



Analyse et représentation géographique des données environnementales Ifsttar Nantes

Quels outils statistiques pour étudier le milieu urbain ?
Thierry Dhorne

15 Septembre 2016



Un peu d'épistémologie...

❖ Épistémologie

- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

Conclusions



Un peu d'épistémologie... à 10 balles

❖ Épistémologie

❖ Épistémologie

❖ Inviter des statisticiens

❖ L'approche statistique

❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- le débat actuel est celui
- des thématistes (acousticiens, thermiciens,...) qui partent
 - des modèles physiques (évidemment limités en conditions réelles)
- des néo-géo-graphes qui partent
 - de LA donnée et qui font des cartes avec des SIG
- de la synthèse :
 - l'assimilation de données
- ★ comment recalibrer un modèle physique avec des vraies données
- Tout baigne donc



Alors pourquoi...

❖ Épistémologie

❖ Épistémologie

❖ Inviter des statisticiens

❖ L'approche statistique

❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

Conclusions



Alors pourquoi...

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- le complexe anglo-saxon....
- et oui les américains le font depuis longtemps
 - en acoustique
 - en géographie
 - en urbanisme
- ★ il faut être fashion
- à moins que
 - il n'y ait une idée intéressante
- ★ intégrer l'incertitude dans la modélisation stochastique



Alors pourquoi...inviter des statisticiens ?

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- le complexe anglo-saxon....
- et oui les américains le font depuis longtemps
 - en acoustique
 - en géographie
 - en urbanisme
- ★ il faut être fashion
- à moins que



Alors pourquoi...inviter des statisticiens ?

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- le complexe anglo-saxon....
- et oui les américains le font depuis longtemps
 - en acoustique
 - en géographie
 - en urbanisme
- ★ il faut être fashion
- à moins que
- il n'y ait une idée intéressante
- ★ intégrer l'incertitude dans la modélisation stochastique



L'approche statistique

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- un modèle
 - probabiliste donc qui intègre la variabilité
 - mais (normalement !... au moins chez les anglo-saxons) opérationnel
- ★ donc qui intègre le processus concerné
 - une intégration des données
 - via le processus d'estimation
 - une validation du modèle
 - via les outils de validation



Avantages et inconvénients

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique

❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- le modèle est moins satisfaisant pour le spécialiste (plus générique même si on le tord un peu)
 - mais il intègre l'incertitude a priori
- la procédure d'estimation réalise un compromis entre modèle et données
 - le meilleur ajustement du modèle
- le modèle fournit des indicateurs intrinsèques
 - à travers ses paramètres et leurs estimations
 - ★ par opposition aux indicateurs métiers
 - plus interprétables
 - moins efficaces statistiquement (non exhaustifs et redondants)



- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

- ❖ Le titre auquel vous avez échappé
- ❖ La géostatistique ?
- ❖ La géostatistique
- ❖ La géostatistique
- ❖ Les limites de la géostatistique
- ❖ Conclusion

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

Géostatistique



Le titre auquel vous avez échappé

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

❖ Le titre auquel vous avez échappé

- ❖ La géostatistique ?
- ❖ La géostatistique
- ❖ La géostatistique
- ❖ Les limites de la géostatistique
- ❖ Conclusion

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

Méthodes géostatistiques appliquées au milieu urbain



La géostatistique ?

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

- ❖ Le titre auquel vous avez échappé

❖ La géostatistique ?

- ❖ La géostatistique
- ❖ La géostatistique
- ❖ Les limites de la géostatistique
- ❖ Conclusion

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- Que veut dire géostatistique ?
- géo... + statistique
- ★ géo..quoi



La géostatistique ?

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

- ❖ Le titre auquel vous avez échappé

❖ La géostatistique ?

- ❖ La géostatistique
- ❖ La géostatistique
- ❖ Les limites de la géostatistique
- ❖ Conclusion

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- Que veut dire géostatistique ?
- géo... + statistique
- ★ géo..quoi
- certains pensent (à tort) géographie



La géostatistique ?

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

- ❖ Le titre auquel vous avez échappé

❖ La géostatistique ?

- ❖ La géostatistique
- ❖ La géostatistique
- ❖ Les limites de la géostatistique
- ❖ Conclusion

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- Que veut dire géostatistique ?
- géo... + statistique
- ★ géo..quoi
- certains pensent (à tort) géographie
- en réalité géologie



La géostatistique

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

- ❖ Le titre auquel vous avez échappé
- ❖ La géostatistique ?

La géostatistique

- ❖ La géostatistique
- ❖ Les limites de la géostatistique
- ❖ Conclusion

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- la géostatistique
 - Matheron 1962 - 1963
 - émerge dans les années 80
 - ★ mélange d'ingénierie minière, de géologie, de mathématique et de statistique
 - initialement dédiée
 - à la modélisation probabiliste
 - à l'analyse statistique
 - des ressources minières



La géostatistique

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

- ❖ Le titre auquel vous avez échappé
- ❖ La géostatistique ?
- ❖ La géostatistique

La géostatistique

- ❖ Les limites de la géostatistique
- ❖ Conclusion

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- modèle probabiliste sous tout l'espace ou un sous-ensemble
- échantillonnable statistiquement
- le modèle probabiliste initial est
 - stationnaire
 - linéaire
- ★ il modélise
 - la tendance spatiale (grande ou petite échelle)
 - la covariance spatiale (petite ou grande échelle)



Les limites de la géostatistique

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

- ❖ Le titre auquel vous avez échappé
- ❖ La géostatistique ?
- ❖ La géostatistique
- ❖ La géostatistique

❖ Les limites de la géostatistique

- ❖ Conclusion

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- certaines limites ont été levées
 - la linéarité (tendance puis covariance)
 - la stationnarité (par renormalisation de l'espace)
-
- ★ mais reste le vrai problème de la régularité implicite
 - caractère pseudo-gaussien concentrant le problème sur 2 moments non liés
- ★ pas d'extension à des variables discrètes
 - la détection de ruptures de séries chronologiques est difficilement extensible à deux dimensions



Conclusion

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

- ❖ Le titre auquel vous avez échappé
- ❖ La géostatistique ?
- ❖ La géostatistique
- ❖ La géostatistique
- ❖ Les limites de la géostatistique

❖ Conclusion

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- la géostatistique ne (me) paraît pas être la méthode canonique de la statistique en milieu urbain
- même si elle fait partie du cursus



Conclusion

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

- ❖ Le titre auquel vous avez échappé
- ❖ La géostatistique ?
- ❖ La géostatistique
- ❖ La géostatistique
- ❖ Les limites de la géostatistique

❖ Conclusion

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- la géostatistique ne (me) paraît pas être la méthode canonique de la statistique en milieu urbain
- même si elle fait partie du cursus
 - trop de ruptures
 - tant pis l'École des Mines



- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

- ❖ Les Modèles de grille (Lattice models)

Processus

Conclusions

Modèles de grilles



Les Modèles de grille (Lattice models)

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

- ❖ Les Modèles de grille (Lattice models)

Processus

Conclusions

- il s'agit des modèles les plus utilisés aujourd'hui dans le domaine spatial
 - sur les données raster
 - ★ en fait il s'agit d'outils d'analyse d'images
 - hors du champ de cet exposé



- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

- ❖ Les processus ponctuels
- ❖ Analyse
- ❖ Modèle Poissonien
- ❖ Modèle surdispersé
- ❖ Modèle
- ❖ Étude des marques
- ❖ Modèles d'objets

Conclusions

Processus



Les processus ponctuels

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

❖ Les processus ponctuels

- ❖ Analyse
- ❖ Modèle Poissonien
- ❖ Modèle surdispersé
- ❖ Modèle
- ❖ Étude des marques
- ❖ Modèles d'objets

Conclusions

- ils représentent le 3ème pan de la statistique spatiale
- et me semblent pertinents et peu utilisés
- à la différence des champs spatiaux (la variable est sur tout l'espace)
 - qui génèrent la géostatistique
- ils s'appuient sur un processus discret dans l'espace
 - réalisation ou non d'une variable
 - c'est-à-dire bernoulli en tous points
 - ★ avec une probabilité faible
- le processus est normalement marqué
 - on peut donc travailler sur la loi conjointe
 - des positions
 - des marques



Analyse

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

- ❖ Les processus ponctuels

Analyse

- ❖ Modèle Poissonien
- ❖ Modèle surdispersé
- ❖ Modèle
- ❖ Étude des marques
- ❖ Modèles d'objets

Conclusions

- étude statistique des impacts
 - modèle de référence poissonien (conditionnellement uniforme)
 - régularité (territorialité)
 - aggrégativité (grégarité)
- différentes méthodes d'analyse
 - quadrats
 - noyaux, fonction d'intensité
 - distances
 - plus proches voisins
- ★ outils probablement intéressants pour l'étude et la caractérisation spatiale du bâti



Modèle Poissonien

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

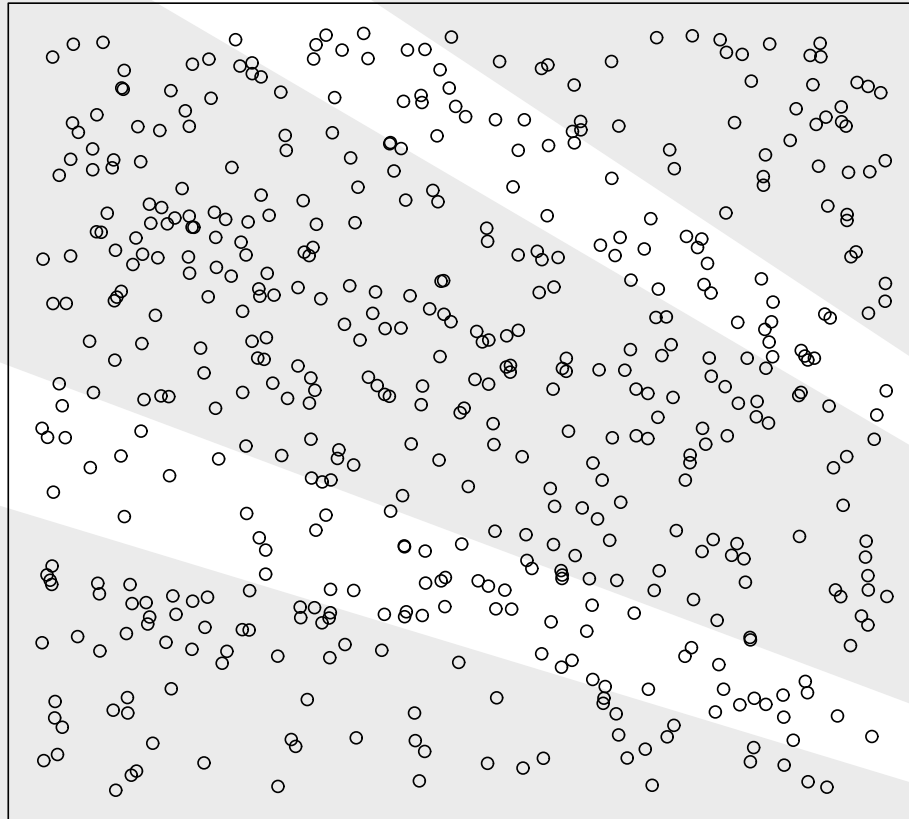
Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

- ❖ Les processus ponctuels
- ❖ Analyse
- ❖ **Modèle Poissonien**
- ❖ Modèle surdispersé
- ❖ Modèle
- ❖ Étude des marques
- ❖ Modèles d'objets

Conclusions





Modèle surdipersé

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

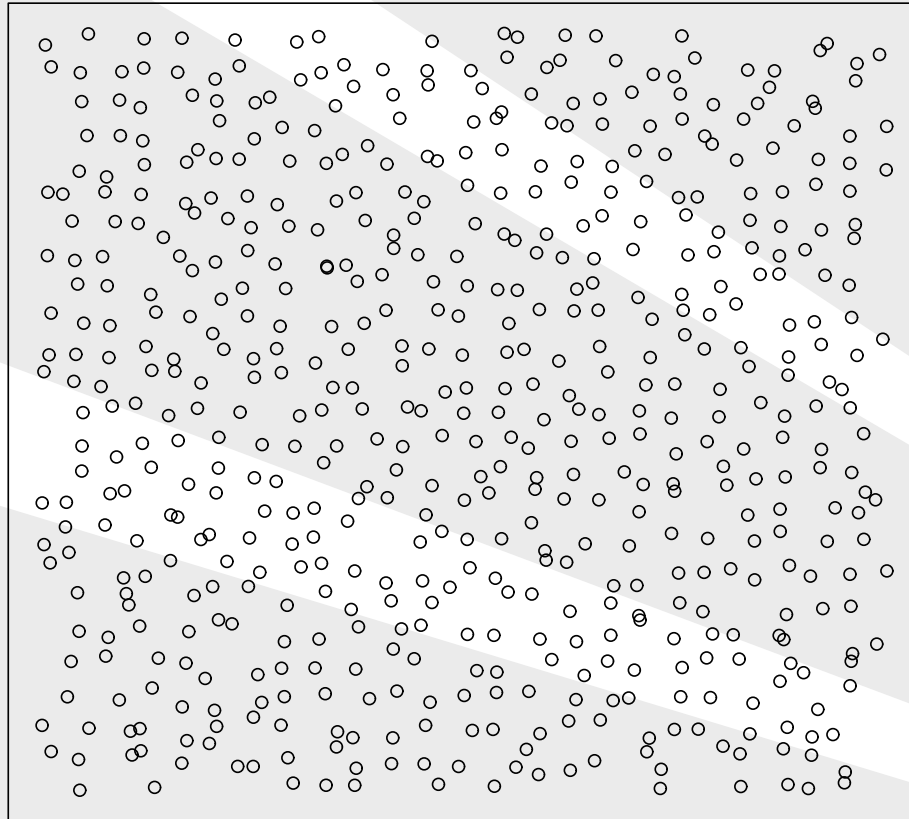
Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

- ❖ Les processus ponctuels
- ❖ Analyse
- ❖ Modèle Poissonien
- ❖ **Modèle surdipersé**
- ❖ Modèle
- ❖ Étude des marques
- ❖ Modèles d'objets

Conclusions





- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

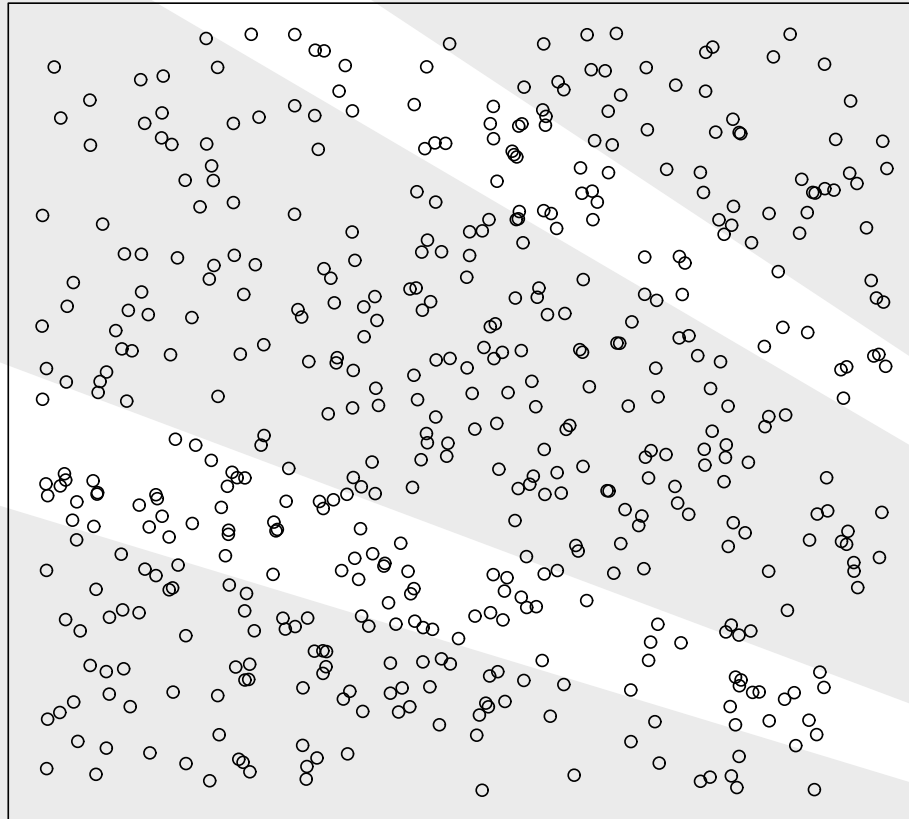
Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

- ❖ Les processus ponctuels
- ❖ Analyse
- ❖ Modèle Poissonien
- ❖ Modèle surdispersé
- ❖ **Modèle**
- ❖ Étude des marques
- ❖ Modèles d'objets

Conclusions





Étude des marques

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

- ❖ Les processus ponctuels
- ❖ Analyse
- ❖ Modèle Poissonien
- ❖ Modèle surdispersé
- ❖ Modèle

❖ Étude des marques

- ❖ Modèles d'objets

Conclusions

- modélisation des liens entre marques
 - spatiale
 - non spatiale



Modèles d'objets

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

- ❖ Les processus ponctuels
- ❖ Analyse
- ❖ Modèle Poissonien
- ❖ Modèle surdispersé
- ❖ Modèle
- ❖ Étude des marques

❖ Modèles d'objets

Conclusions

- modèles d'ensemble (random closed sets)
- parallélogrammes aléatoires
- ★ morphologie mathématique
- ★ modèles booléens (aspects statistiques développés)
- modèles de croissance
- utiles pour l'étude de la ville



Modèles d'objets

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

- ❖ Les processus ponctuels
- ❖ Analyse
- ❖ Modèle Poissonien
- ❖ Modèle surdispersé
- ❖ Modèle
- ❖ Étude des marques

❖ Modèles d'objets

Conclusions

- modèles d'ensemble (random closed sets)
- parallélogrammes aléatoires
- ★ morphologie mathématique
- ★ modèles booléens (aspects statistiques développés)
- modèles de croissance
- utiles pour l'étude de la ville
- la plupart de ces thématiques ont été travaillées par...
 - Matheron
 - Serra
- **Vive l'École des Mines**



- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

- ❖ Conclusions

Conclusions



Conclusions

- ❖ Épistémologie
- ❖ Épistémologie
- ❖ Inviter des statisticiens
- ❖ L'approche statistique
- ❖ Avantages et inconvénients

Géostatistique

Modèles de grilles

Processus

Conclusions

❖ Conclusions

- la géostat
 - pour la terre, l'atmosphère
- les lattices
 - pour les images (raster)
- les processus (de points et d'objets)
 - pour les cartes (vecteurs)
- ★ reste la classification spatiale