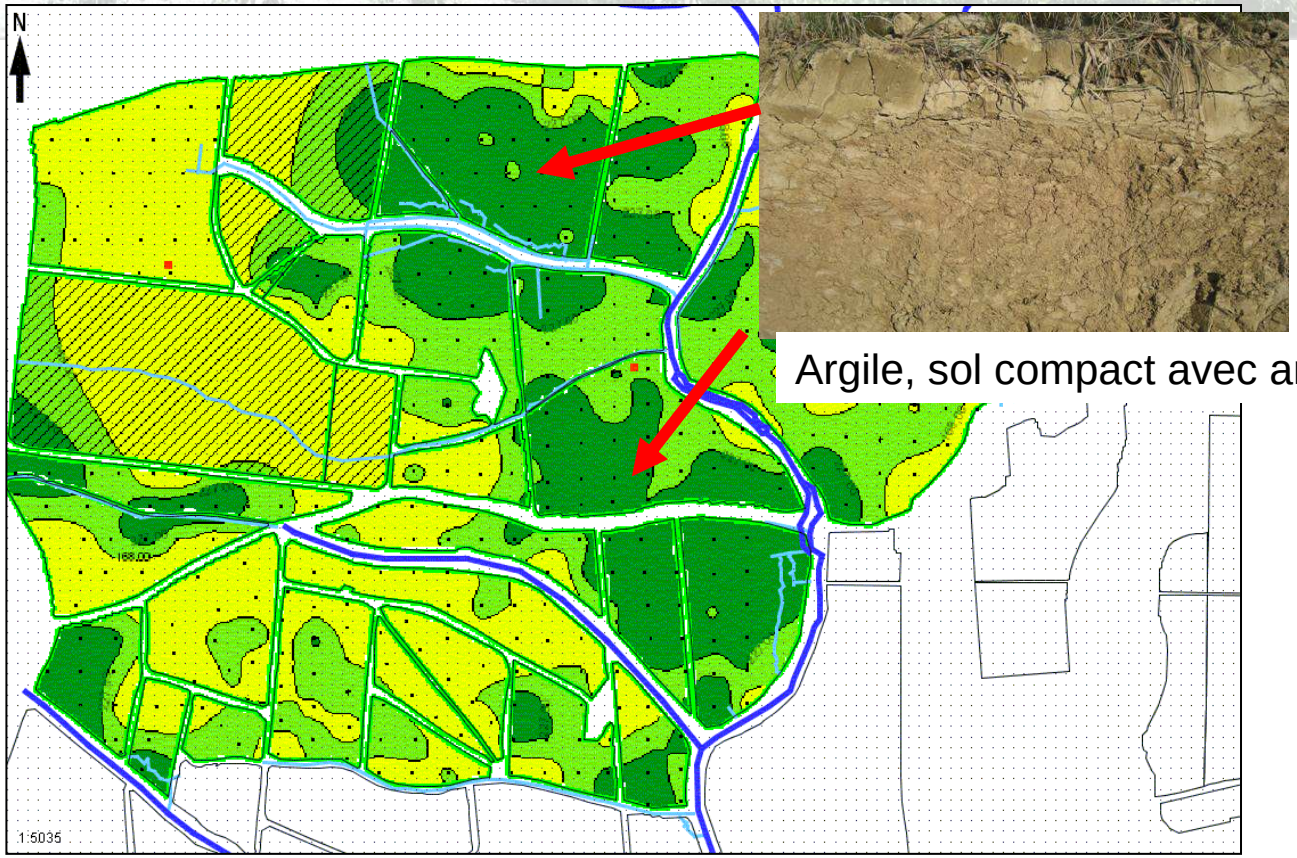
Sol léger, alluvion
Forte proportion d'éléments grossier

Sources : Montpellier SupAgro

2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,

Intérêt : avoir une vision de l'hétérogénéité des sols

Exemple d'un sondage en conductivité (1 m de profondeur)
(Pagos de Arais, spain) 150 ha.



Argile, sol compact avec anaérobie

Sources : Montpellier SupAgro

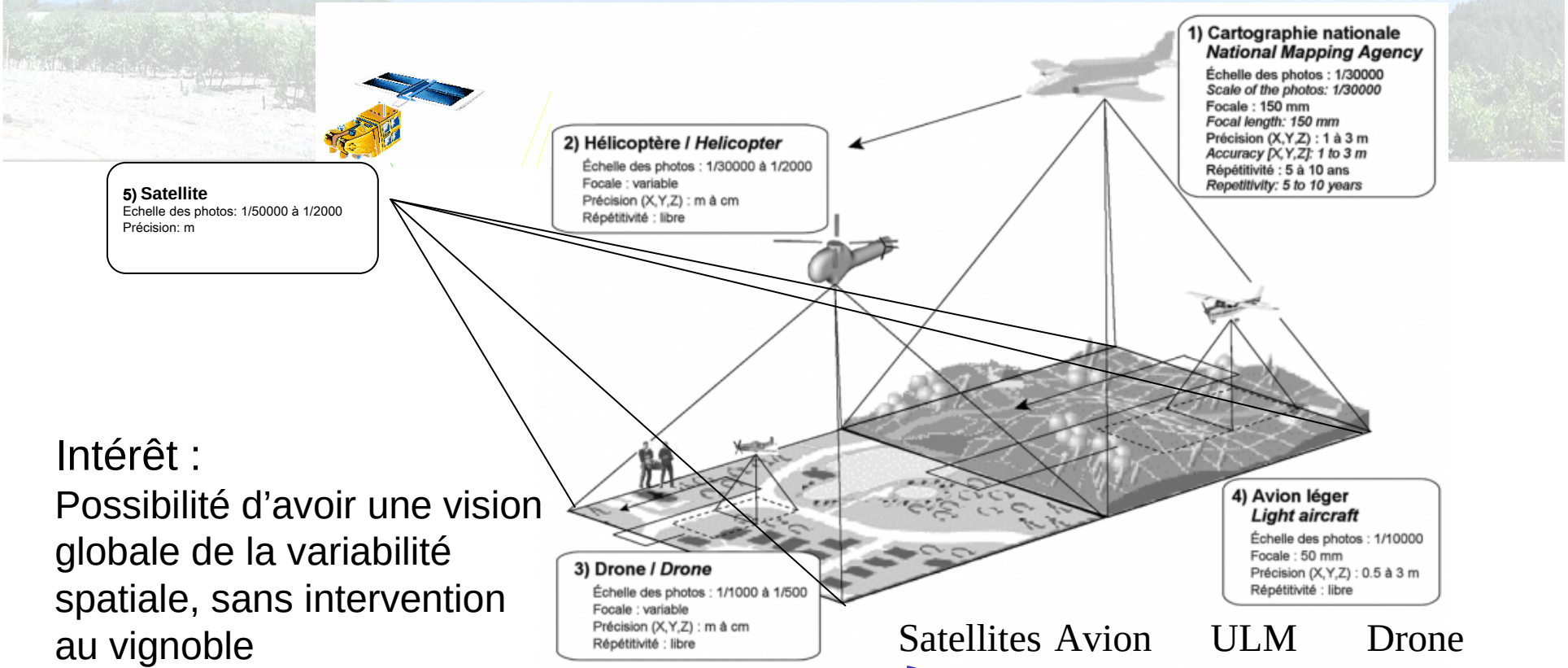
2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,

D'autres systèmes sont en cours de développement ou déjà en phase de commercialisation :

-capteurs de végétation (greenseeker, crop circle, grape sense),
-capteurs de qualité (sur machine à vendanger ou piéton),
Etc.

2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,

Télédétection



Intérêt :
Possibilité d'avoir une vision globale de la variabilité spatiale, sans intervention au vignoble
-Echelle du bassin versant (coopérative)
-Échelle du domaine
-Échelle de la parcelle

Satellites Avion ULM Drone

Distance & surface

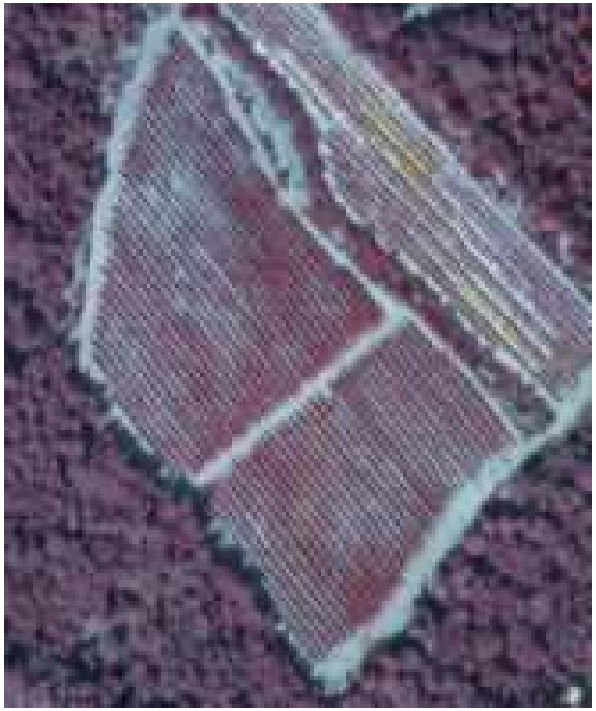
Précision

2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,

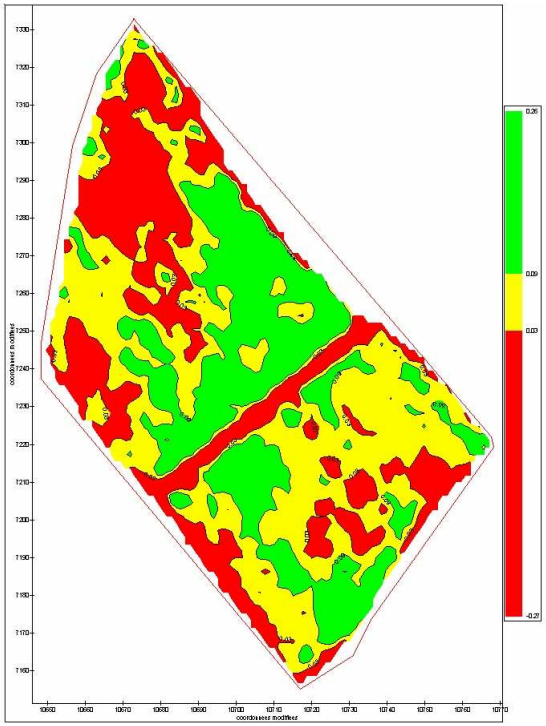
Principe

R,G,NIR image
Pixel resolution : 1*1 m.

Indice de végétation
Plant cell density, NDVI

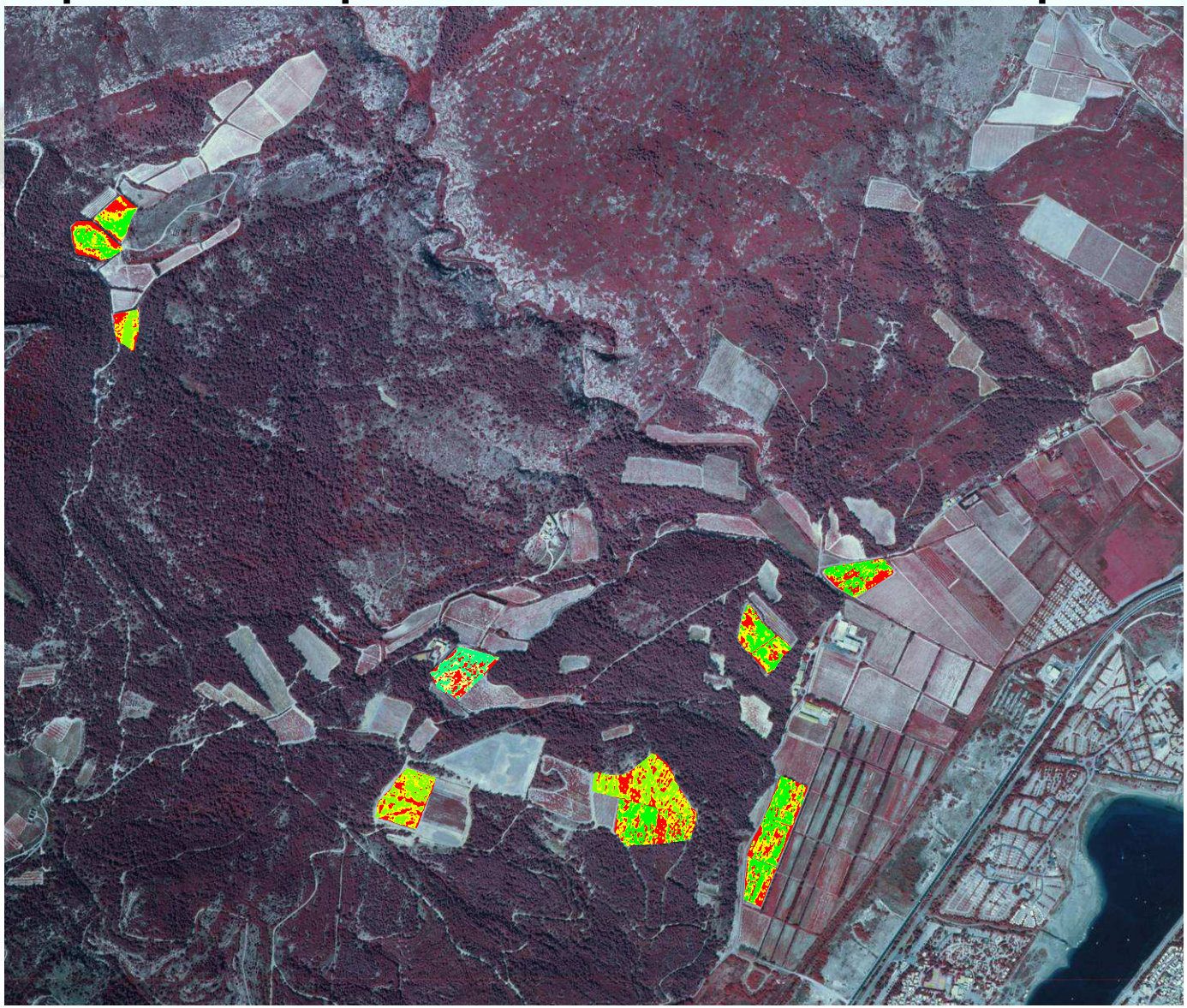


Sources : IFN



Sources : Agro-Montpellier/Pech-Rouge

2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,

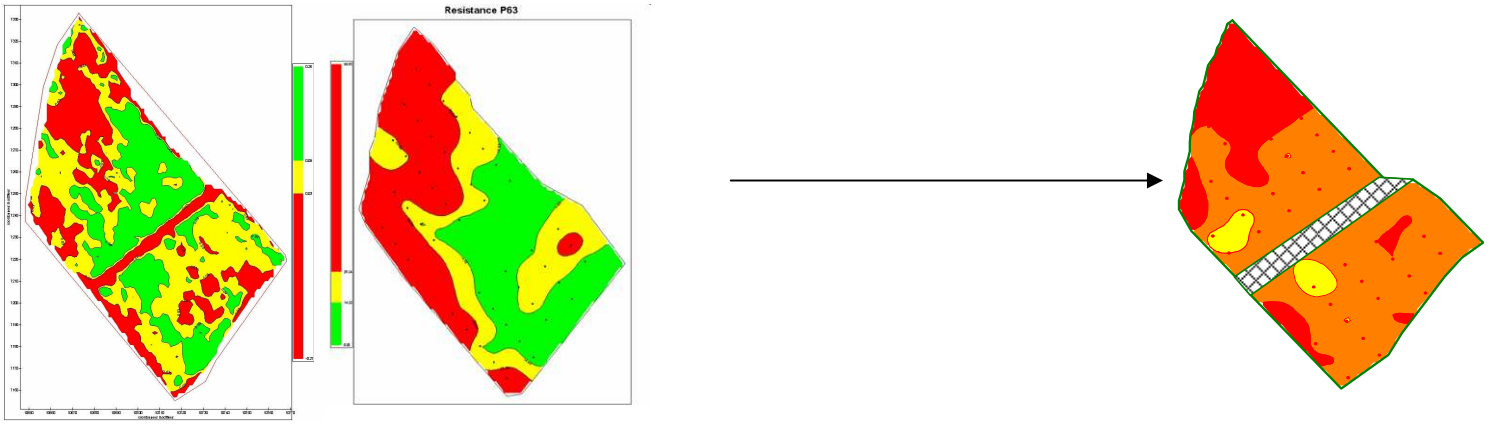


2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,

En viticulture, beaucoup d'études montrent que les indices de végétation obtenus par télédétection sont corrélés à des informations relatives à la plante

- Le LAI (correspondant à la surface de feuillage développé par m² de sol) (Johnston et al., 2003),
- L'expression végétative (poids des bois de taille) (Dobrowski et al., 2005),
- La contrainte hydrique (indirectement par la vigueur de la plante (Acevedo et al., 2007),

Un exemple :



NDVI Resistivité (sol) Potentiel hydrique de base

Plan de l'intervention

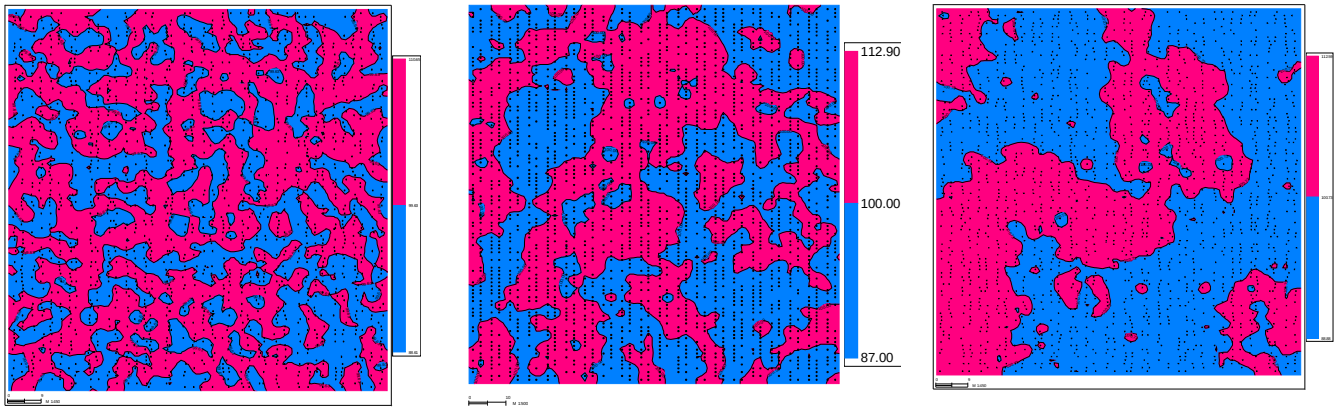
- 1) Importance de la variabilité intra-parcellaire en viticulture,
- 2) Exemples d'outils pour mesurer la variabilité intra-parcellaire,
- **3) Eléments de réflexion sur la caractérisation de la variabilité spatiale et son intérêt,**

3) Eléments de réflexion sur la caractérisation de la variabilité spatiale et son intérêt,

La connaissance de la variabilité spatiale permet de :

- mettre en œuvre des mesures correctives spécifiques,
- mieux définir les opérations d'observation, d'échantillonnage (représentativité de la parcelle),
- de faire des traitements différenciés (récolte, fertilisation, irrigation),

Dans tous les cas : besoin d'outils pour caractériser cette variabilité spatiale.

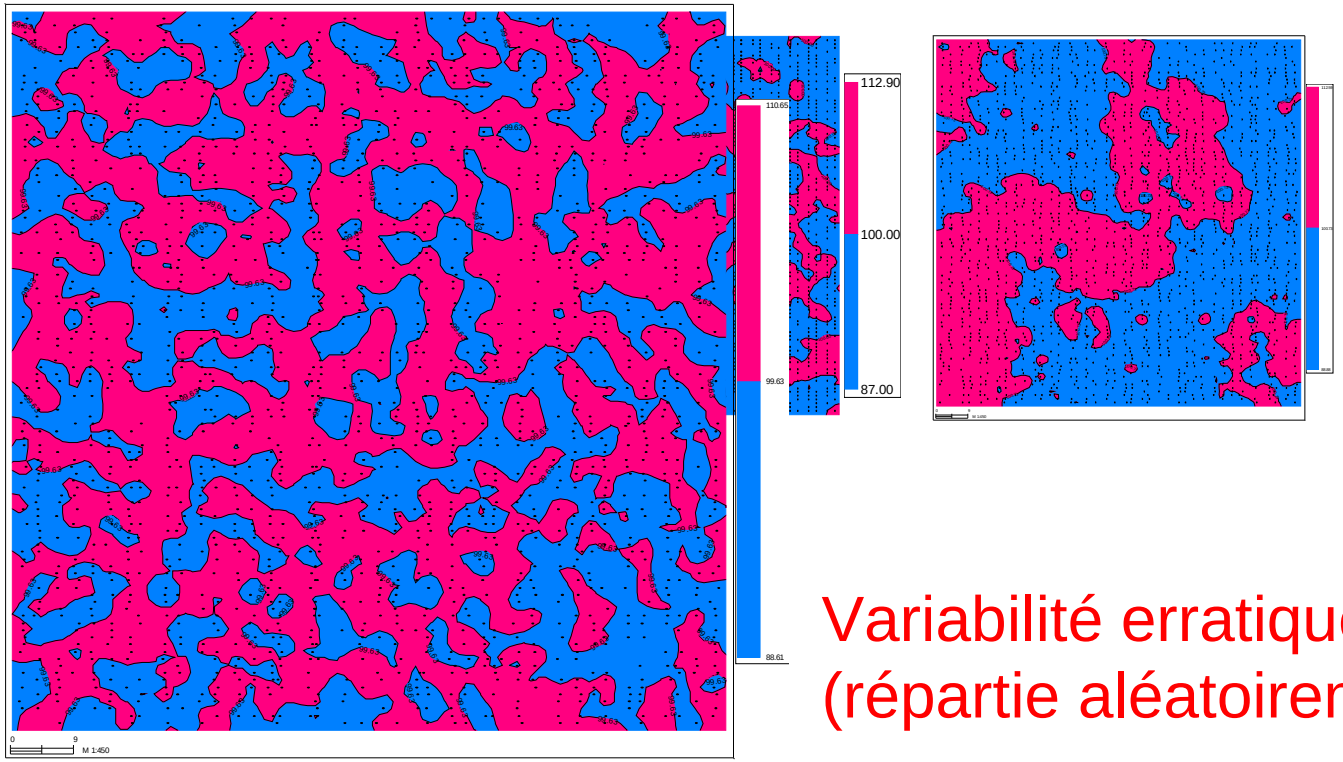


Exemple sur trois parcelles

3) Eléments de réflexion sur la caractérisation de la variabilité spatiale et son intérêt,

Exemple de 3 parcelles présentant :

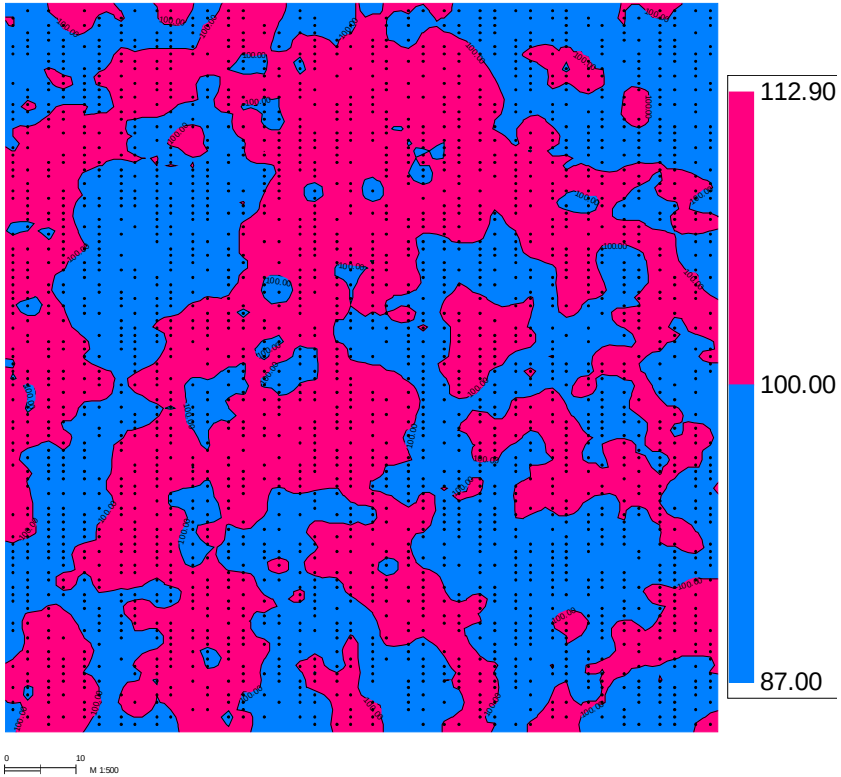
- une même moyenne de rendement,
- un même coefficient de variation,

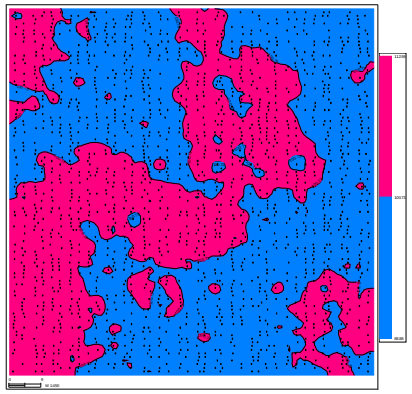


Variabilité erratique
(répartie aléatoirement)

3) Eléments de réflexion sur la caractérisation de la variabilité spatiale et son intérêt,

Exemple de 3 parcelles présentant :
- une même moyenne de rendement,
- un même coefficient de variation,

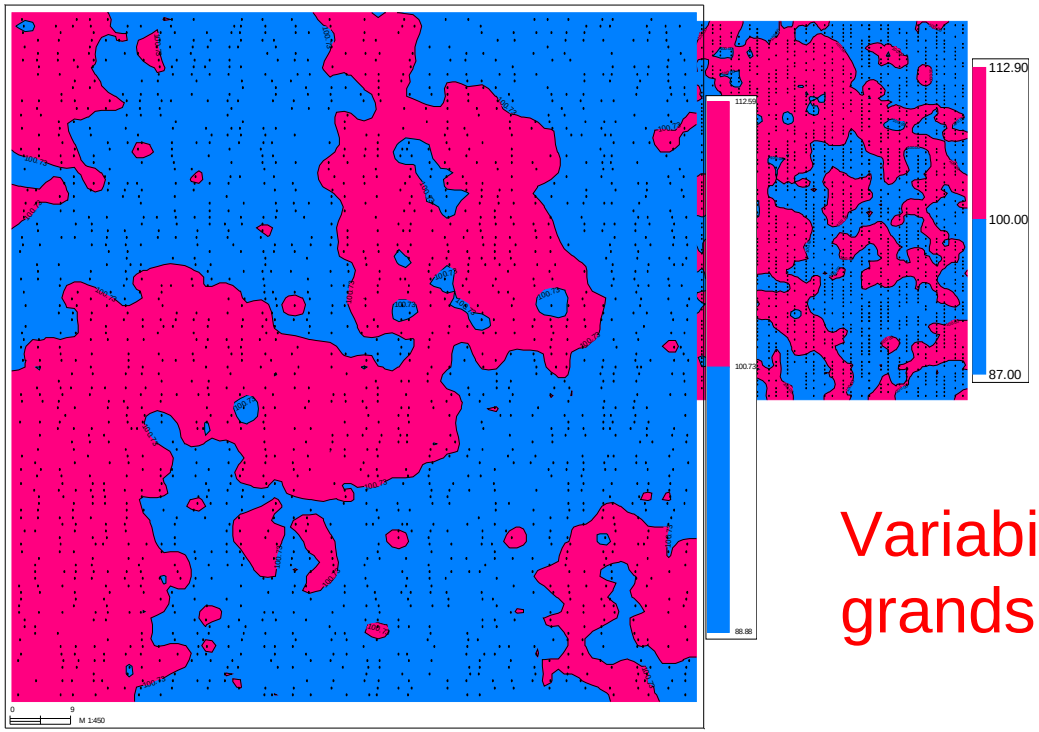




Variabilité erratique avec motifs de taille moyenne

3) Eléments de réflexion sur la caractérisation de la variabilité spatiale et son intérêt,

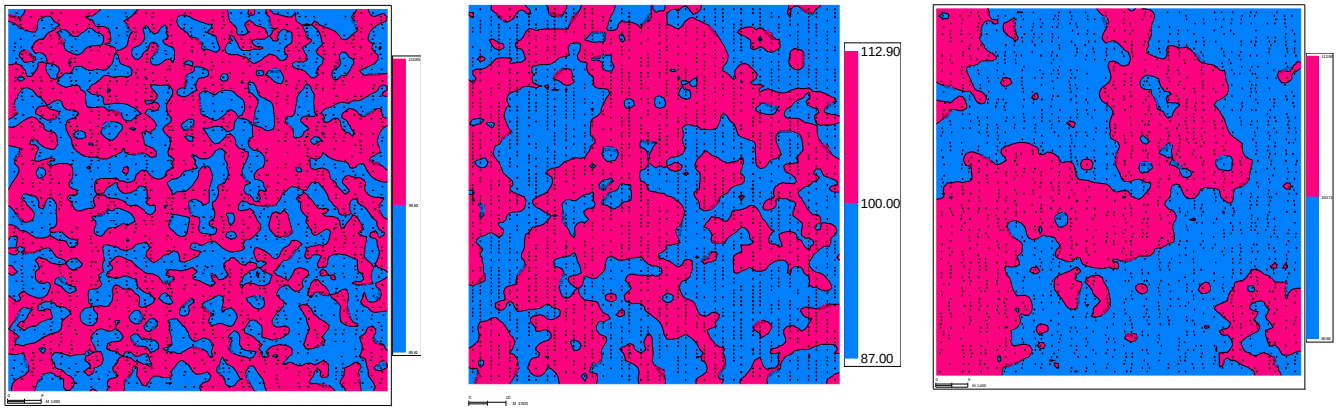
Exemple de 3 parcelles présentant :
- une même moyenne de rendement,
- un même coefficient de variation,



Variabilité spatiale organisée en grands motifs spatiaux

3) Eléments de réflexion sur la caractérisation de la variabilité spatiale et son intérêt,

Exemple de 3 parcelles présentant :
- une même moyenne de rendement,
- un même coefficient de variation,

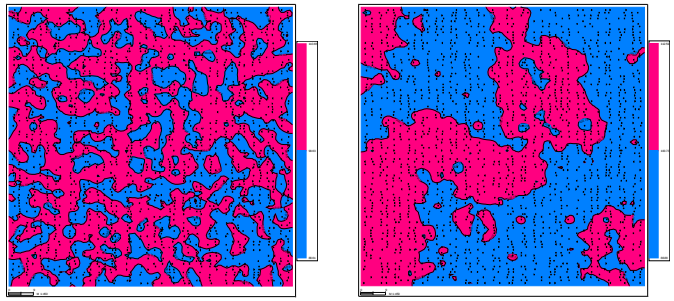


Intérêt croissant pour la gestion de la variabilité

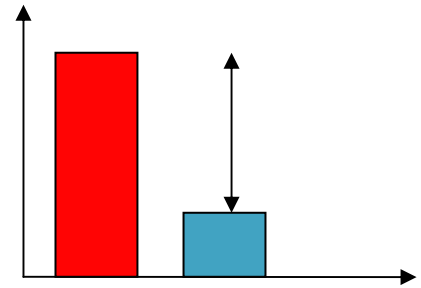
3) Eléments de réflexion sur la caractérisation de la variabilité spatiale et son intérêt,

La variabilité spatiale doit se définir par plusieurs paramètres.

S : structure spatiale



M : amplitude de variation



Application immédiate pratique : la gestion des contrôles et des échantillonnages

Dans le cas d'une structuration spatiale : la statistique classique n 'est théoriquement plus applicable (deux échantillons ne sont pas indépendants !)

3) Eléments de réflexion sur la caractérisation de la variabilité spatiale et son intérêt,

Vers le développement d'outils permettant de caractériser cette variabilité spatiale

Un indice d'opportunité

Conclusion

- La variabilité spatiale en viticulture peut se révéler importante,
- Les outils de mesure développés dans le cadre de la “Viticulture de précision” sont pertinents pour appréhender/caractériser cette variabilité,
- La télédétection offre une information intéressante et à une échelle pertinente en viticulture,
- La connaissance de la variabilité spatiale constitue une aide à
- la décision pour :
  - Mieux définir les observations (échantillons, contrôles, etc.)
  - Envisager des opérations modulées (fertilisation, irrigation, vendange, etc.)