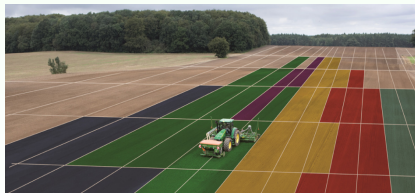


Génération de cartes interprétables - application à l'agriculture de précision

Patrice Loisel, Brigitte Charnomordic, Hazaël Jones, Bruno Tisseyre
UMR MISTEA, INRA, Montpellier SupAgro, UMR ITAP



Motivation : Agriculture de précision

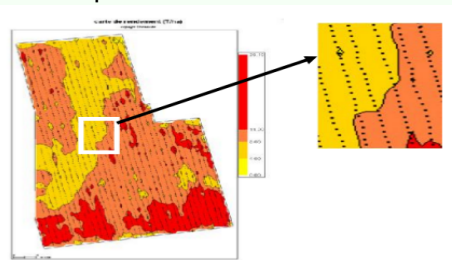
De plus en plus de variables d'intérêt agronomique mesurées.

Gestion adaptative des parcelles

c.a.d. un traitement agronomique intra-parcellaire différencié :



Machine de collecte avec des capteurs embarqués



Splitting entre classes

Génération Automatique de cartes interprétables

Données 2D géoréférencées (x, y) avec un attribut "z"
→ processus pour génération automatique d'un zonage optimal
(au sens d'un critère choisi)

Méthodes de Génération :

- **Algorithmique** : heuristique sans évaluation globale
- **Géographique** : basée sur isovaleurs ou quantiles
- **Nouvelle approche** : optimisation d'un critère évaluant la qualité basé sur des indicateurs (liens avec approche géographique)

Objectifs

Zonage = splitting d'un "espace" 2D en zones

Evaluation du zonage avec un critère basé sur des **indicateurs**:

- hétérogénéité inter zones M_{IJ} dans un même voisinage
- hétérogénéité intra zone M_{II}

Objectif : fortes valeurs de M_{IJ} et faibles valeurs de M_{II}

Zonage Admissible : **contraintes de forme et nombre de zones**

Indicateurs

Hétérogénéité inter-zones entre z_I et z_J , dans un voisinage :

$$M_{IJ} = \frac{\sum_{\eta \in z_I} \sum_{\xi \in z_J} (F(\eta) - F(\xi))^2 \cdot S(\eta) \cdot S(\xi)}{S_I \cdot S_J}$$

- $F(\eta)$ attribut "z" mesuré au point η
- $S(\eta)$ aire du polygone de Voronoï associé au point η
- S_I aire de la zone z_I , ($= \sum_{\eta \in z_I} S(\eta)$)

Hétérogénéité intra-zone : M_{II} avec la même formule

Réécriture : $M_{IJ} = \sigma_I^2 + \sigma_J^2 + (\mu_J - \mu_I)^2$, $M_{II} = 2\sigma_I^2$

Indicateur de contraste et Critère de Qualité

Indicateur de contraste C_{IJ} est le ratio de :

- l'hétérogénéité inter-zone M_{IJ} et de

- la moyenne des hétérogénéités intra-zone $\frac{M_{II} + M_{JJ}}{2}$:

$$C_{IJ} = \frac{2M_{IJ}}{M_{II} + M_{JJ}} = 1 + \frac{(\mu_J - \mu_I)^2}{\sigma_I^2 + \sigma_J^2}$$

Critère d'évaluation de la qualité d'un zonage :

$$Crit = \min_{z_I} \min_{z_J \in \mathcal{V}(z_I)} C_{IJ}$$

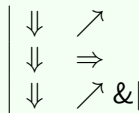
Phase de Correction

Les **opérateurs de Correction** sont binaires :

petite et isolée

petite et non isolée, voisin même label

petite et non isolée, voisin \neq label



supprimer zone : ↓↓,

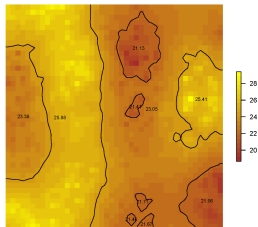
fusionner avec la zone voisine : ⇒

agrandir zone : ↗

créer nouvelle frontière : |

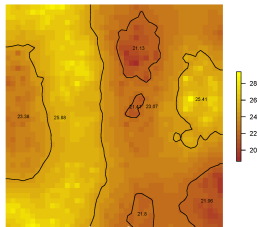
Initial :

Initial zoning before corrections



Corrigé :

Zoning after 2 correction steps

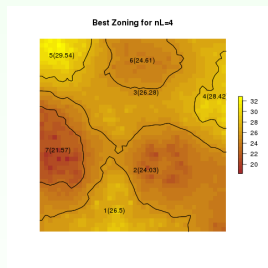


Procédure d'Optimisation

A chaque vecteur de quantiles correspond un unique zonage Z_q .

Un vecteur de quantiles de **taille n** génère une carte avec **$n + 1$ labels**

Exemple : 3 quantiles, 4 labels, 7 zones, 6 isocontours



Zonage

	1	2	3	4	5	6	7
1		5.23					
2			5.03			5.72	
3				4.42	6.05	3.28	
4							
5							
6							
7							

Tableau des indicateurs de contraste

Problème complexe d'optimisation de forme

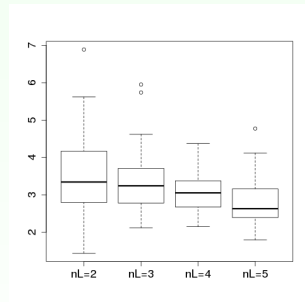
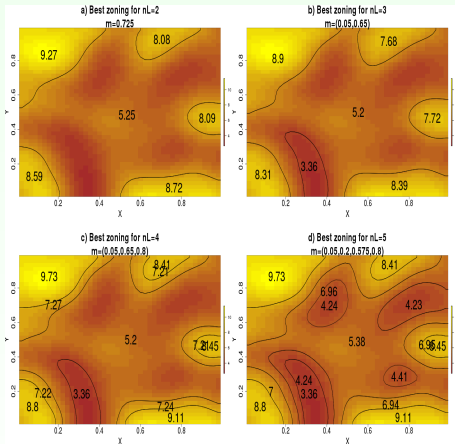
→ optimisation paramétrique basée sur les quantiles

Procédure d'Optimisation

A nombre de labels n_L fixé (entre 2 et 5) :

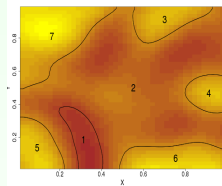
- $P(n_m)$ ens. de vect. de proba (quantiles) de taille $n_m = n_L - 1$: (p_1, \dots, p_{n_m}) avec $0 < p_1 < \dots < p_{n_m} < 1$ et $|p_i - p_{i-1}| \geq \delta$
- Pour chaque vecteur de probabilité $m \in P(n_m)$:
 - Création d'un zonage initial (isocontours)
 - Exploration d'un arbre des possibles corrections
 - Stocker le meilleur zonage $Z(m)$ au sens du critère *Crit*
- Sélection des p meilleurs zonages au sens du critère *Crit*.

Champs Gaussiens :

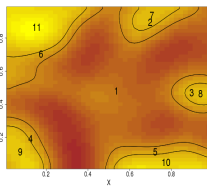


- $n_L = 5$: en général trop détaillée
- Crit *a priori* incapable de comparer des zonages avec des nombres de labels différents

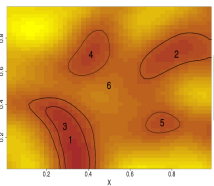
Best zoning for nL=3



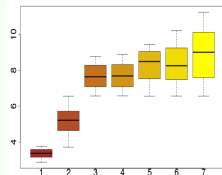
Second best zoning for nL=3



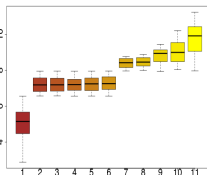
One of the worst zonings for nL=3



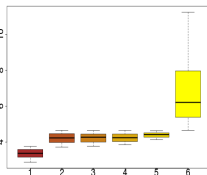
Distribution of values within zones



Distribution of values within zones



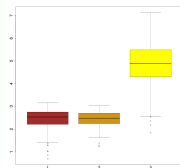
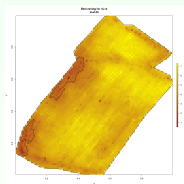
Distribution of values within zones



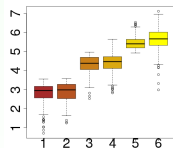
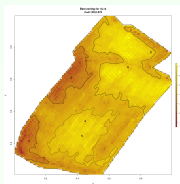
Données Agronomiques

Données de rendement sur une parcelle de blé :

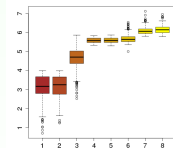
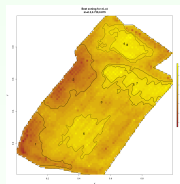
$n_L = 2$



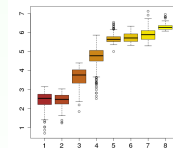
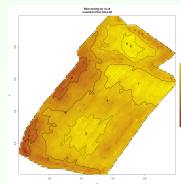
$n_L = 3$



$n_L = 4$



$n_L = 5$



Conclusion et Perspectives

- Génération automatique de zonages satisfaisant un critère de qualité incluant des contraintes de forme
- Mise en évidence du rôle du **nombre de labels**
- Package R **geozoning** (basé sur “rgeos”) en cours de dépôt sur le CRAN

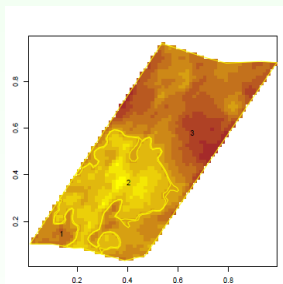
Perspectives :

- Remplacer krigeage par simulation conditionnelle
- **Etiqueter zones** (zone gradient, chaotique)
- Prendre en compte l'imprécision (partition floue)
- **Attribut dépendant du temps, multi-dimensionnel**

Merci de votre attention

patrice.loisel@inra.fr

Yield data from a vine plot



Yield data

$$q = (0.15, 0.7), \text{crit2} = 5.11$$

