

Analyse des formes spatiales :

Analyse des surfaces et des mailles : données Raster / grid

A- TYPE DE SURFACE

1- Nature de l'information :

a- phénomènes continus / phénomènes discrets :

b- phénomènes qualitatifs/phénomènes quantitatifs

Données primaire ou données secondaires???

Données primaire : collecte directe de l'information

Données secondaires : restituées a partir d'un échantillonnage en certains points (influencent les résultats de l'analyse et cela selon la méthode de restitution utilisée : ex moyenne...)



Dans ce cas Analyse spatiale :

Va utiliser des fonctionnalités qui permettent de déduire de nouvelles information à partir des informations contenues dans la base de données

Comment procèdent elle:

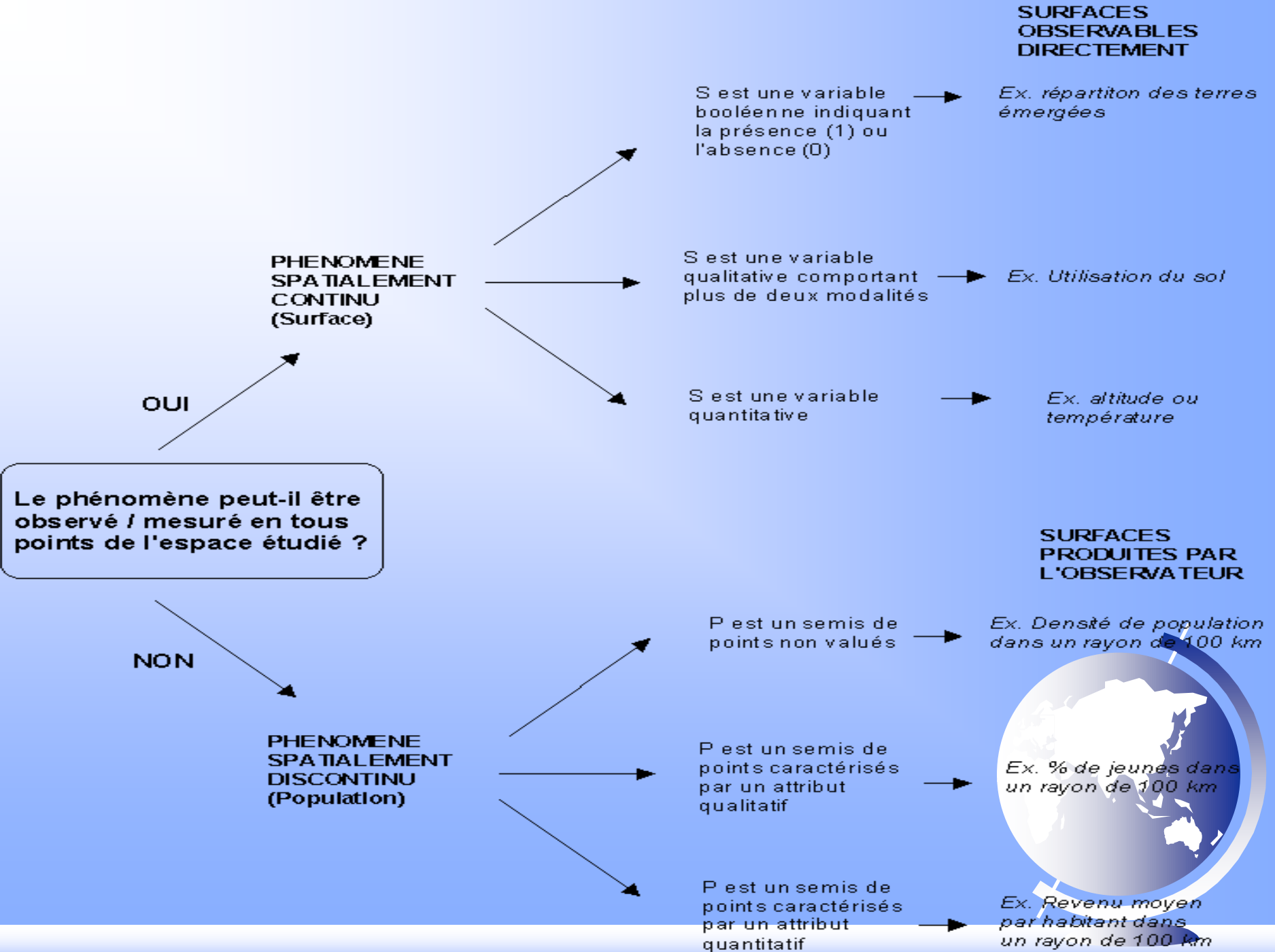
Elle exploite les différentes composantes des données géographique : C. géométrie, C. Sémantique et C. Topologie

Elle utilise des langages et des outils élémentaires pour construire des outils plus complexes

Langages : Requêtes SQL

Outils : Opérateurs spatiaux (intersection, union;;;;;)





2- Type de collecte : Même si le phénomène est continu, la collecte des données se fait par :

Recueil exhaustif ? / Sondage aléatoire?? Carroyage?/Maillage?/Points représentatif ? (observation objective (phéno mesurable), subjective)

Donc

L'analyse d'une surface ne sera pas menée de la même manière (

Elle varie selon la façon dont les données ont été recueillies

ex MNT, pas est de 5m, 10m...1km : qui définit l'espacement des points de collecte des altitudes.

NB: l'analyse ne pourra repérer que des formes spatiales d'un niveau supérieur au niveau de résolution (niveau de collecte des données)

Avant toute analyse il faut : connaître le mode d'obtention d'une information et la méthode d'agrégation ou de reconstitution utilisée pour son obtention



Même si un phénomène est continu, le recueil des informations se fait toujours **à un certain niveau de résolution** (pas de mesure) (élimination d'une certaine partie de variation spatiale)

Avant toute analyse il faut : **connaître le mode d'obtention d'une information et la méthode d'agrégation ou de reconstitution utilisée pour son obtention (voir exemple ci dessous : données primaire ; données secondaire reconstituées)**

Agrégation par calcul des valeurs moyennes (lissage)

10	8	12	12	8	1
9	5	15	13	4	7
3	4	13	12	5	8
4	13	25	26	15	16
5	10	34	14	19	15
23	30	40	12	7	11

=moyenne=>

8	13	5
6	19	11
17	25	13

=moyenne=>

13

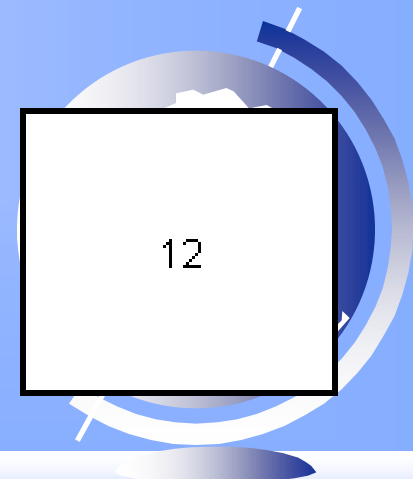
- Agrégation par tirage au sort (échantillonnage)**

10	8	12	12	8	1
9	5	15	13	4	7
3	4	13	12	5	8
4	13	25	26	15	16
5	10	34	14	19	15
23	30	40	12	7	11

=tir. au sort=>

10	12	8
4	26	5
30	34	19

= tir.au sort=>



B- ANALYSE DES PHENOMENES DISTRIBUES SUR UNE GRILLE : raster

Pour analyser un phénomène continu on regarde comment il varie localement : voisinage, moy locale, hétérogénéité locale, gradient local. Pour cela on fait appel à

1- Opérateurs locaux sur grille régulière : raster (pixel)

E un espace rectangulaire (X_{min} , Y_{min} , X_{max} , Y_{max}) , on dispose d'une grille régulière de N points (X_i, Y_i) affectés d'une valeur Z_{ij} .

a- voisinage dans une grille :

C' est une fonction de pondération W qui associe à tout point (i, j) une nouvelle valeur de relation avec ses voisins (et avec lui-même) comprise entre 0 et 1; et telle que $\sum W = 1$

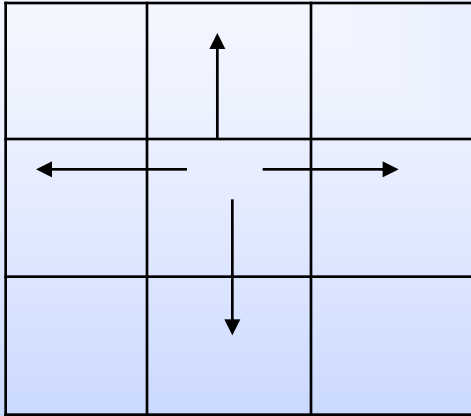
(voisinage peut se limiter aux cellules contiguës, ou inclure des cellules lointaines)



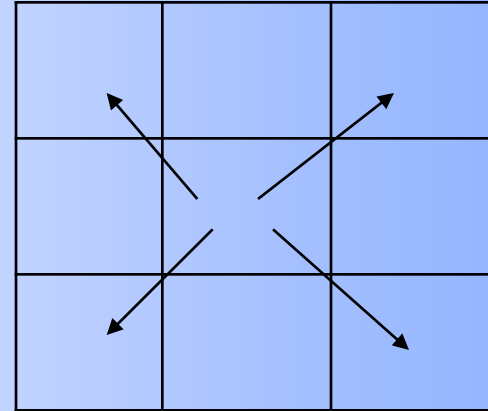
Types de contiguïté : voisinage entre des surfaces

☞ Deux points de frontière en commun entre unités territoriales adjacents

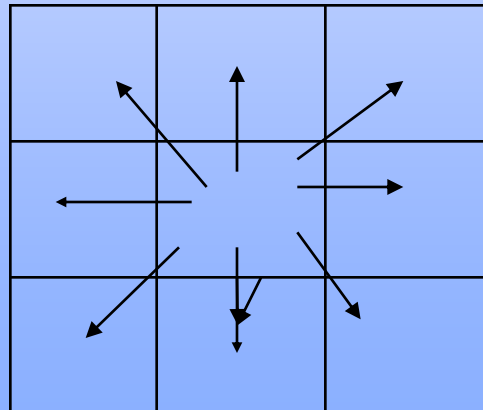
☞ (Cas de la tour)



Un seul point de frontière en commun
(Cas du fou : cas théorique et déconseillé)



Plusieurs points de frontière en commun
Cas de la reine : Contiguïté au sens des SIG)



b- Opérateurs locaux

sont des fonctions $f(Z,W)$ qui associent, à tout point (i,j) de la grille, une nouvelle valeur qui dépend des valeurs de la variable Z dans son voisinage W . Ils peuvent mesurer : **la valeur moyenne, la valeur maximale, la valeur minimale, la variance locale, le gradient local, etc** (TP : ex min>3 (0, 1) , requetes SQL...

b1-Moyenne locale (voir exemple ci après)

$$\text{Moyenne locale : } m(Z_{ij}, W) = \sum_{i-k, j-k}^{i+k, j+k} (Z_{ij} \times W_{ij})$$

b2-Gradient local

On calcule les pentes dans le sens des X et dans le sens des Y

$$\text{Grad}_X = dz/dX = (Z_{i+1J} - Z_{i-1J}) / \text{Distance } (i-1, i+1)$$

$$\text{Grad}_Y = dz/dY = (Z_{iJ+1} - Z_{iJ-1}) / \text{Distance } (J-1, J+1)$$

On en déduit la **pente globale**

$$\text{Grad} = dz/dXdY = \sqrt{(\text{Grad}_X)^2 + (\text{Grad}_Y)^2}$$

La direction de cette **pente est** = ArcTangente $\text{Grad}_Y / \text{Grad}_X$



Exemple de voisinage :
calculer la moyenne locale dans les deux cas de
voisinage ????

Coordonnées (i,j)				Valeurs de Z(i,j)		
(i-1,j+1)	(i, j+1)	(i+1,j+1)		110	110	150
(i-1, j)	(i, j)	(i+1, j)		80	100	130
(i-1,j-1)	(i, j-1)	(i+1,j-1)		90	90	120
Voisinage 1				Voisinage 2		
0	1/5	0		1/16	1/8	1/16
1/5	1/5	1/5		1/8	1/4	1/8
0	1/5	0		1/16	1/8	1/16



Exemple de voisinage :
calculer la moyenne locale dans les deux cas de
voisinage ????

Coordonnées (i,j)				Valeurs de Z(i,j)		
(i-1,j+1)	(i, j+1)	(i+1,j+1)		110	110	150
(i-1, j)	(i, j)	(i+1, j)		80	100	130
(i-1,j-1)	(i, j-1)	(i+1,j-1)		90	90	120
Voisinage 1				Voisinage 2		
0	1/5	0		1/16	1/8	1/16
1/5	1/5	1/5		1/8	1/4	1/8
0	1/5	0		1/16	1/8	1/16

Exemple : pour le voisinage 1

la moyenne locale : $(80+90+100+110+130)/5 = 510/5 = 102 \text{ m}$

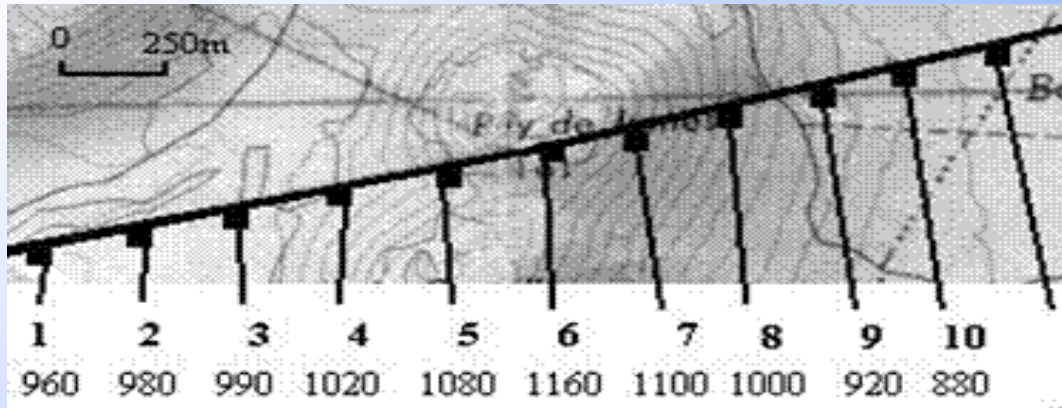
Pour le voisinage 2,

la moyenne locale : $[(100)/4 + (80+ 90+110+ 130)/8 + (110+90+120+150)/16] = 105,7 \text{ m}$

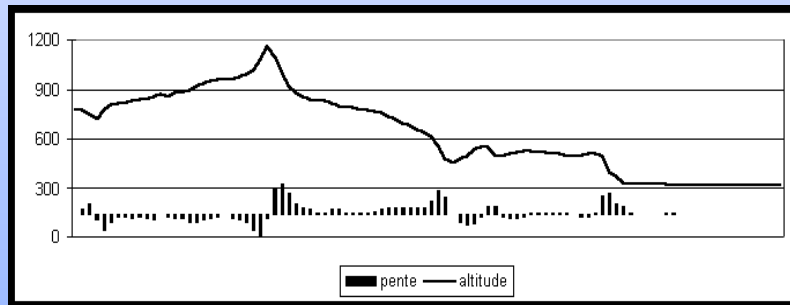


2- Influence du niveau d'analyse sur le calcul des gradient

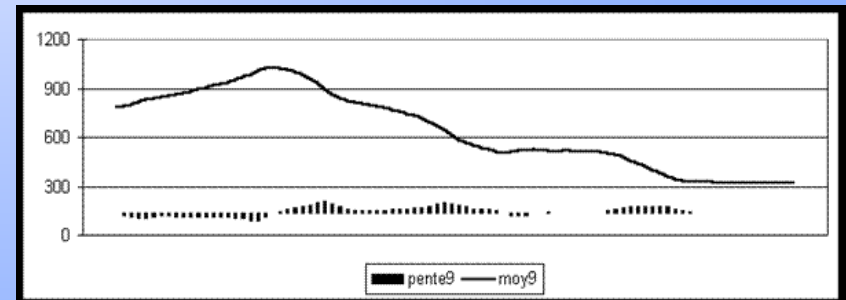
Sur une *carte au 1/50 000e*, une coupe de 25 km de longueur, on a relevé un échantillon de **100 points** d'altitude, régulièrement espacés tous les :



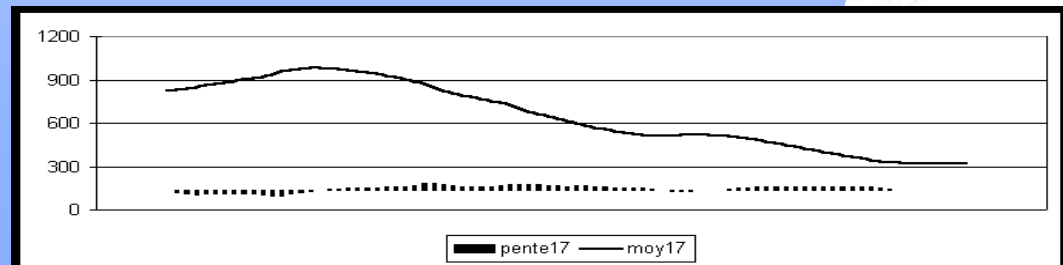
(a) Alt. moy et Grad- pas de 250 m (voisinage de 250m)



(b) Alt. moy et Grad- pas de 2 km



(C) Alt. moy et Grad- pas de 4 km



C- ANALYSE DES PHENOMENES CONNUS SELEMENT EN CERTAINS POINTS

information primaire : information secondaire ??

10	?	?	12	8	?
?	?	?	?	?	?
?	4	?	?	5	?
?	?	?	26	?	?
?	?	34	?	19	?
?	30	?	?	?	?

1-Technique d'interpolation

L'interpolation permet de reconstituer l'ensemble de la distribution d'un phénomène continu dont les valeurs connues en certains points de l'espace (ex: température, précipitation . Points : station météorologiques)

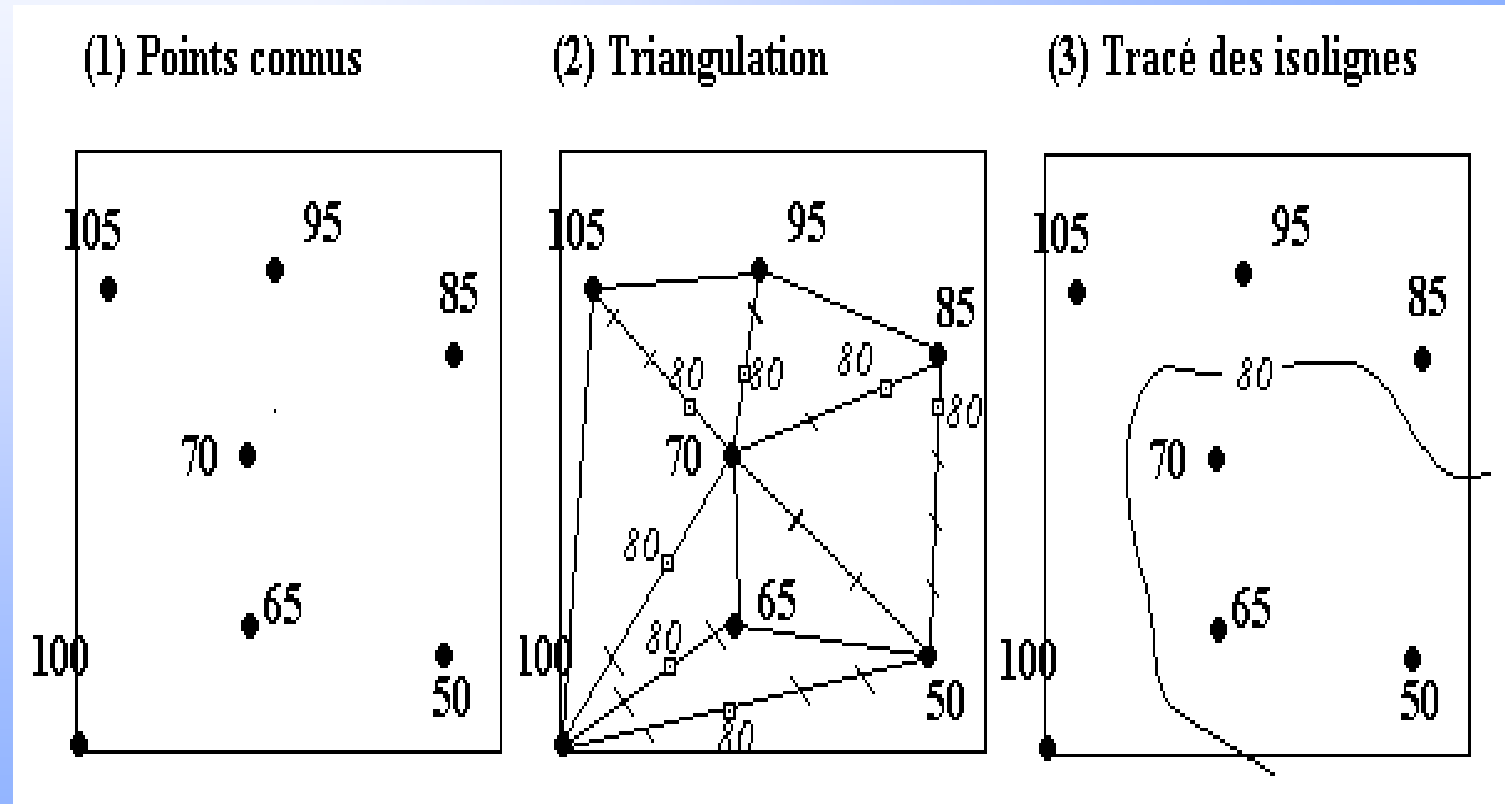
➡ L'interpolation est une technique cartographique commune, basée sur les SIG, pour les données *quantitatives*.

Les méthodes d'interpolation très nombreuses ???

la plus simple est l'interpolation linéaire à partir d'une triangulation de l'espace entre les points pour lesquels la valeur est connue (voir exemple suivant)



Exemple d'interpolation par triangulation : reconstitution des iso pièzes d'une nappe a partir du niveau piézométrique mesurés dans des puits (reconstitution de la surface de la nappe : reconstruit des iso lignes pour délimiter des surface

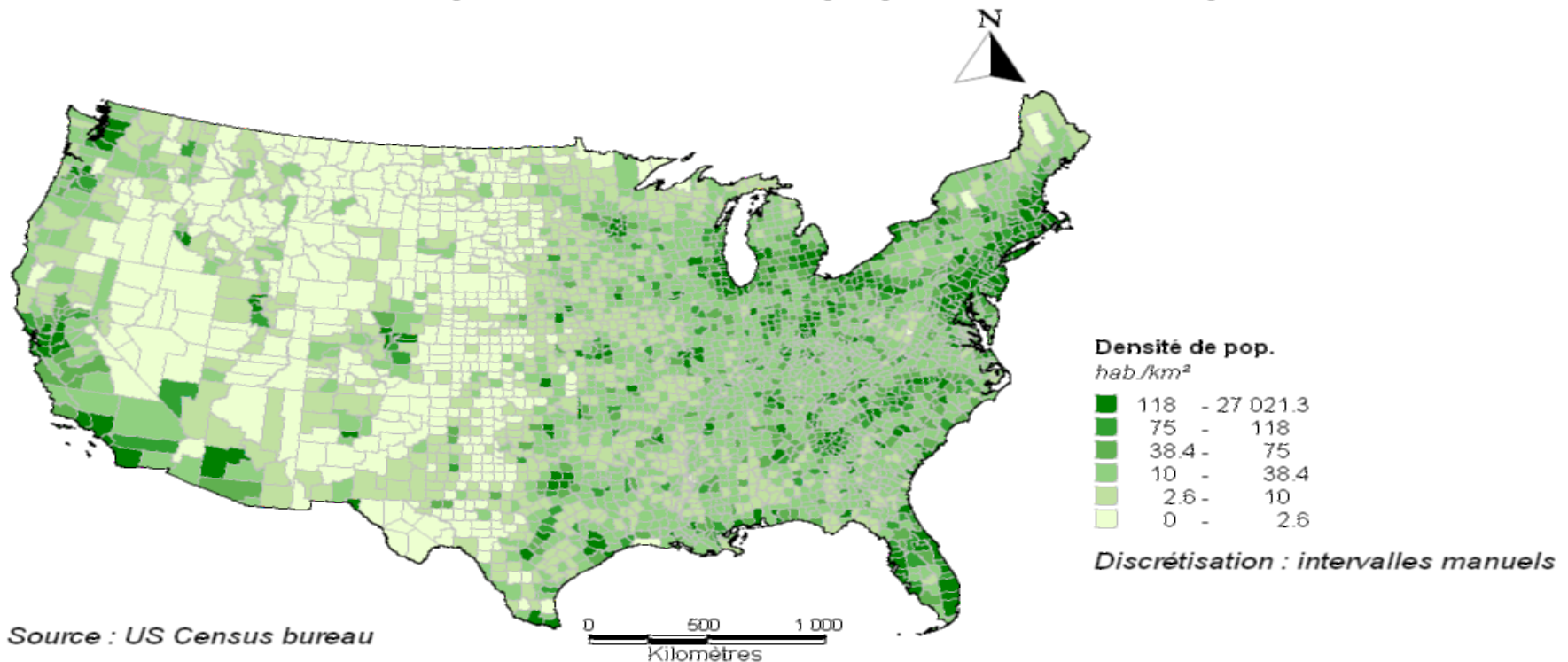


l'échelle de reconstitution a un effet sur la lisibilité des surface : voir exemple ci après : densité commune ?? province ?? (svt Grande échelle sur grande superficie donne plus détail mais qui cache la tendance)

USA: Carte de densité par Comtés

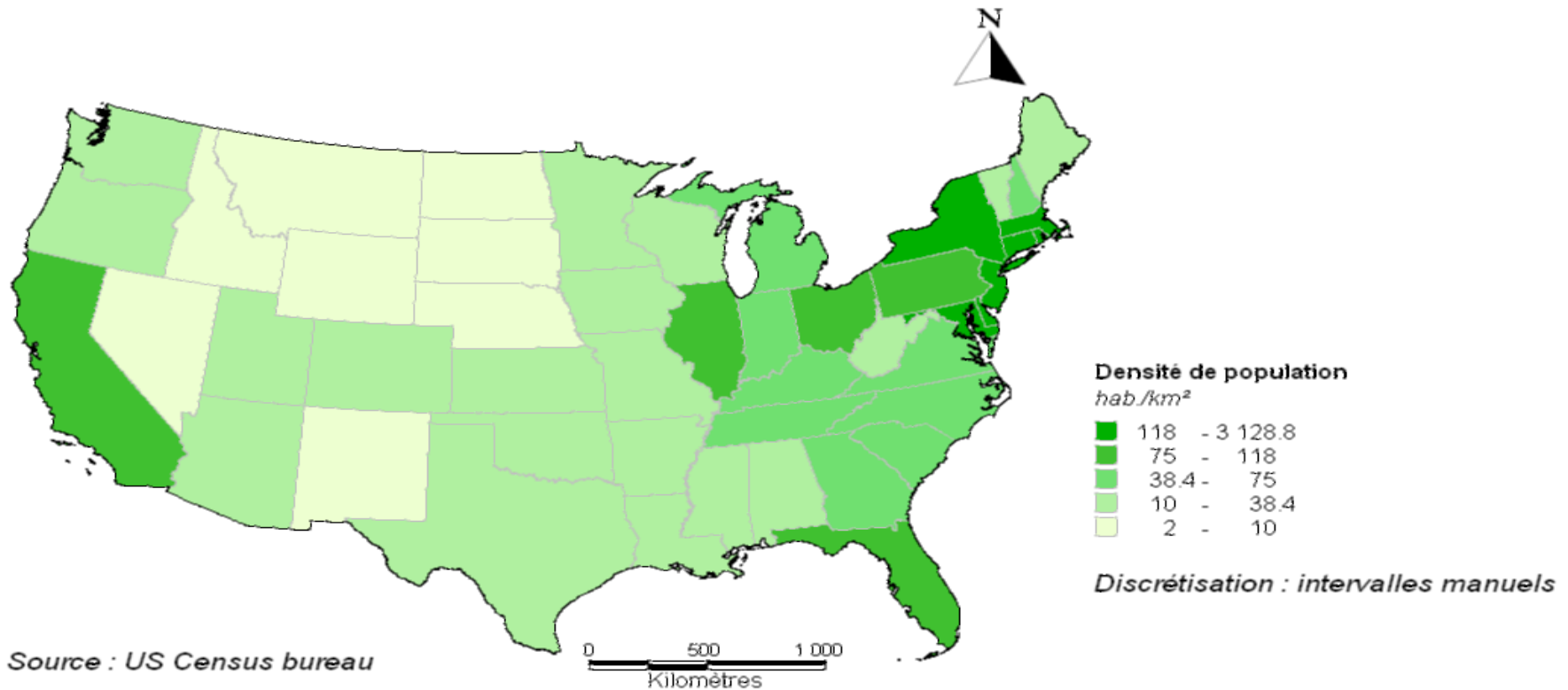
Effet de l'échelle de reconstitution des surfaces sur la lisibilité des résultats obtenus : Plus de détail cache la tendance générale : interprétation pas facile

Etats Unis d'Amérique : Densité de population 2005 par comtés



La répartition des densités est plus lisible (mais moins de détail que dans la première carte): ici la densité est calculée à l'échelle des états (petite échelle):

Etats Unis d'Amérique : Densité de population 2005 par états



a- Interpolation à partir d'un échantillon de points connus :

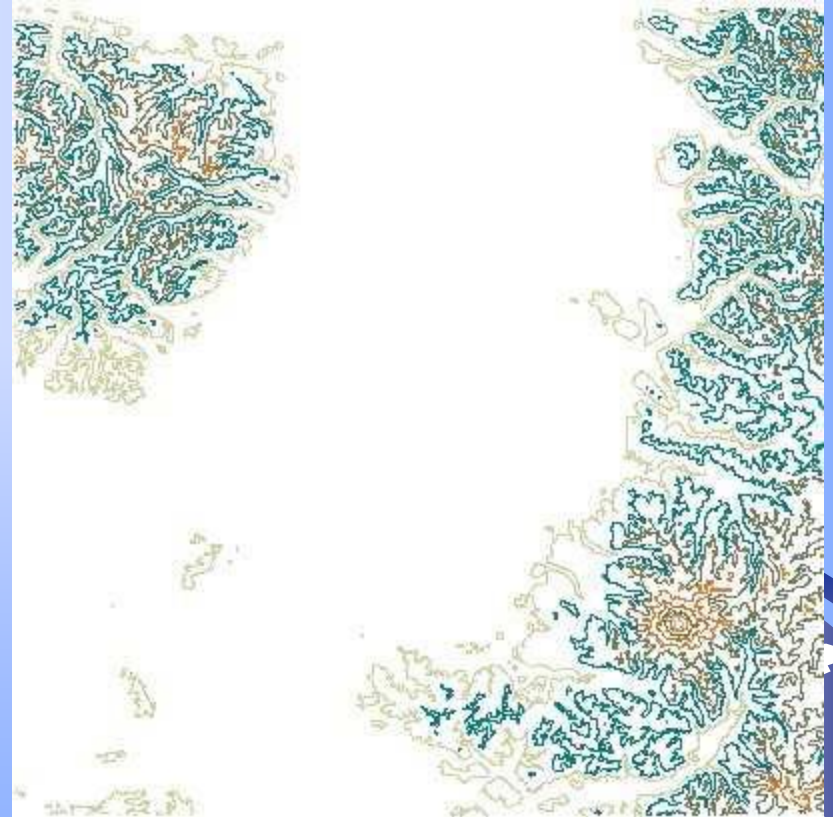
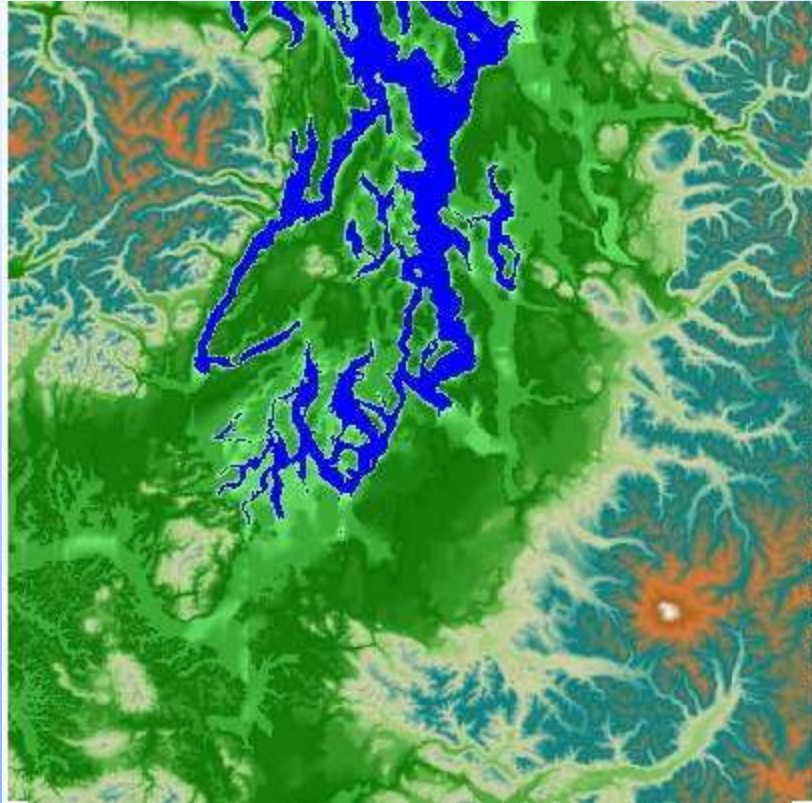
Les méthodes d'interpolation font appel à des notions mathématiques assez difficiles : **fonctions polynomiales**) , les plus classiques :

Splines (lissage), Krigeage, **IDW**., **Surfaces de tendance**, etc... sont **intégrées** dans les logicielles SIG commerciales (Spatial Analyst, Vertical Mapper, Idrisi, Surfer...)

Quel usage pour l'interpolation?

- **Descriptif (cartographie)**
- **Analytique (ex: zone d'intérêt ou analyse de risque : utilisation des requêtes)**
- **Modélisation (automatisation / model builder : ARGIS,)**





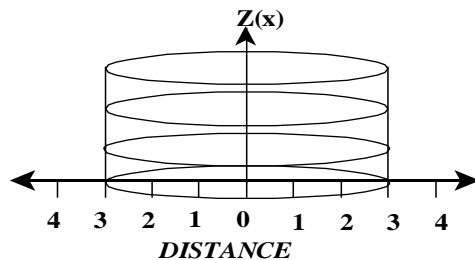
Différentes fonctions de lissage (voir cours de Bernoussi) sont possible, mais seules quelques unes sont réellement utiles

- Lissage Gaussien (normal)
- Lissage Triangulaire (conique)
- Lissage Quadratique (hémisphérique)

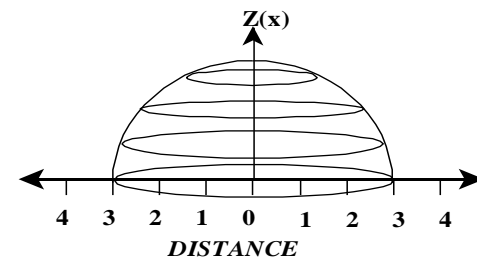
➡ **Le choix de la fonction de lissage a une influence décisive sur les résultats estimés**



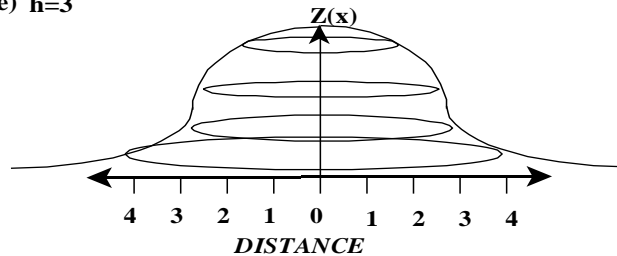
Fonctions de lissage spatial



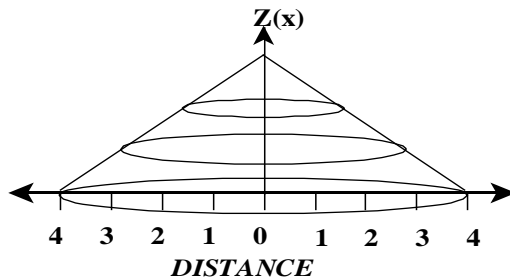
Fonction uniforme (cylindrique) $h=3$



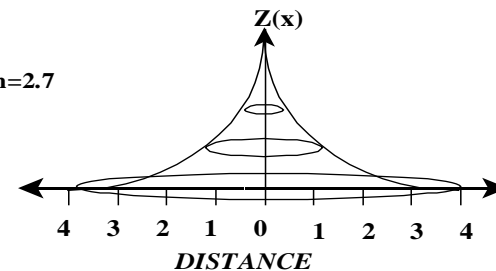
Fonction quadratique (sphérique) $h=3$



Fonction gaussienne (normale) $h=2.7$
Estimation continue



Fonction triangulaire (conique) $h=4$



Fonction exponentielle négative $h=4$

Le rayon de recherche diffère dans ces fonctions de lissage:

- * Lissage gaussien utilise un rayon de 2,7km
- * Lissages cylindrique et sphérique utilisent un rayon de 3km
- * Lissages triangulaire et exponentielle utilisent un rayon de 4km

Fonction de lissage Gaussien

➤ Fonction de lissage gaussien

$$G(z_j) = \sum_i W_i \frac{1}{2\pi h^2} e^{-\frac{d_{ij}^2}{2h^2}}$$

➤ Forces

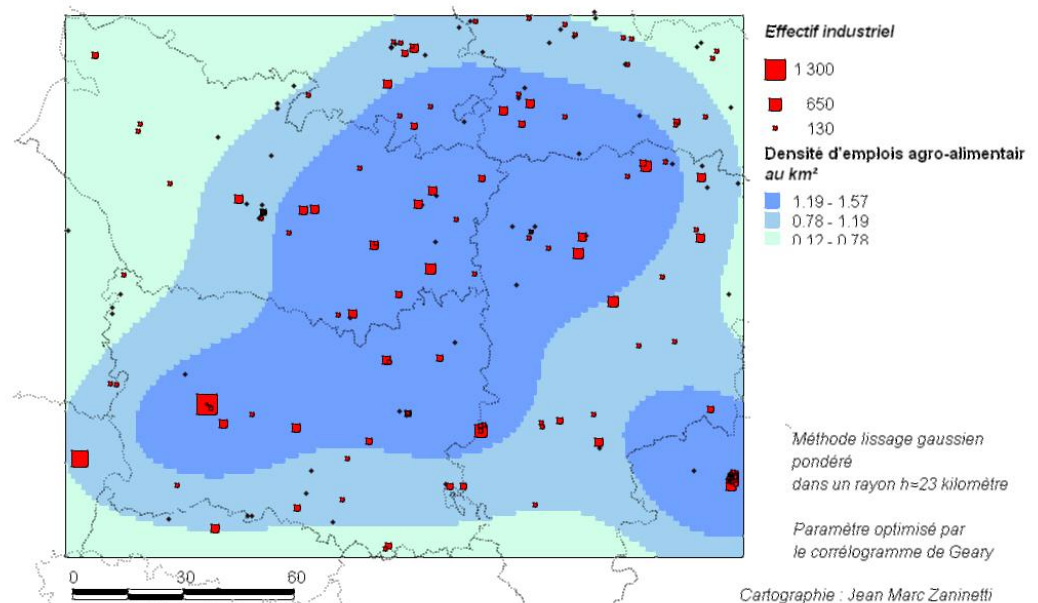
- Surface très lisse
- Estimateur continu

➤ Faiblesses

- faible précision

Exemple IAA Picardie 1997 (pondération : Emploi)

Emplois dans l'industrie agro-alimentaire en Picardie 1997



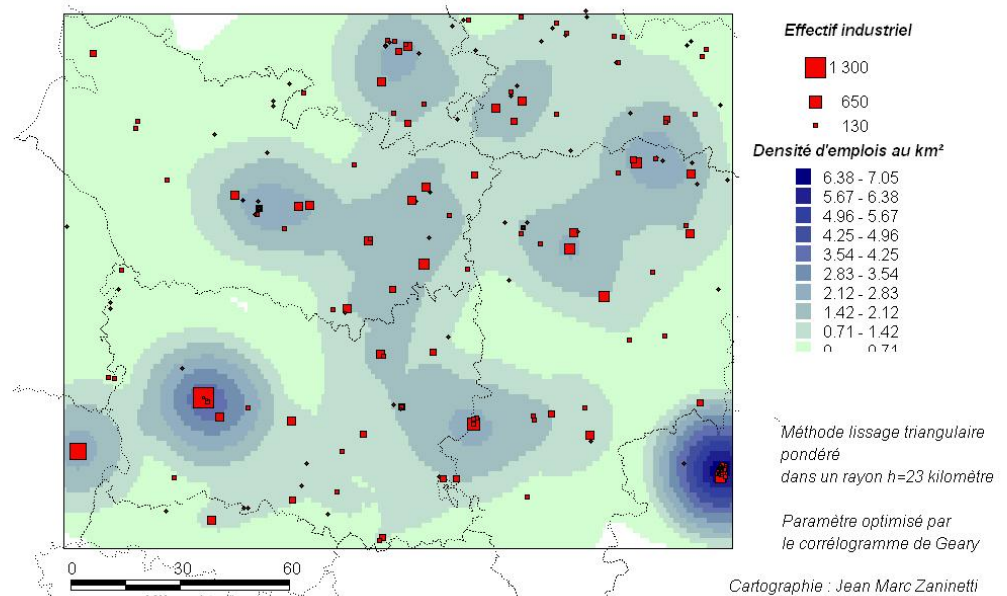
Fonction de lissage Triangulaire

- ➡ **Fonction Triangulaire**
 - Si $D_{ij} \leq h$ (sinon $Z_j = 0$)!

$$G(z_j) = \sum_i \left[K - \frac{K}{h} d_{ij} \right] d_{ij}$$

Exemple IAA Picardie 1997 (pondération : Emploi)

Emplois dans l'industrie agro-alimentaire en Picardie 1997



➡ **Force**

- Résultat réaliste et détaillé

➡ **Faiblesses**

- La pondération est décisive
- Surface faiblement généralisée
- Estimation locale (sauf si **rayon de recherche flexible**)

Fonction de lissage Quadratique

➤ Fonction Quadratique

- Si $D_{ij} \leq h$ (sinon $Z_j = 0$)!

$$G(z_j) = \sum_i W_i \frac{3}{\pi h^2} \left[1 - \frac{d_{ij}^2}{h^2} \right]^2$$

➤ Force

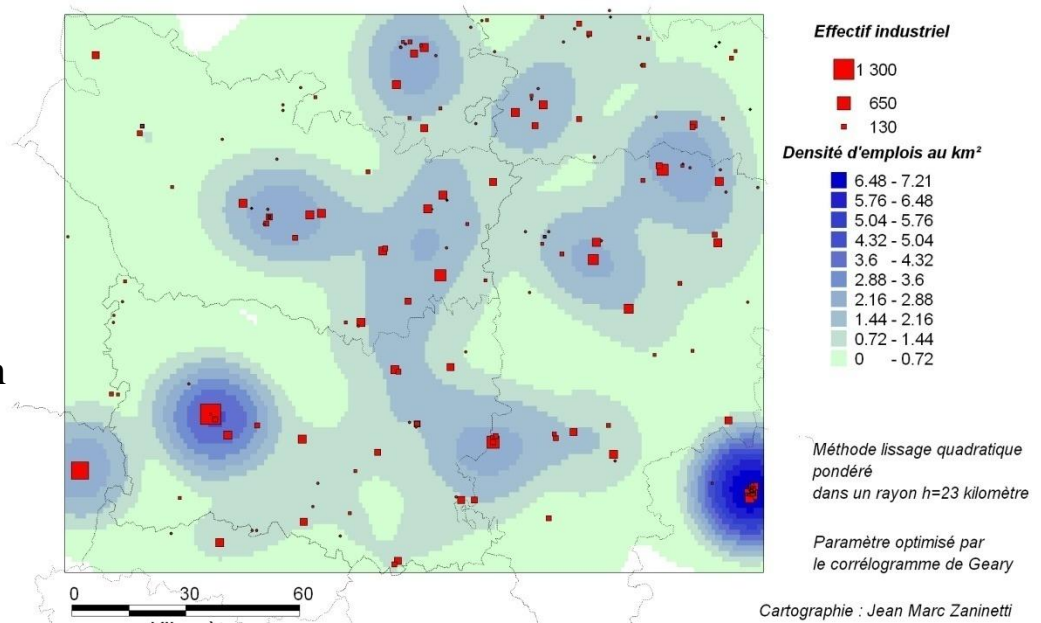
- Compromis entre lissage et précision

➤ Faiblesse

- Estimation locale (sauf si **rayon de recherche flexible**)

Exemple IAA Picardie 1997 (pondération : Emploi)

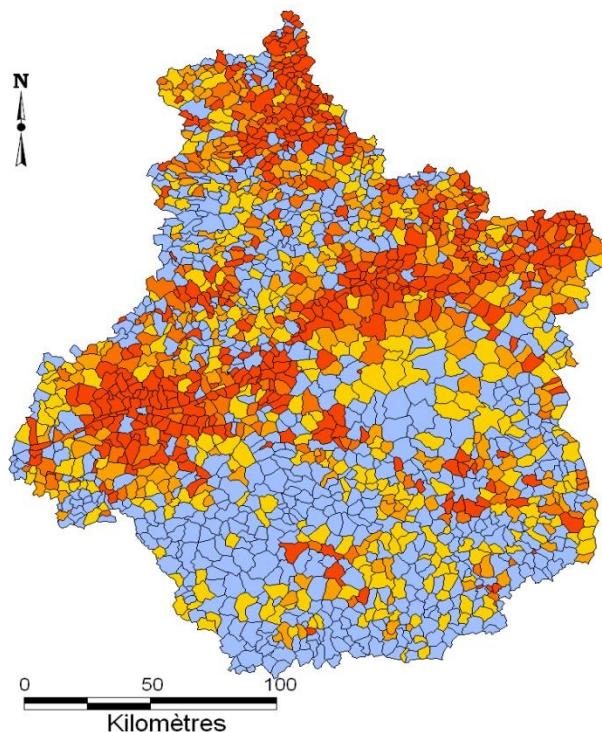
Emplois dans l'industrie agro-alimentaire en Picardie 1997



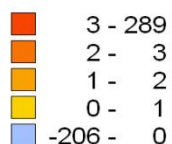
Généralisation cartographique par lissage

Région Centre : dynamique du peuplement 1990 - 1999

Source : INSEE recensements



Variation de densité
Hab. / km²

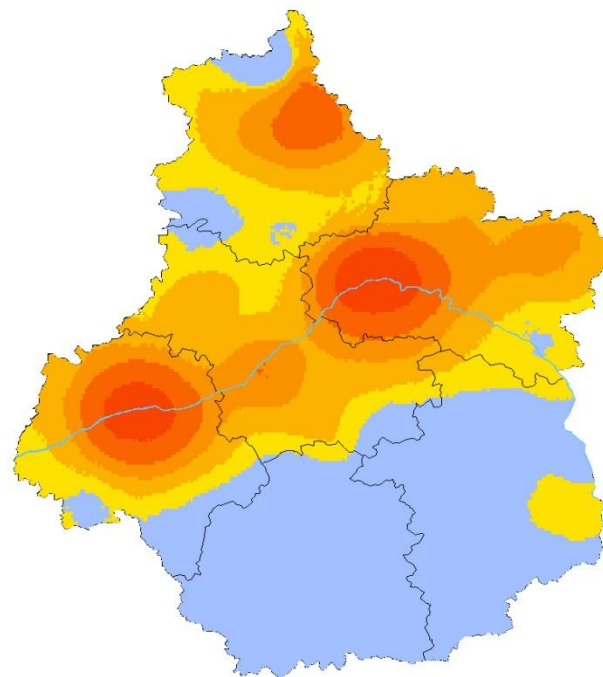


Commentaire

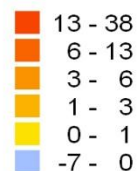
Très importants effets d'éclat

Méthode de discrétisation

Même nombre d'enregistrements



Variation de densité
hab. / km²



Méthode :

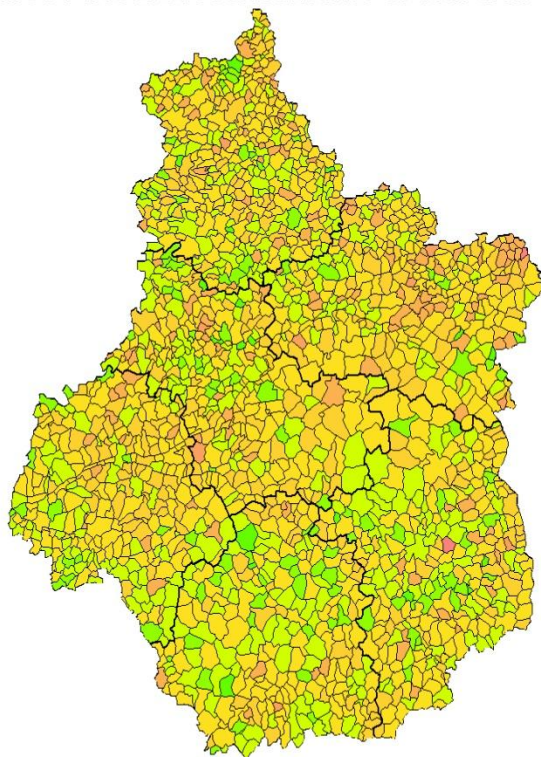
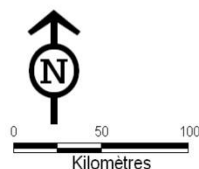
Lissage dans un voisinage gaussien
relatif des 18 communes les plus
proches

discrétisation : algorithme de Jenks

Cartographie : Jean Marc Zaninetti, université d'Orléans, laboratoire CEDETE

Communes de la région Centre : Migrations apparentes 1990 - 1999

Source : INSEE recensements et état civil



**Carte des données brutes
en plages de valeur**

1842 communes

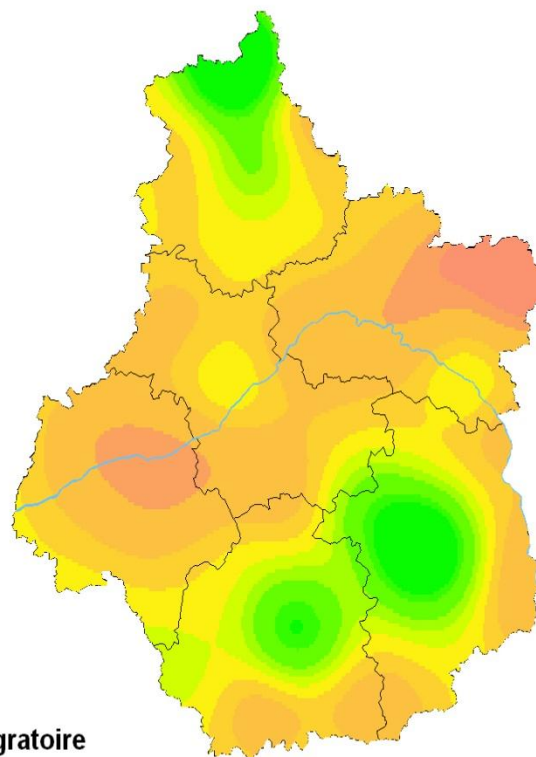
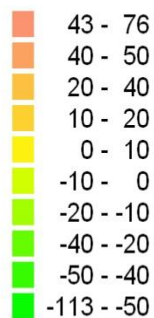
minimum -33 pour mille

maximum + 74 pour mille

moyenne des taux +4,7 pour mille

écart type 10,9 pour mille (CV 232 %)

**Taux de solde migratoire
pour mille habitants**



Carte des données lissées

Méthode :

Interpolation duale de surface de densité

lissage dans un voisinage gaussien

de 15 kilomètre (numérateur : solde migratoire)

et de 30 kilomètres (dénominateur : population)

Conception : Jean-Marc Zaninetti laboratoire CEDETE

b- Surfaces de tendances (régression en statistique): grande tendance d'un phénomène

chercher l'**équation** d'une **fonction** $Z=f(X,Y)$ qui **s'ajuste le mieux** aux informations connues, puis à **extrapoler les résultats** de cette fonction **à l'ensemble** de l'espace étudié.

Des **fonctions polynomiales** souvent utilisées (degrés plus ou moins élevés)

- **Surface de tendance d'ordre 1** (plan de tendance): $Z = aX + bY + c$
- **Surface de tendance d'ordre 2** (surface quadratique) :

$$Z = aX + bY + cXY + dX^2 + eY^2 + fX^2Y + gXY^2 + hX^2Y^2 + i$$

- **Surface de tendance d'ordre n** :

$$Z = aX + bY + \dots + q.X^nY^n + w$$



NB : - Les surfaces de tendance d'ordre 1 et 2 sont les plus utilisées ; car leurs coefficients ne sont pas trop nombreux (sont aussi simple à résoudre)

■ Dans le cas des surfaces d'ordre 1 (plans de tendance), les coefficients *a* et *b* permettent de calculer la valeur moyenne du gradient principal et sa direction par :

* Intensité du gradient $= \sqrt{a^2+b^2}$

* Direction du gradient $= \text{ArcTangente}(b/a)$



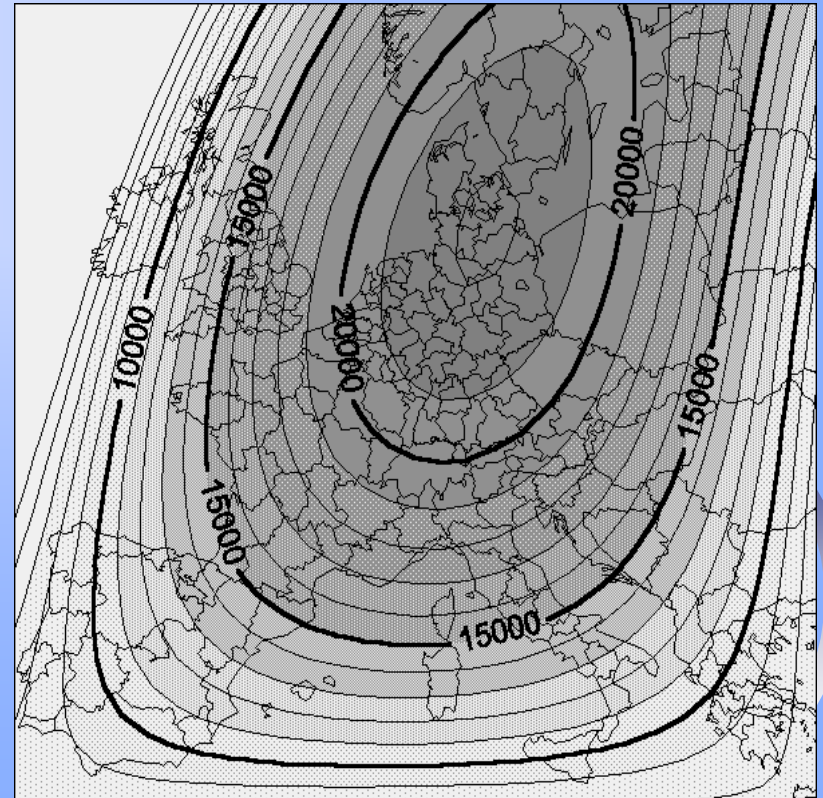
C- APPLICATIONS DES SURFACES DE TENDANCE

Données : Le PNB/hab. des régions de l'Union Européenne en 1996

CODE	NOM	Pib96	X	Y
131	Abruzzo	14467	2382	1377
155	Alentejo	7512	546	1112
92	Alsace	20885	1891	2050
105	Anatoliki	8394	3345	1389
74	Andalucia	8633	786	948
...

Ajustement à une surface de tendance d'ordre 2

$$PNB = -20.1 X - 8.28 Y + 0.032 XY + 0.0054 X^2 - 0.0013 Y^2 - 0.0000088 X^2Y - 0.000004 XY^2 + 0.0000000014 X^2Y^2 + 14857 \quad (r^2 = 51.1\%)$$



Ajustement à une surface de tendance d'ordre 1

$$PNB = 0.88 X + 3.90 Y + 7580 \quad (r^2 = 19.5\%)$$

Commentaire :

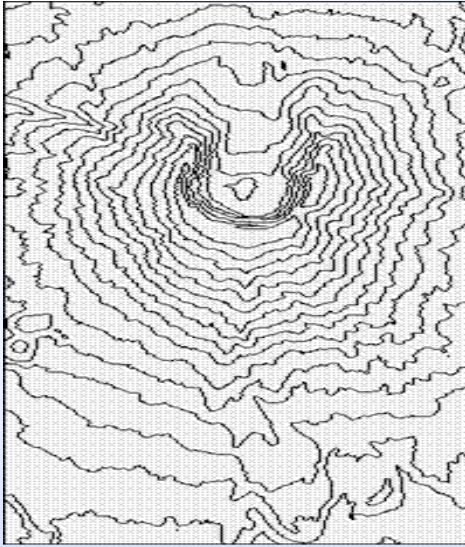
Fig 1 : D'après le premier l'ajustement (*Surface de tendance d'ordre 1*), le gradient principal de richesse par habitant dans l'Union Européenne est de direction NNE-SSW. Toutefois, la qualité de l'ajustement obtenue est très médiocre ($r^2=19.5\%$) et le modèle proposé ne peut être retenu pour décrire les variations de richesse à l'intérieur de l'Union Européenne.

Fig2 :

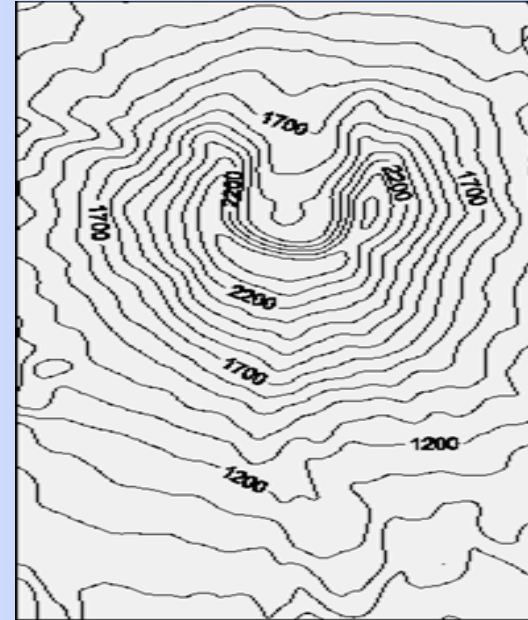
L'ajustement à une surface quadratique (*Surface de tendance d'ordre 2*) donne un ajustement nettement meilleur ($r^2=50\%$). Les inégalités de revenus en Europe correspondent davantage à une opposition centre-périphérie qu'à un simple gradient Nord-Sud



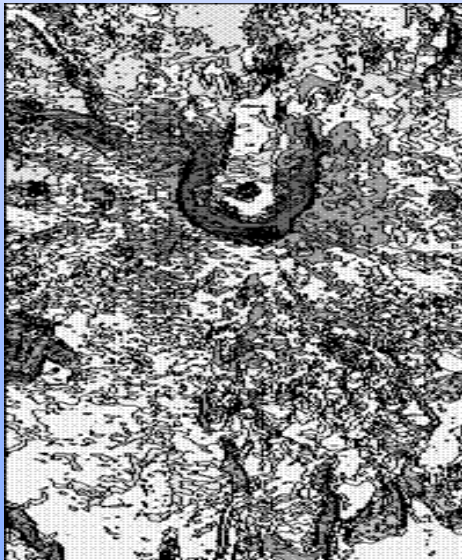
Altitude (non lissée)



Altitude (lissée)



Pentes (non lissées)



Pentes (lissées)

