

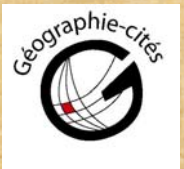
La modélisation des interactions spatiales

Hélène Mathian

CNRS, UMR Géographie-cités

13 rue du four, 75006 Paris

mathian@parisgeo.cnrs.fr



Interaction spatiale

«Action **réciproque** entre deux ou plusieurs lieux ou unités géographiques (quartiers, bourgs, villes régions...) »

« L'interaction spatiale est au cœur de l'évolution des systèmes étudiés par la géographie »

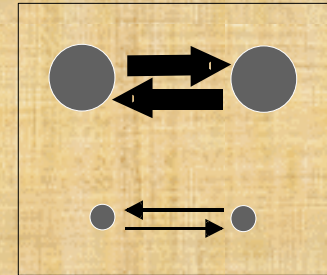
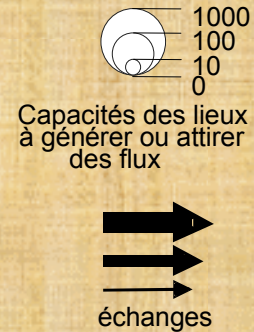
Des individus au territoire

Les comportements **individuels** sont générateurs **d'interactions** et **l'agrégation** de comportements individuels permet d'établir le comportement moyen d'unités géographiques et mesurer l'intensité de **l'interaction spatiale** entre un couple de lieux.

Les modèles d'interactions spatiales.

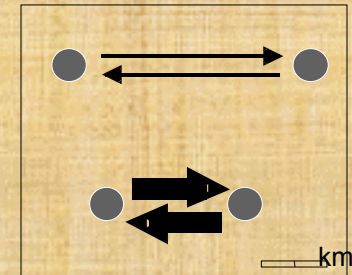
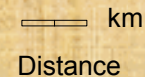
Hypothèse 1.

Les échanges entre deux lieux sont proportionnels à leurs capacités d'émission et de réception



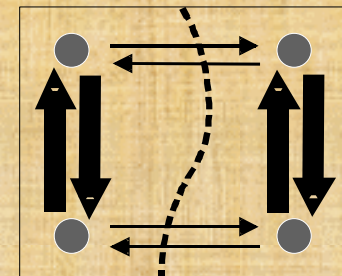
Hypothèse 2.

L'importance des échanges entre deux lieux diminue lorsque la distance augmente



Hypothèse 3.

Deux lieux appartenant à une même entité territoriale ont des flux plus importants que deux lieux séparés par une frontière



Le modèle gravitaire: hypothèses et formulation

L'intensité des interactions entre 2 lieux i et j (I_{ij}) est fonction :

-de l'émissivité de i (P_i) ,

-de l'attractivité de j (P_j)

-Cette intensité **diminue** avec la **distance** (d_{ij})

Dans sa forme la plus simple le **modèle gravitaire** s'écrit: $I_{ij}=kP_iP_j/d_{ij}^2$

L'analogie gravitaire

- **Économique** (Zipf): L'effet de la distance correspond à l'ajustement entre offre et demande dû au coût de déplacement. (Les acteurs obéissent au principe du moindre effort.)
- **Sociologique** (Stouffer): Plus la distance augmente, plus le nombre d'occasions interposées est élevé.
- **Psychologique** (Hagerstrand): La décroissance des interactions (au niveau individuel) est liée à l'ignorance des migrants sur les lieux de destination éloignés.

Du modèle gravitaire...aux aires d'influence

Du **modèle gravitaire** on peut déduire un **modèle d'attraction commerciale** à partir de 4 hypothèses principales (Reilly, 1929):

1- Les **consommateurs** fréquentent l'établissement le plus **proche**.

2- Leur **demande** faiblit au fur et à mesure que l'on **s'éloigne** du centre (coût de transport)

Du modèle gravitaire...aux aires d'influence

3- L'attraction (A_{ij}) d'un centre i sur un consommateur j est **proportionnelle** à son **importance** (P_i)

4- Cette **attraction** est **inversement proportionnelle** au carré de la **distance** (d_{ij}) qui le sépare du consommateur j .

Dans sa forme la plus simple la **loi de Reilly** s'écrit:

$$A_{ij} = P_i / d_{ij}^2$$

La délimitation des aires de marché

La loi de Reilly permet de

- décrire la forme générale de l'**aire d'attraction** autour d'un centre
- Calculer comment une **clientèle** donnée peut se **répartir** entre **plusieurs** centres d'inégales importances.

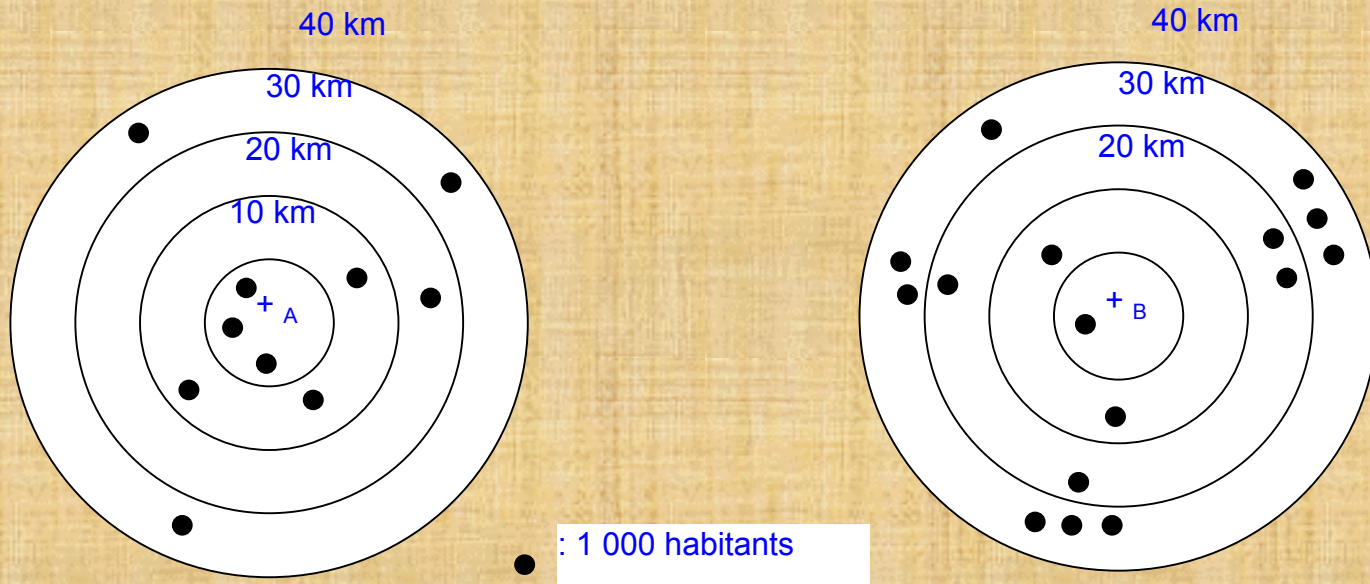
Les utilisations du modèle de Reilly

- **Géomarketing**: implantation d'établissement, analyse de la clientèle potentielle
- **Aménagement du territoire**: implantation de services publics dont la fréquentation est soit libre (bureau de poste, dispensaires...) soit imposée (carte scolaire, carte hospitalière..)

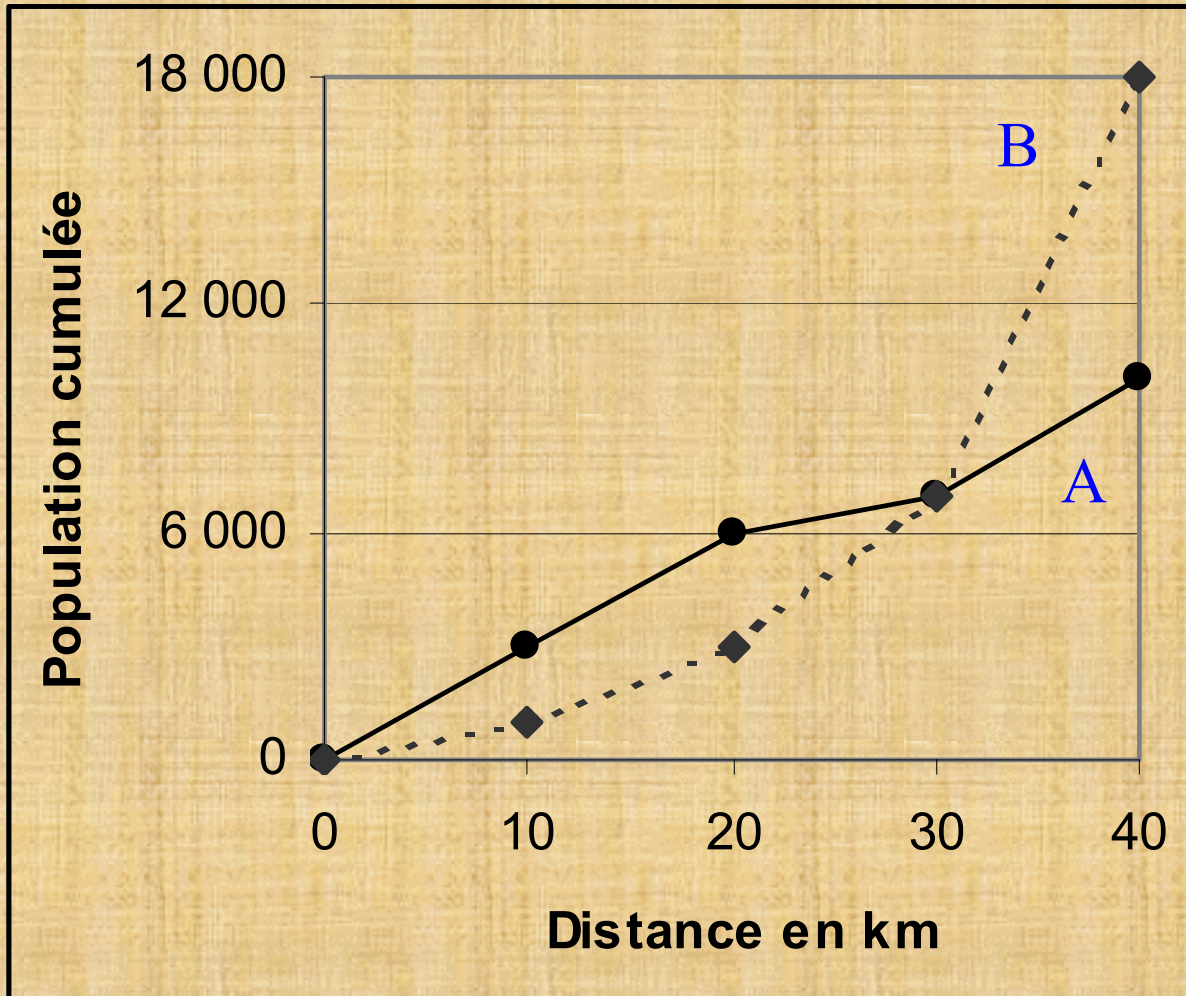
Chaque application donne lieu à des transformations pour l'adapter aux variations possibles des répartitions (population, revenus, comportements, catégorie de clients, accessibilité...)

Un exemple

- Choix de localisation d'un supermarché: Quelle est l'implantation la plus avantageuse à partir de deux possibilités de localisation A et B :



Etude de la distribution des opportunités de relation en fonction de la distance:



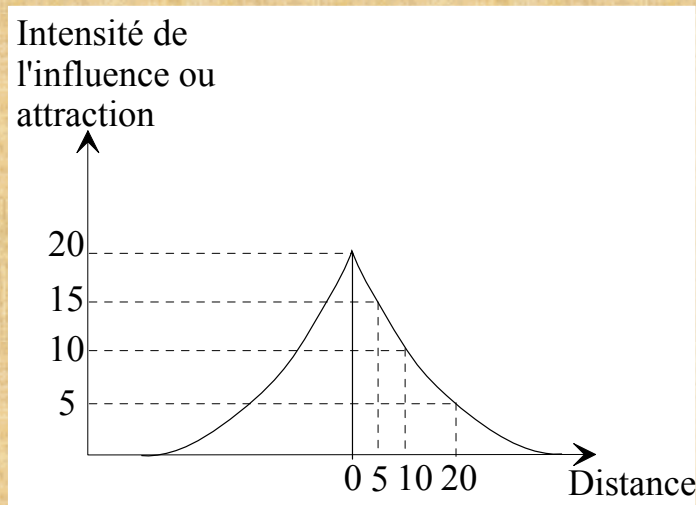
A 40km la localisation B bénéficie d'une clientèle nettement plus élevée.

A 20 km c'est avantage est à la localisation A.

Les paramètres du modèle

- **L'attractivité (P_i):** relatif à la question posée
 - *Nombres d'emplois, nombres de commerces, population totale...*
- **L'éloignement (d_{ij}):** mesure d'un coût de déplacement. L'interaction n'est pas forcément de dimension spatiale mais sa réalisation l'est.
 - *Distance à vol d'oiseau, sur un réseau, temps de parcours....*
- La forme de la décroissance de l'intensité de l'attractivité avec la distance
 - *Dépend du mode de transport, du type de bien proposé....*

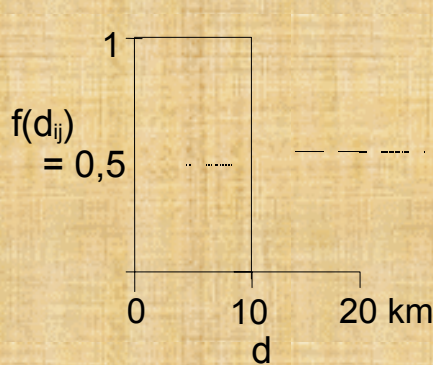
Généralisation



$$A(i, j) = \frac{M_i}{f(d_{ij})}$$

- $A(i, j)$ est une mesure théorique de l'influence du lieu i sur le lieu j .
- M_i est le poids associé au lieu i
- D_{ij} est une mesure de l'éloignement entre i et j

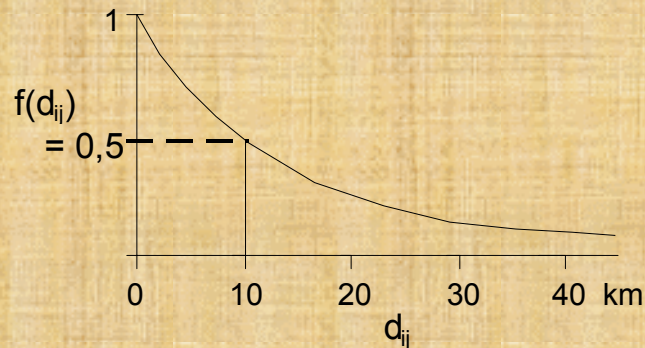
Les différentes fonctions de la distance



Fonction rectangulaire

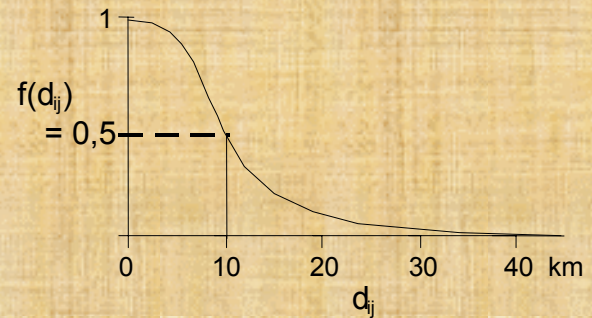
$$f_{\alpha}(d_{ij}) = 1 \text{ si } d_{ij} \leq \alpha$$

$$f_{\alpha}(d_{ij}) = 0 \text{ si } d_{ij} > \alpha$$



Fonction paretienne
modifiée

$$f_{\alpha,\beta}(d_{ij}) = (1 + \alpha \cdot d_{ij})^{-\beta}$$

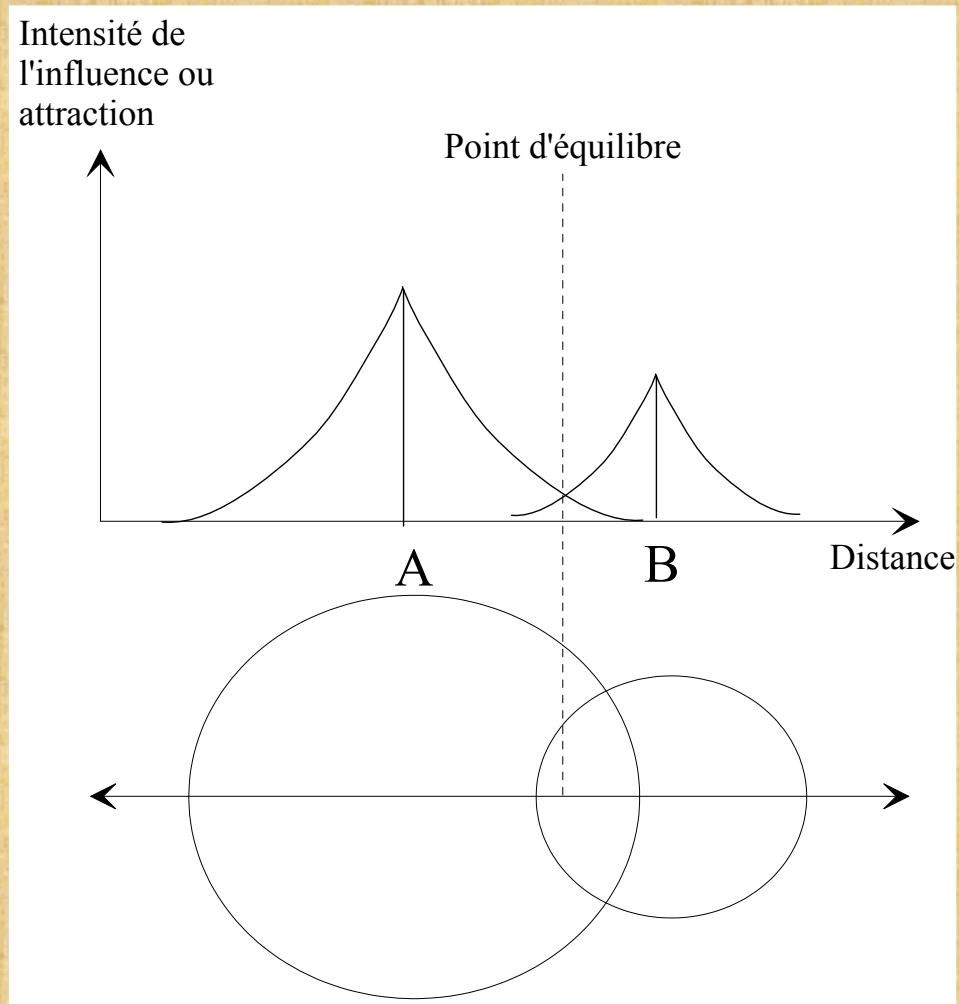


Fonction exponentielle
modifiée

$$f_{\alpha,\beta}(d_{ij}) = \exp(-\alpha \cdot d_{ij}^{\beta})$$

- Les paramètres des fonctions sont α et β .
- Le plus souvent l'exposant est $\beta = 2$.
- Le paramètre α est lié à la *portée* du phénomène.
- On définit ici la *portée* (R) comme étant la distance à laquelle l'attraction initiale a perdu 50% de sa valeur. $f(R) = 0.5$

Exemple de délimitation théorique de zones d'influence

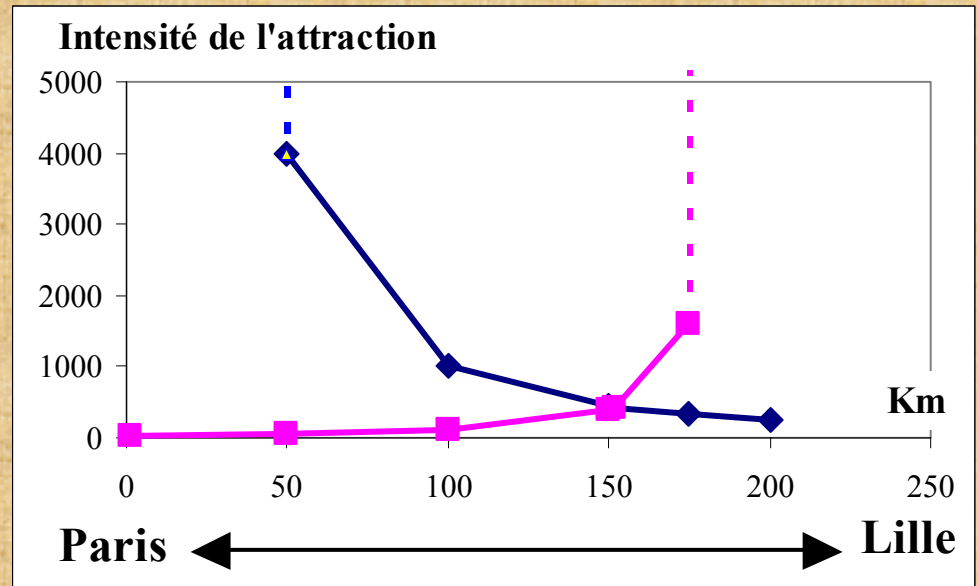


Le point d'équilibre: application

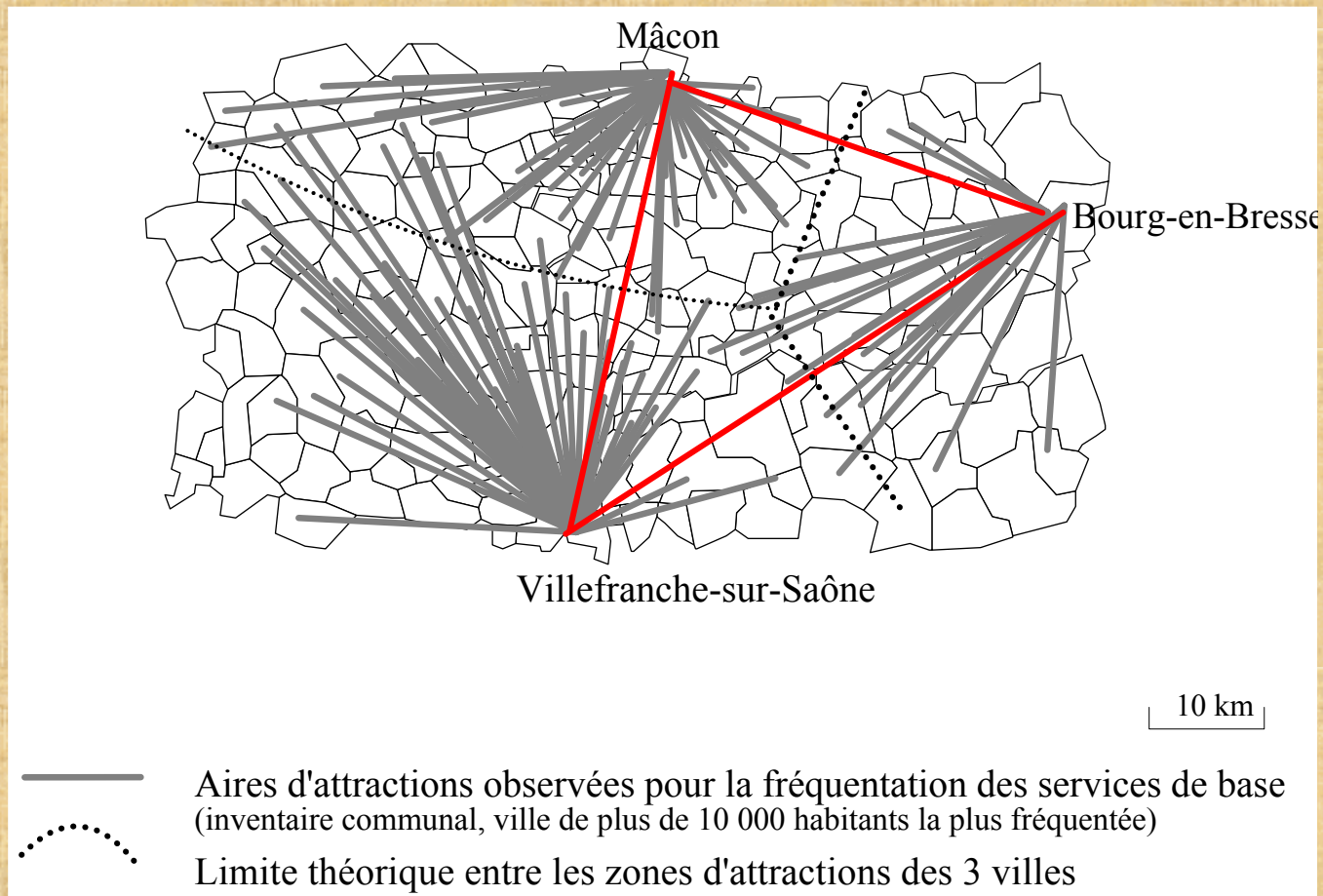
Les habitants de Arras sont ils davantage attirés par Paris à 150 km (10 millions d'habitants) que par Lille à 50 km (1 million d'habitants) ?

| | pop en hab. | | pop en hab. |
|-------|-------------|-------|-------------|
| Paris | 10000000 | Lille | 1000000 |

| distance | attraction | distance | attraction |
|----------|------------|----------|------------|
| 1 | 10000000 | 200 | 25 |
| 50 | 4000 | 150 | 44 |
| 100 | 1000 | 100 | 100 |
| 150 | 444 | 50 | 400 |
| 152 | 433 | 48 | 434 |
| 175 | 327 | 25 | 1600 |
| 200 | 250 | 1 | 1000000 |



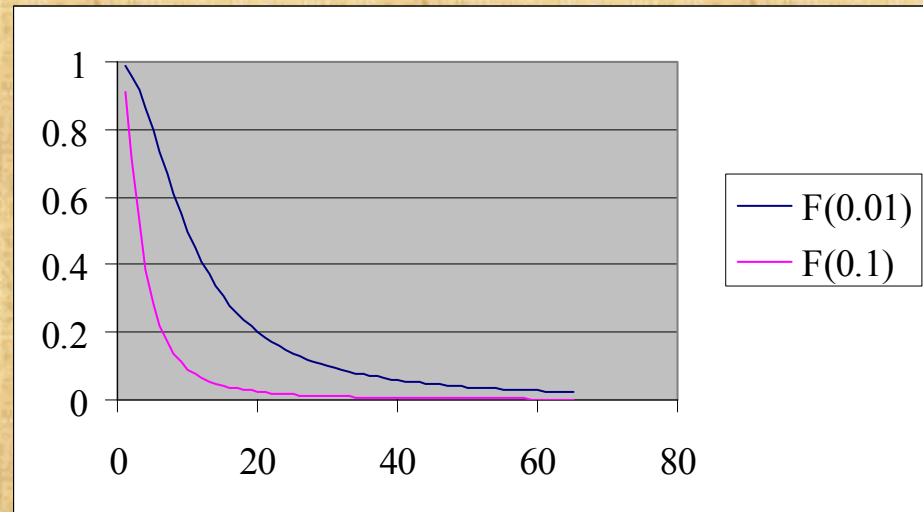
Aires d'attraction: validation ou confrontation ?



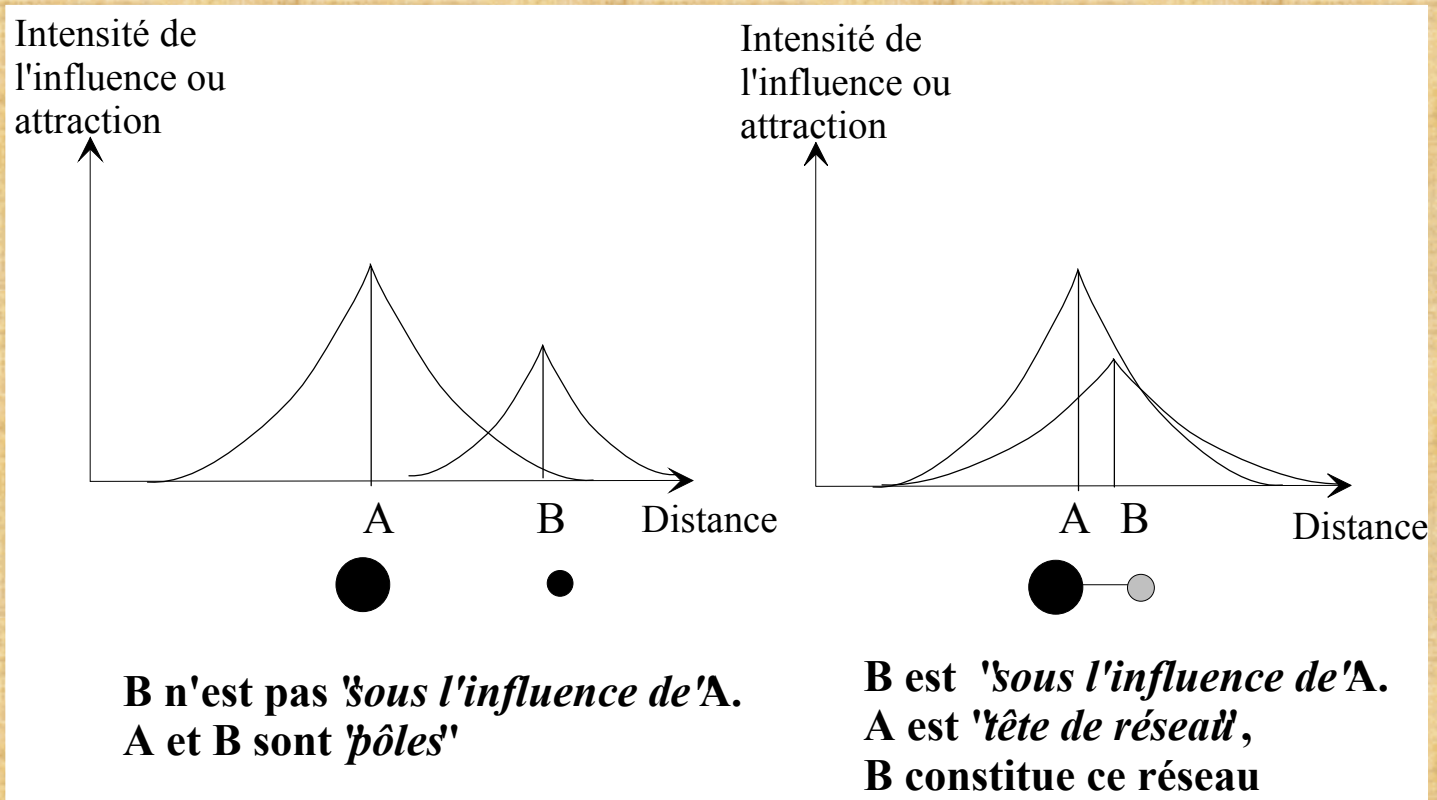
Les simulations de différentes organisations spatiales

Au paramètre α est associé la *portée* du phénomène,
Selon les valeurs choisies, on simule des champs
d'influence de portées variables.

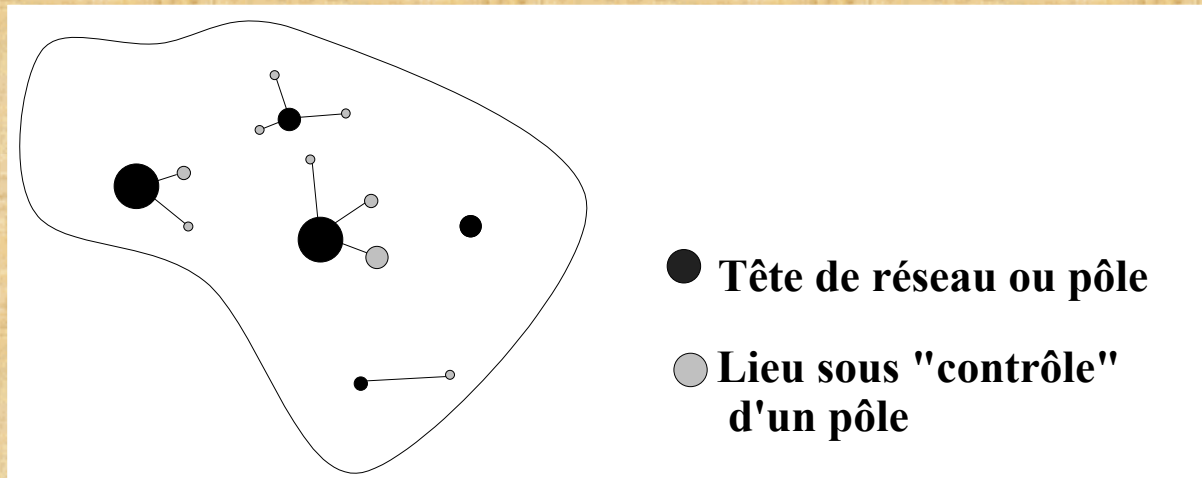
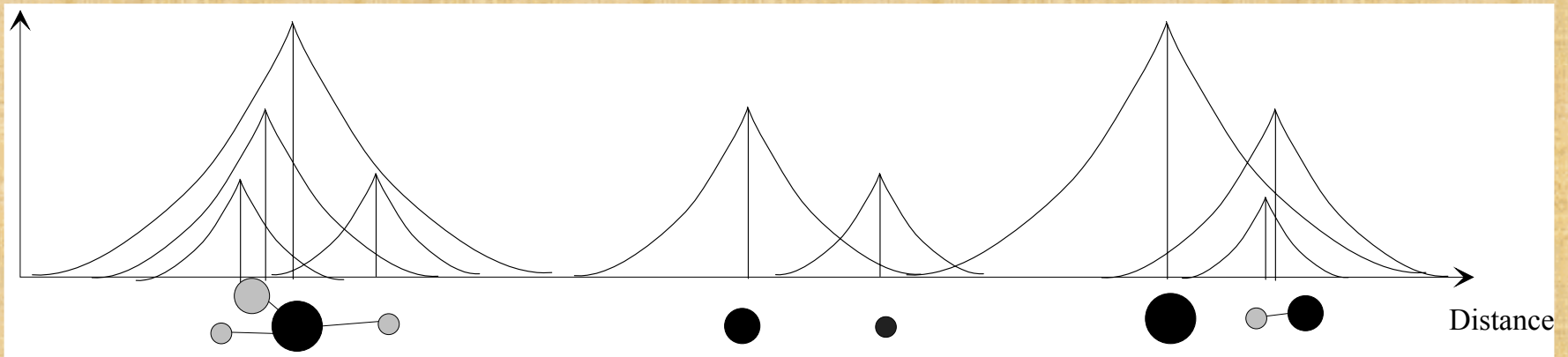
$$f(d_{ij}) = \frac{1}{(1 + \alpha d_{ij}^2)}$$



L'émergence des *pôles* ou *têtes de réseaux*



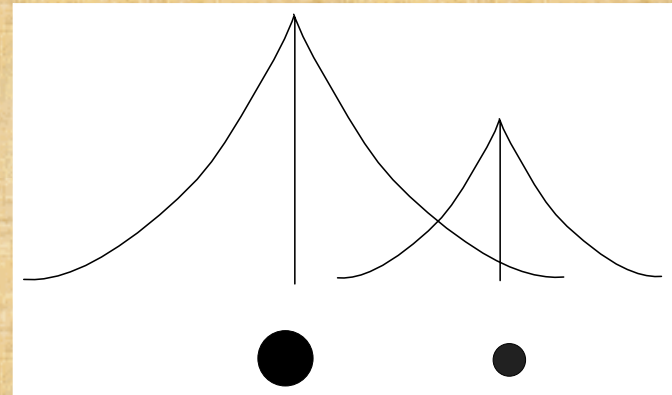
Différentes situations



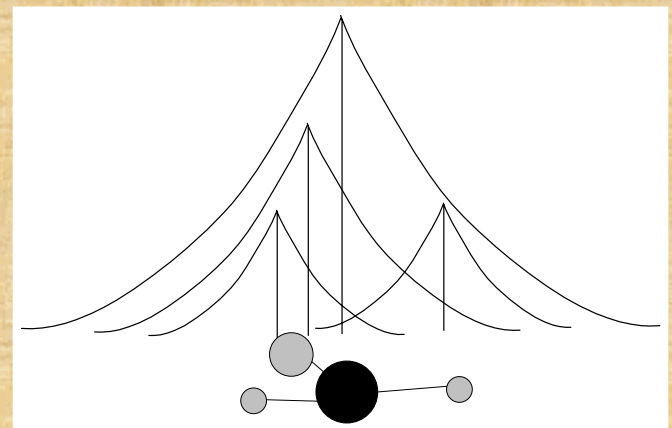
L'algorithme

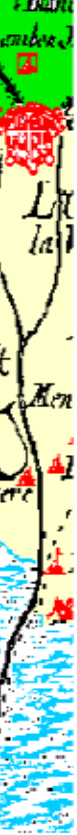
- On cherche pour toutes les unités j , l'unité i_0 telle que $F(i_0, j) = \max_i F(i, j)$

➤ Si $i_0 = j$ alors j est pôle



➤ Sinon j est « dans le réseau de i_0 »









Une application: la modélisation des réseaux d'habitats

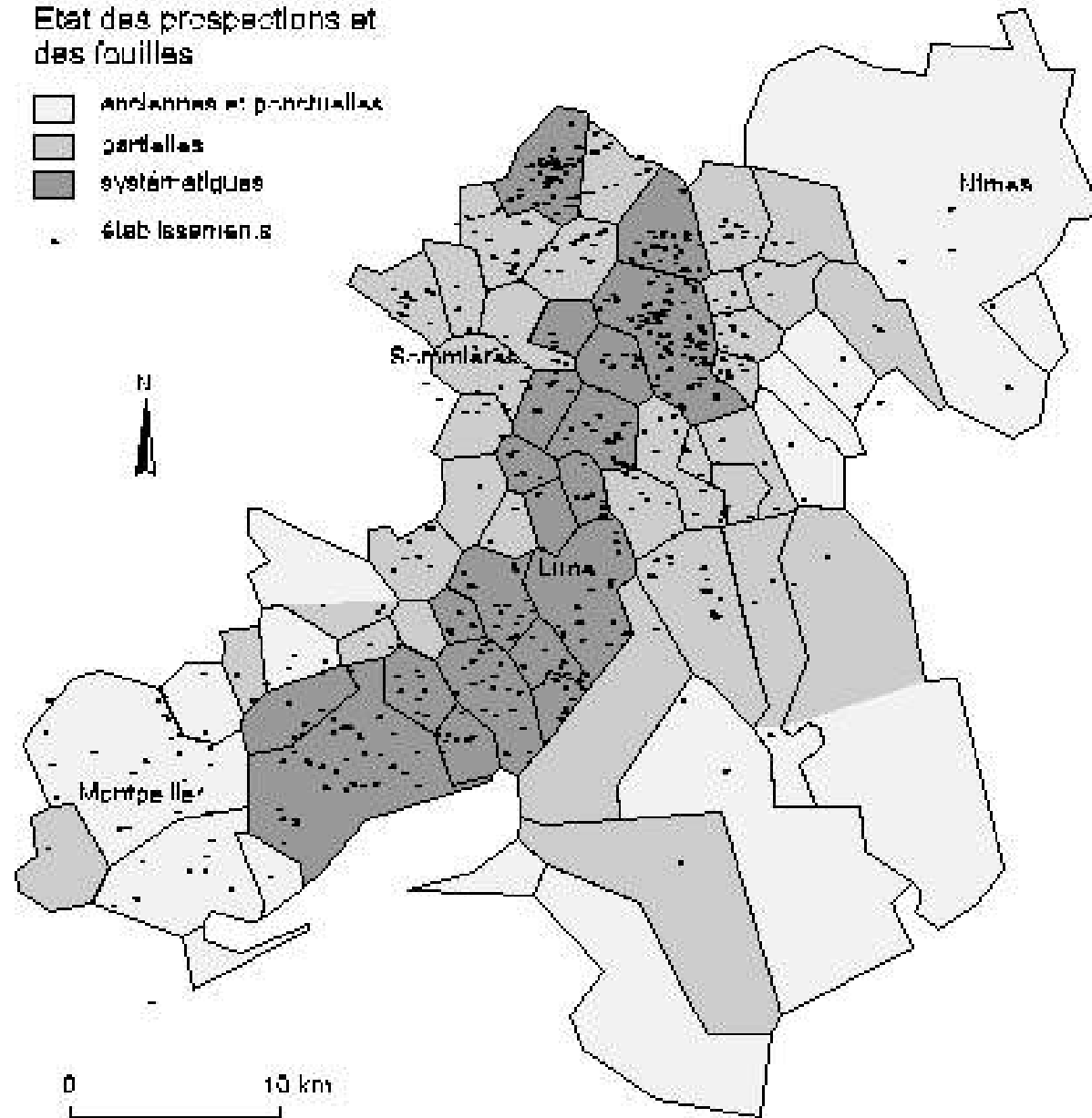
Hélène Mathian, Lena Sanders

François Favory, Claude Raynaud

Les établissements

Etat des prospections et
des fouilles

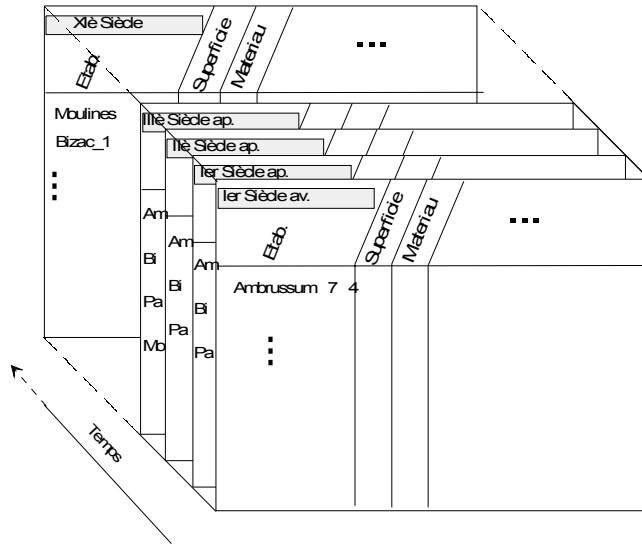
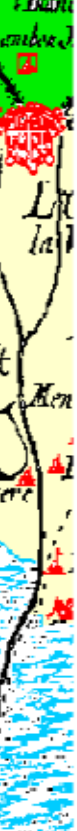
-  andennes et ponctuelles
-  partielles
-  systématiques
-  état isémien.s



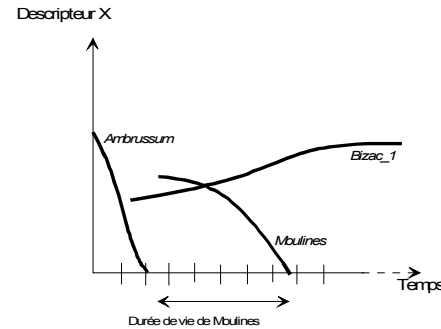
Les descripteurs

| Classes de descripteurs | Descripteurs |
|----------------------------------|--|
| TECHNIQUES ET FONCTIONNELS | <ul style="list-style-type: none">- Matériaux de construction- Mobilier- Activité- Fonction- Superficie |
| CHRONOLOGIQUES | <ul style="list-style-type: none">- Date d'implantation- Durée d'occupation- Occupation antérieure et legs- Statut au XVIIIe (carte de Cassini)- Statut actuel |
| SITOLOGIQUES | <ul style="list-style-type: none">- Topographie- Sol- Altitude |
| SITUATIONNELS | <ul style="list-style-type: none">- Distance à la voirie- Nombre de chemins menant au site- Nombre de liaisons avec les établissements contemporains- Distance au plus proche voisin- Intensité d'occupation dans le voisinage |

Une analyse spatio-temporelle ?



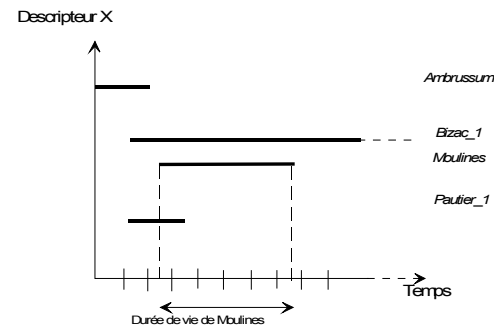
(A)



(A')

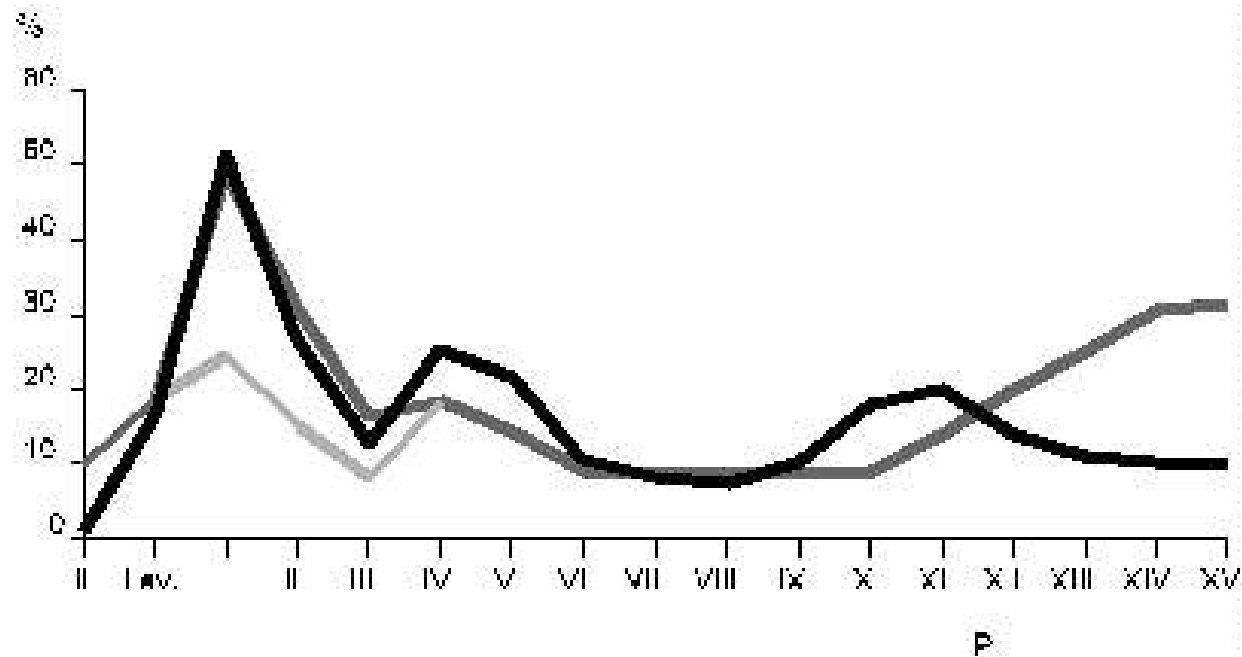
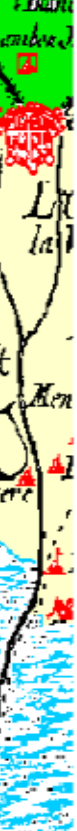
| Etablissements | Date de création | Date de disparition | Superficie | Materiau | ... |
|----------------|------------------|---------------------|------------|----------|-----|
| Ambrussum-300 | 230 | 7 4 | | | |
| Moulines | 350 | 1300.0.8 | 4 | | |
| Bizac_1 | 50 | 1995 | 1.5 | 4 | |
| Pautier_1 | 50 | 500 | 0.1 | 2 | |
| ... | | | | | |

(B)



(B')

Evolution dans le temps

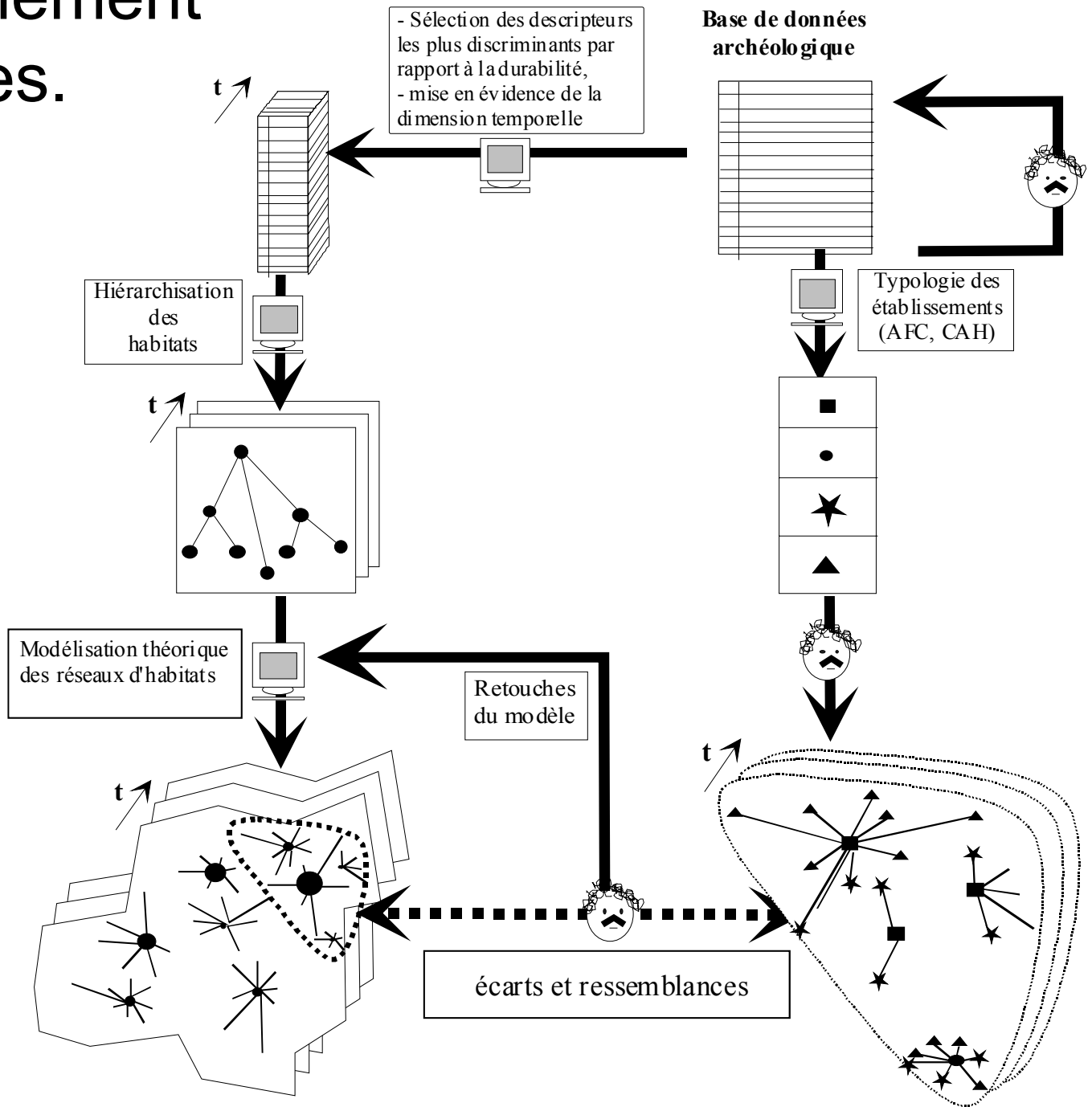


Les valeurs ont été rapportées aux totaux calculés sur l'ensemble de la période

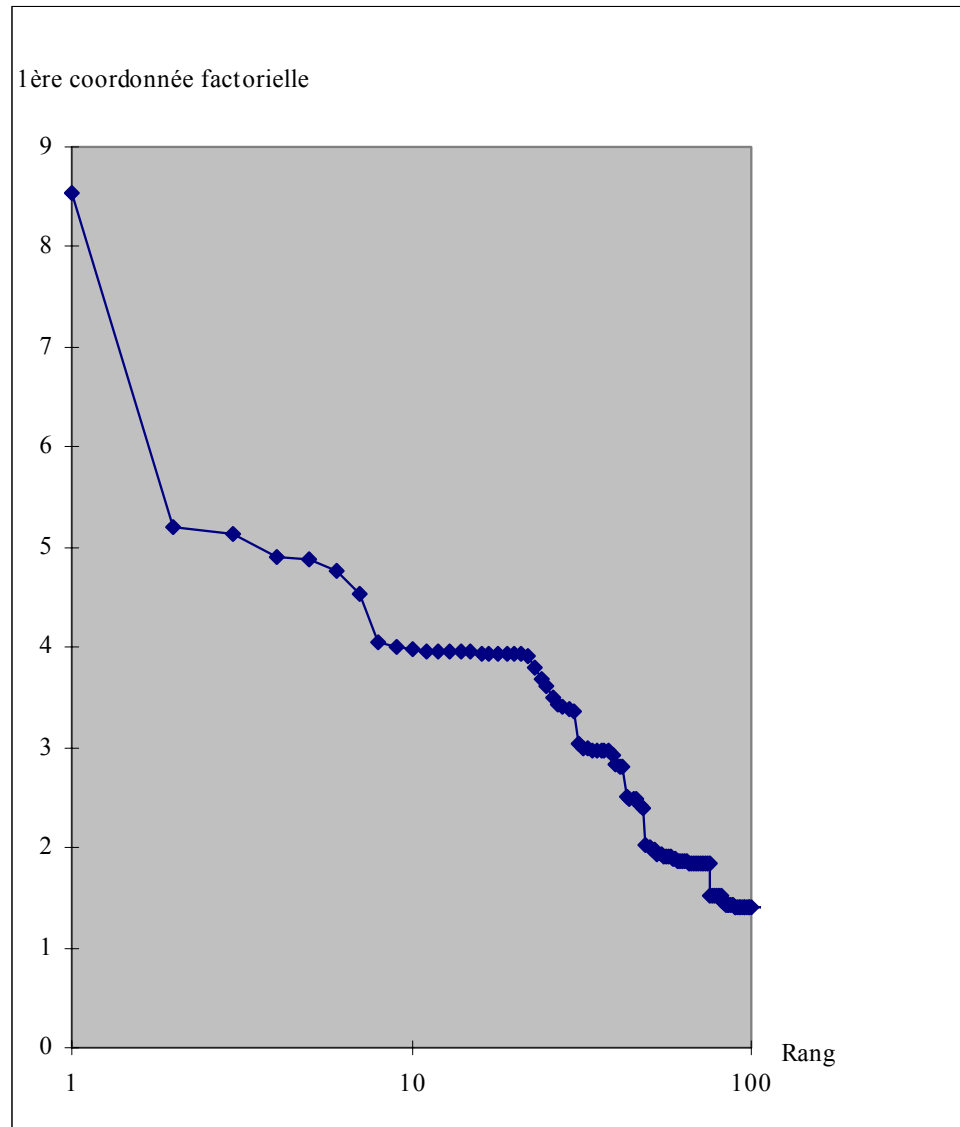
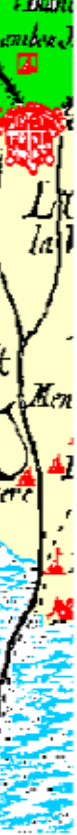
- % des sites occupés (sur 679)
- % de la surface occupée (sur 475 ha)
- % de la surface pondérée

Evolution du nombre d'habitats et de la surface occupée

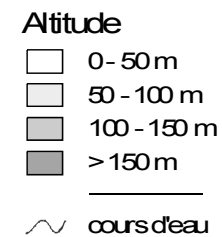
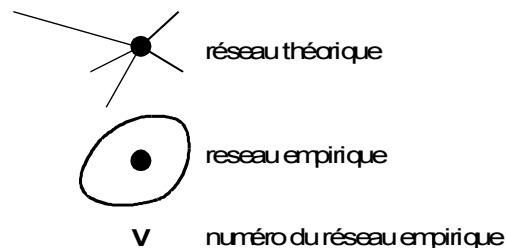
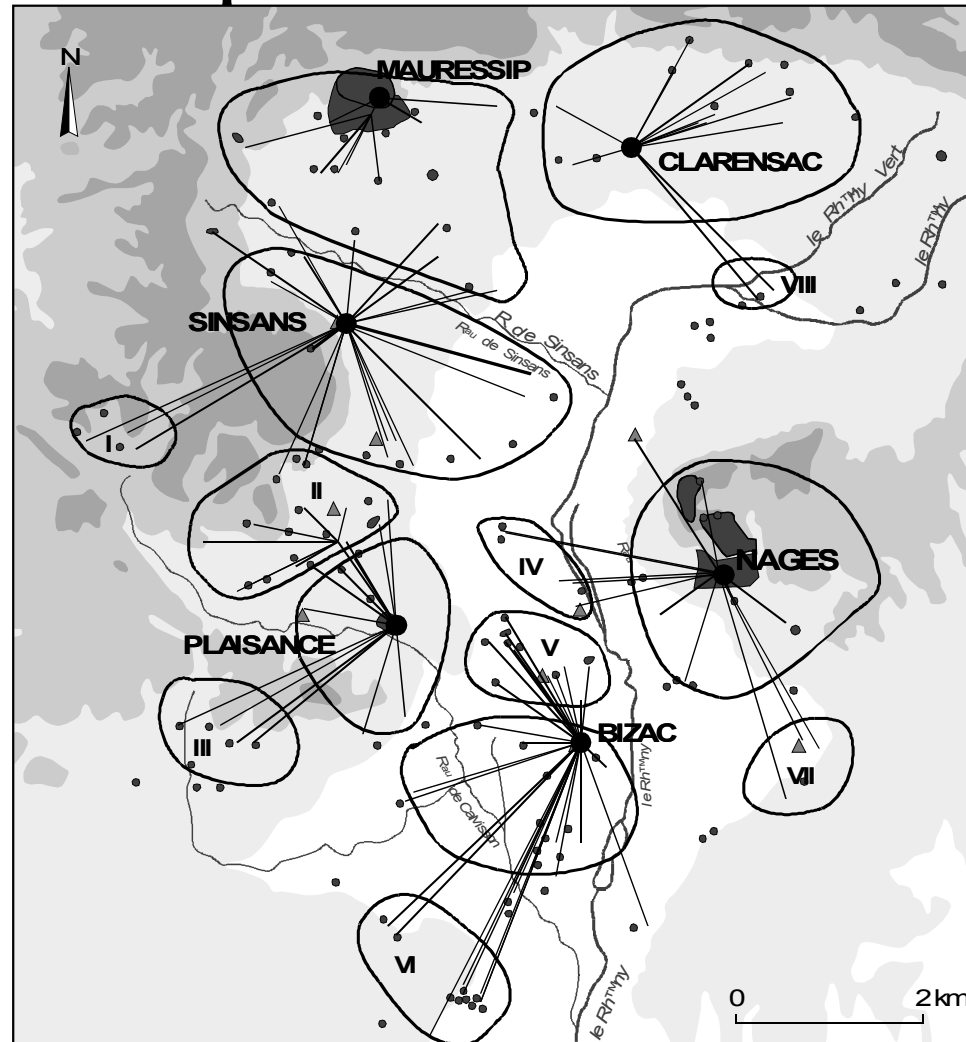
L'enchaînement des étapes.



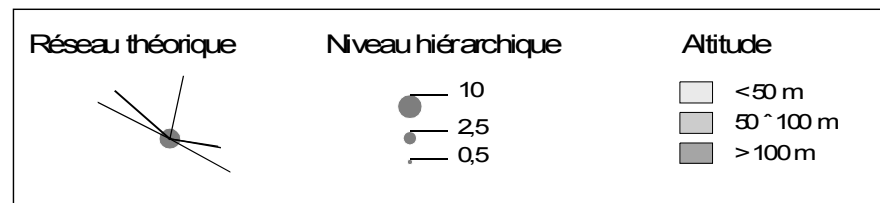
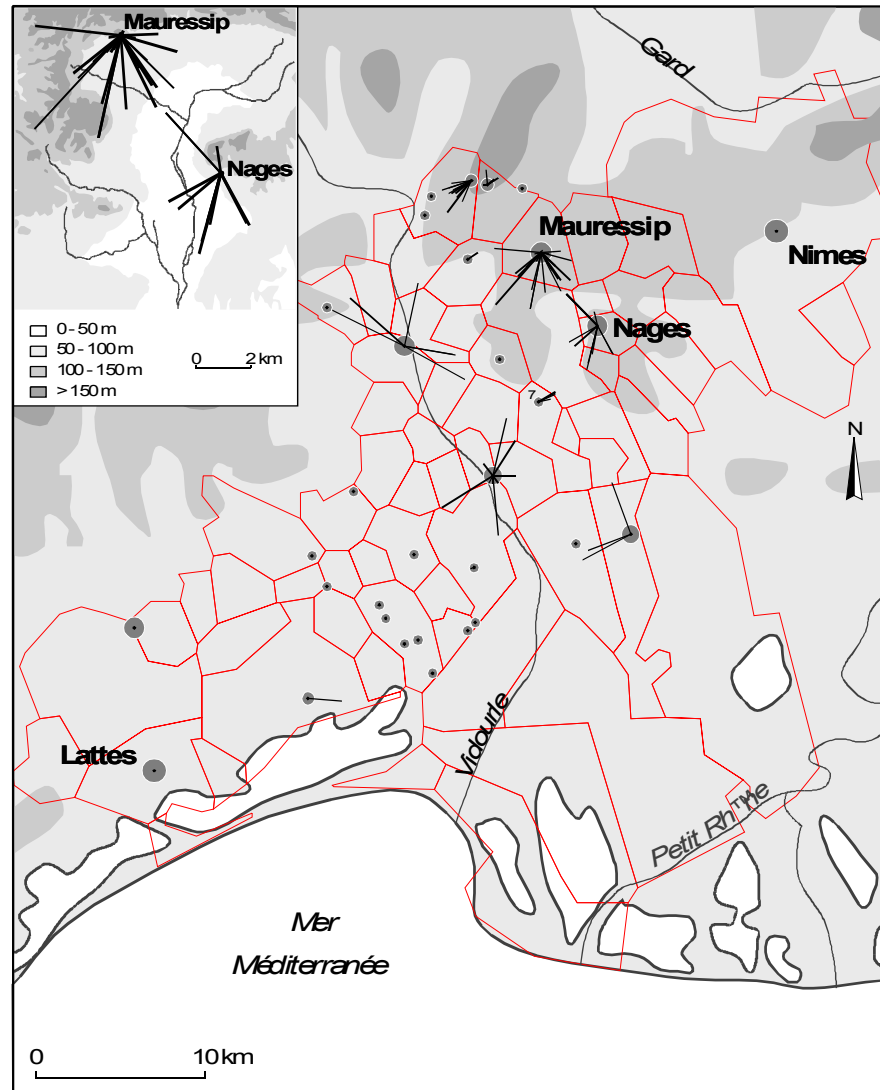
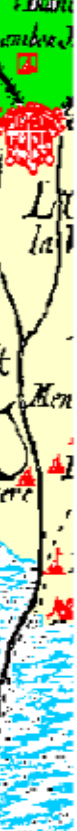
La hiérarchisation des établissements



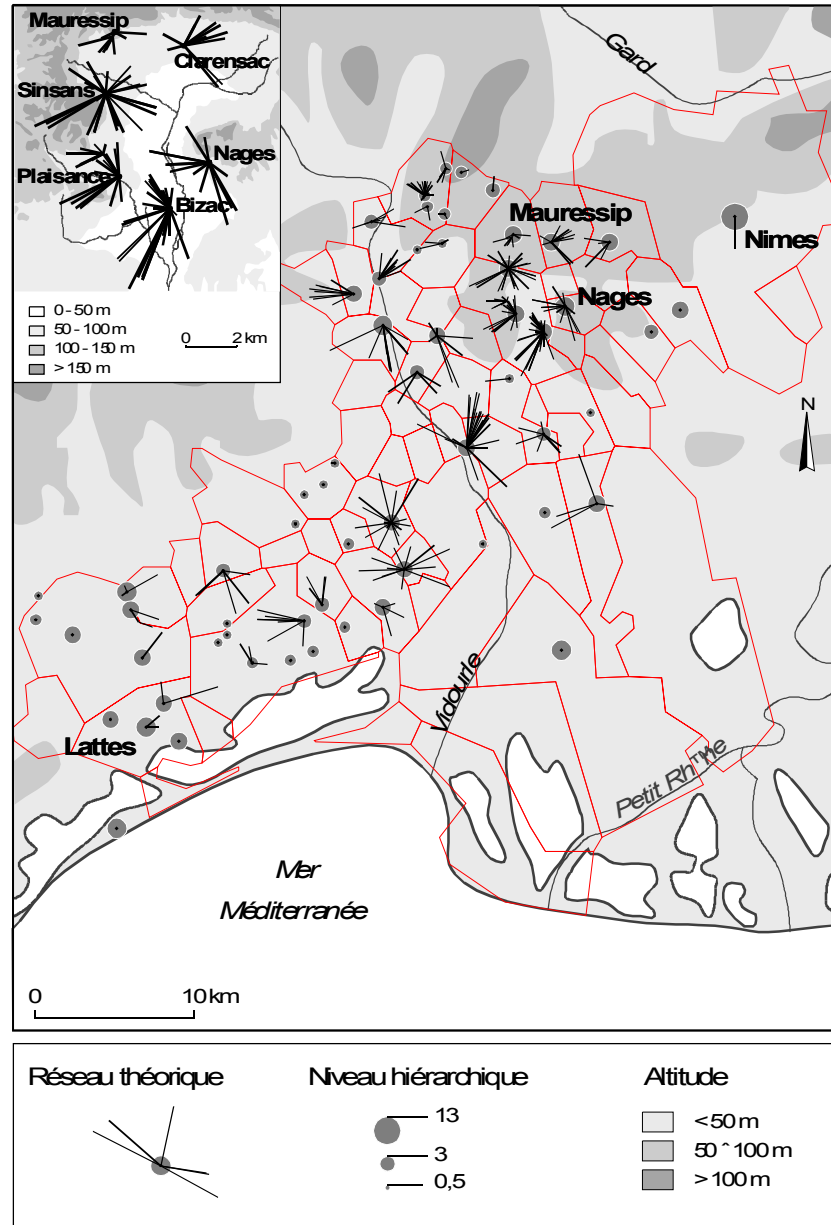
Réseaux théoriques et réseaux empiriques



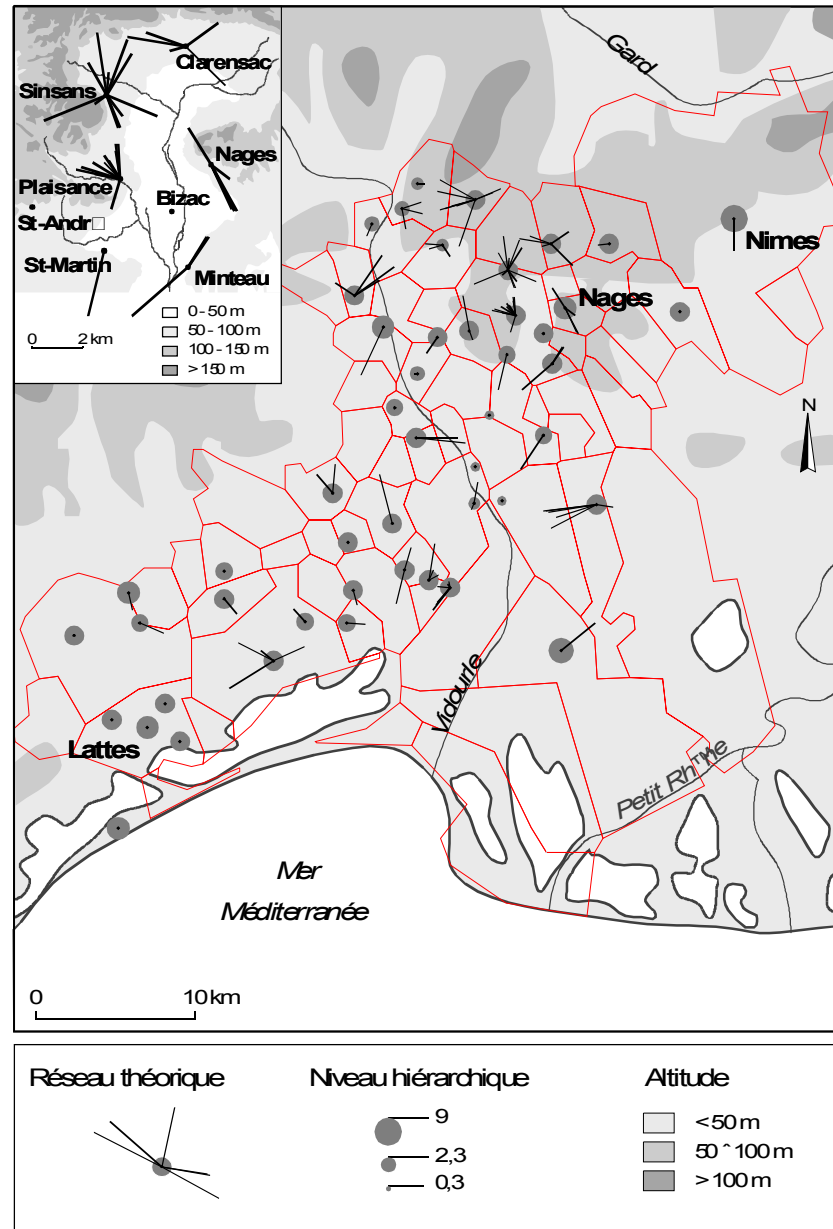
Les réseaux d'habitats théoriques au I^{er} siècle av.



Les réseaux d'habitats théoriques au 1er siècle



Les réseaux d'habitats théoriques au V^e siècle



Les réseaux d'habitats théoriques au XI^e siècle

