

Géographie des pratiques spatiales
hospitalières
dans la région Nord – Pas-de-Calais:
un modèle gravitaire de calculs
d'aires d'attractions hospitalières.

PLAN

I) Problématique, Hypothèse et Objectifs

II) Notre processus de modélisation en 4 phases

III) Discussion

IV) Perspectives de recherche

Problématique

- Est-ce que le recours aux soins est fonction de la géographie et donc des lois connues sur les **distances à parcourir**?
- Peut-on détecter, à travers notre étude des pratiques spatiales, le ou les déterminants de la pratique spatiale pour se rendre à l'hôpital?

Hypothèse

Il existe un lien entre le recours aux soins et la distance d'accès aux soins en Km et/ou en temps, la «loi du moindre effort » devrait être vérifiée d 'après **le concept d 'interaction** pour :

- les établissements de soins hospitaliers **périphériques** (hors CHRU).

Si l 'hypothèse est vérifiée, nous pouvons proposer **un modèle gravitaire**, faisant analogie à la loi de Newton, et l 'appliquer dans le cadre de notre processus de modélisation.

Objectifs

- Nous cherchons à **valider notre modèle gravitaire** à travers les pratiques spatiales hospitalières
- Nous cherchons à élaborer un modèle théorique, **objectif**, permettant de simuler l'attraction hospitalière par spécialité et pôle hospitalier. Les simulations montrent des **création ou fermeture** de pôles hospitaliers.
- Outil **d'aménagement du territoire sanitaire** proposé au vu des pratiques spatiales hospitalières existantes et probables (demandes et offres de soins) pour une meilleure qualité de soins

Loi Universelle : l'attraction entre deux corps est inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare

- **Formule : modèle déductif**

$$I_{ij} = \frac{M_i * M_j}{d_{ij}^2}$$

Où

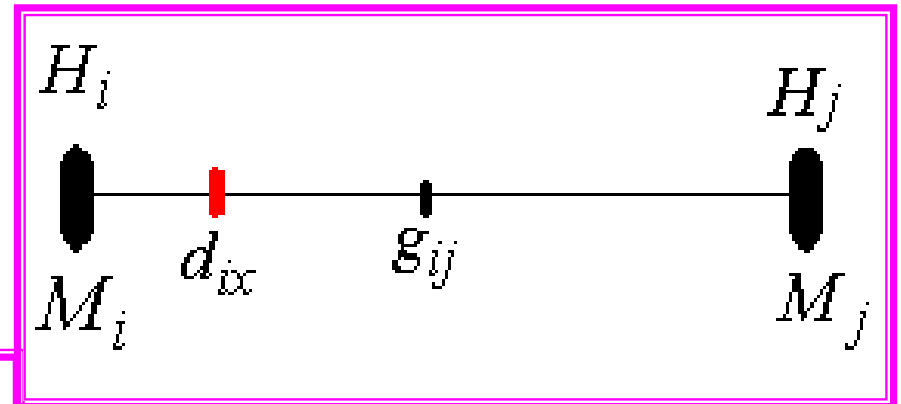
- ***i*** et ***j*** deux indices représentatifs de deux corps,
- **I_{ij}** est l'interaction entre les corps ***i*** et ***j***
- **M_i** et **M_j** les masses des deux corps,
- **d_{ij}** la distance qui les sépare.

Formule de Reilly

$$d_{ix} = \frac{d_{ij}}{\left(1 + \sqrt{\frac{M_j}{M_i}}\right)}$$

Où

- d_{ix} = “ point d'équilibre ”
appelé aussi “ point d'égale
attraction ” entre deux
établissements hospitaliers.



- *Notre modèle = affinement de la formule de Reilly par pondérations observée (expertise géographique) et théorique (mathématique)*

Notre modèle pondéré

1- Point d'équilibre pondéré observé : basé sur l'expertise géographique à partir de la BD régionale 1999 hospitalière

$$d(H_i, b_{o(i,j)}) = \frac{d(H_i, H_j(x,y))}{1 + \sqrt{\frac{M_j * P_{oj}}{M_i * P_{oi}}}}$$

Où

$d(H_i, b_{o(i,j)})$ = distance d'égale attraction de H_i , au point d'équilibre $b_{o(i,j)}$

x, y coordonnées des établissements H sur une carte rapportée à 1 repère orthonormé classique

$d(H_i, H_j(x,y))$ distance euclidienne entre H_i et H_j .

M = effectif des lits d'un établissement H

P_o = population démographique de H issue des cantons ou BP attirés par H et rapportée à la population régionale.

2- Point d'équilibre **pondéré théorique** : basé sur le calcul mathématique.

$$d(H_i, b_{e(i,j)}) = \frac{d(H_i, H_{j(x,y)})}{1 + \sqrt{\frac{M_j * Pe_j}{M_i * Pe_i}}}$$

Où

$d(H_i, b_{e(i,j)})$ =
distance d'égale
attraction de H_i , au
point d'équilibre
 $b_{e(i,j)}$

Pe = population
démographique de H
calculée d'après les
Voisins Relatifs ou **K-**
Means et rapportée à la
population régionale.

Modèle théorique prévu
pour la simulation à
condition que notre
hypothèse est
validée... 'loi du
moindre effort '

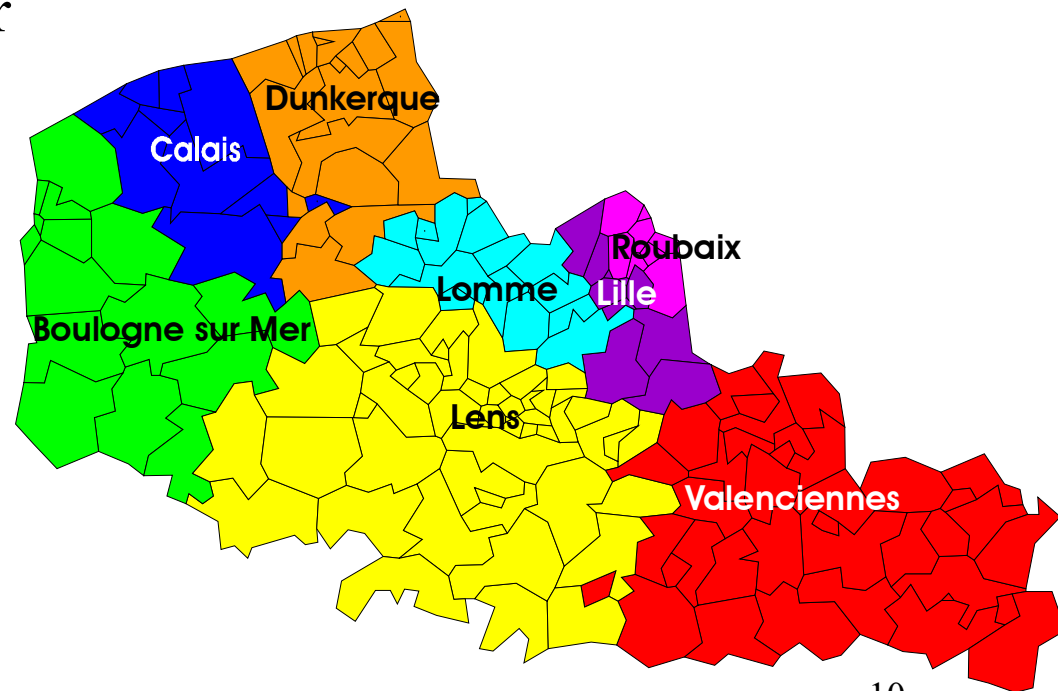
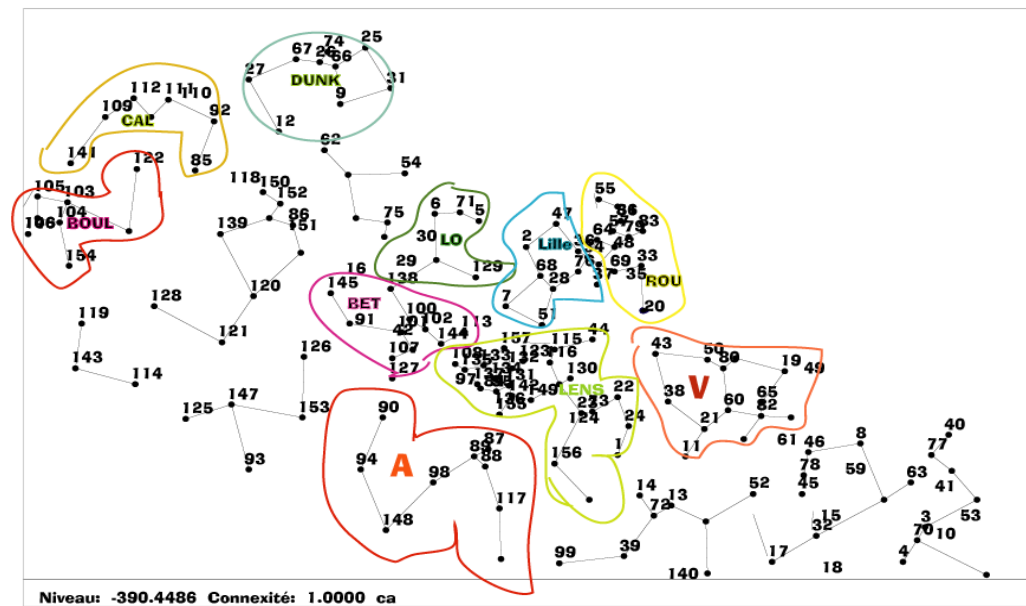
Algorithmes (distances euclidiennes) - Pondération P_e

1) Les groupements hiérarchiques, agglomératifs et séquentiels

- Exemple de groupement par les **Voisins Relatifs**

2) Les groupements non hiérarchiques :

- Exemple la méthode de MacQueen (1967) : **K-Means** ou méthode de Diday (1971) des **Nuées Dynamiques**



METHODE : Processus de modélisation des pratiques spatiales hospitalières

**Présentation de deux applications à travers deux
spécialités médico-chirurgicales** aux caractéristiques
différentes

en région NPDC

1- L 'Hématologie clinique adulte
(Cartographie : maille des cantons '157')

2- La traumatologie-orthopédie, GHM 295 - Prothèse
Totale de Hanche (PTH)
(Cartographie : maille des BP PMSI '387')

Processus de modélisation en 4 phases

Phase 1 : observation de l'attraction hospitalière régions Nord - Pas-de-Calais et Picardie : cartographie aux mailles des cantons et bureaux postaux PMSI,

Phase 2 : modèle mathématico-géographique pondéré de calcul d'aire d'attraction par pôle et spécialité,

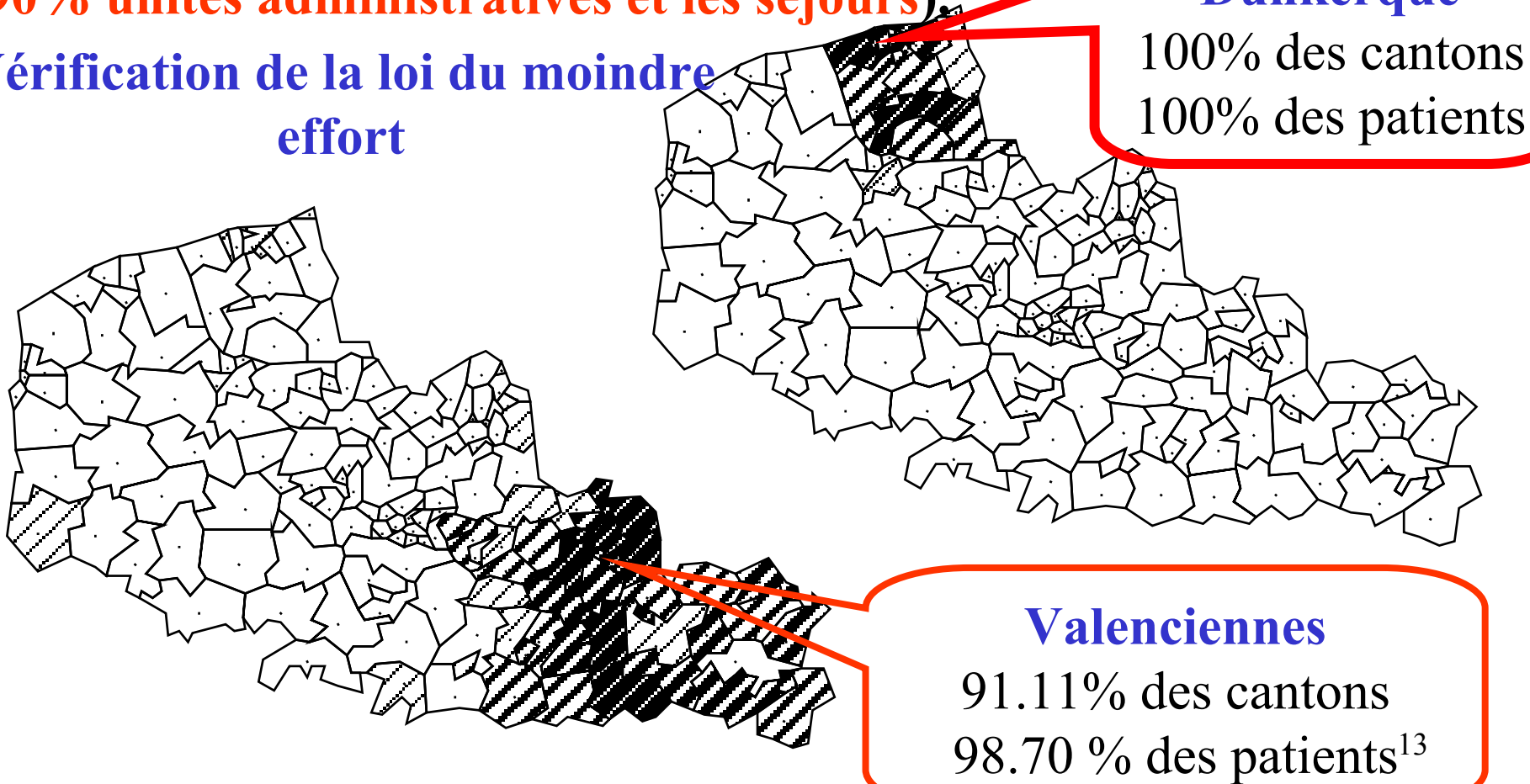
Phase 3 : comparative entre l'attraction observée et l'attraction issue du modèle théorique,

Phase 4 : simulation par création ou fermeture d'un service et prédiction de l'évolution des pratiques spatiales hospitalières par spécialité.

Modélisation phase 1 : observation de l'attraction

Recherche d'une attraction de proximité par pôle, dont la majorité des **cantons ou BP** attirés, doivent être contigus entre-eux. Seuils empiriques (**95% patients**), (**90% unités administratives et les séjours**).

Vérification de la loi du moindre effort



Dunkerque

100% des cantons
100% des patients

Valenciennes

91.11% des cantons
98.70 % des patients¹³

Modélisation phase 2 : équation pondérée

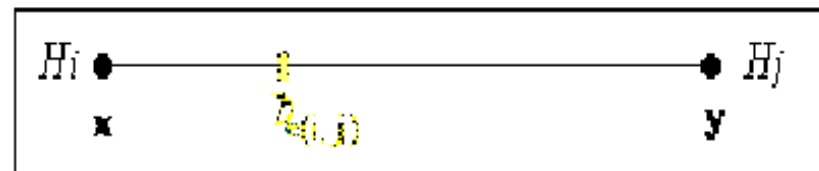
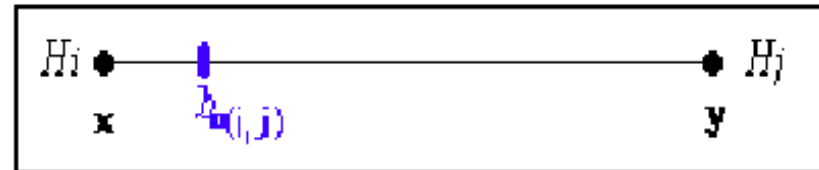
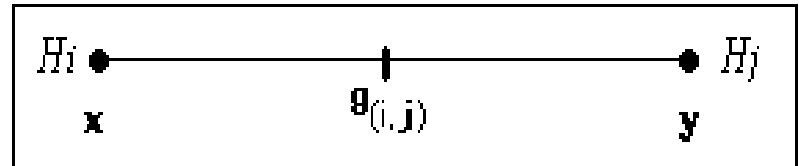
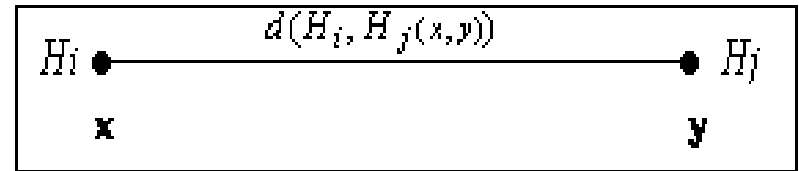
- Distance euclidienne $d(H_i, H_j(x,y))$
- Centre de gravité $g(i,j)$

Modèle observé

- Point d'équilibre $b_o(i,j)$
pondération **observée**

Modèle théorique

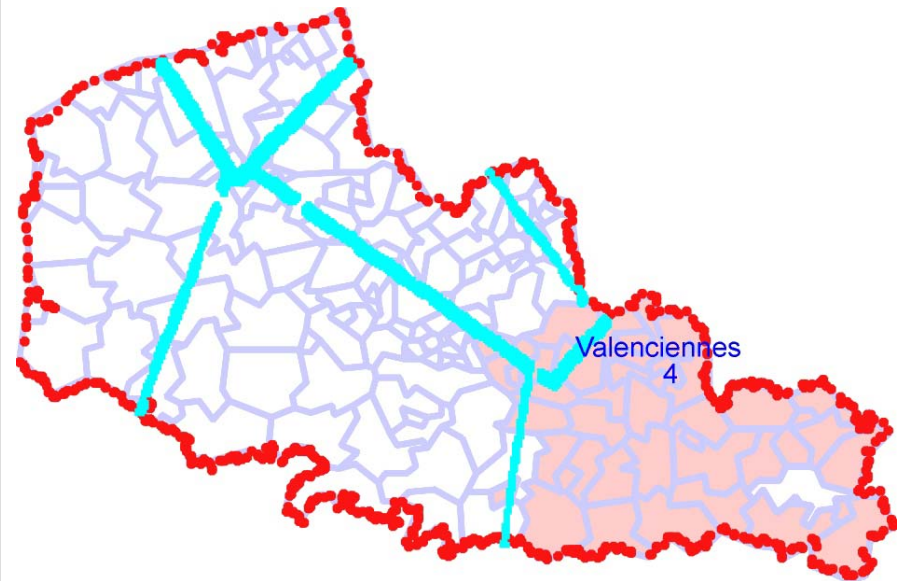
- Point d'équilibre $b_e(i,j)$
pondération **estimée**



Modélisation phase 3 : validation du modèle par l'observation

Comparaison par superposition des cartes de l'attraction observée et du dessin de modèle observé construit d'après l'équation

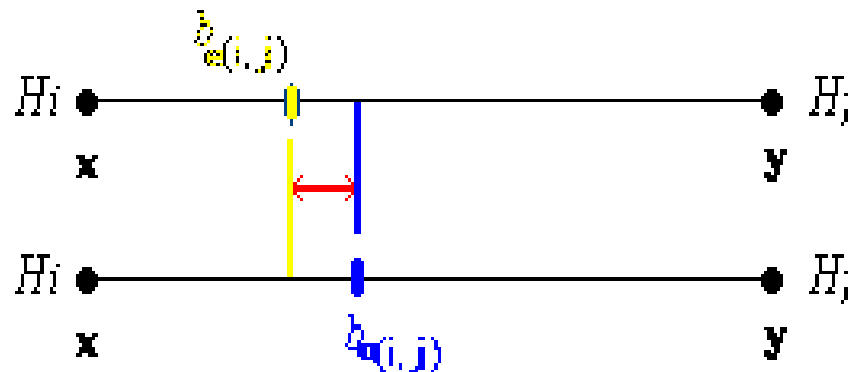
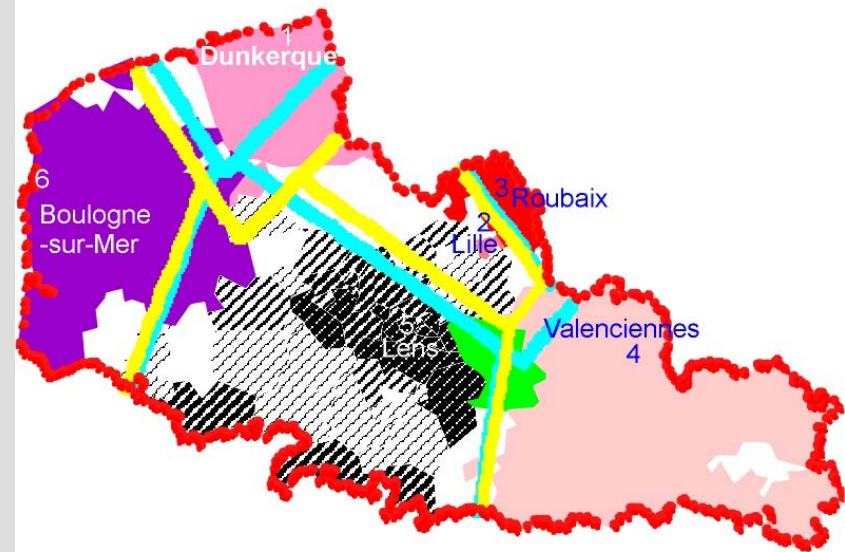
Ce tracé (bleu) calculé à partir des points d'équilibre observés $b_{o(i,j)}$ permettra ensuite le calcul du coefficient d'attraction avec le tracé théorique (jaune)



Modélisation phase 3 : validation du modèle théorique en rapport au modèle observé

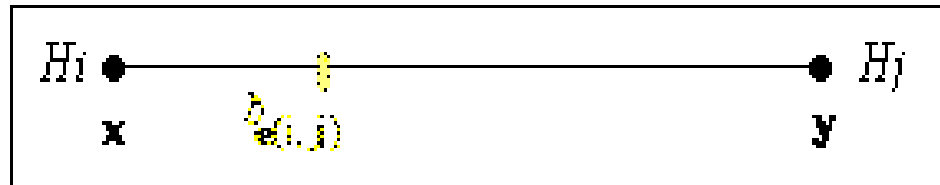
Les différences entre les distances observées et estimées au point d'équilibre déterminent un coefficient dit d'attraction, '+', '-' ou '='

- Si $d(H_i \text{ bo}(i,j)) > d(H_i \text{ be}(i,j))$ alors **l'attraction observée est plus forte** que celle prévue.
- Si $d(H_i \text{ bo}(i,j)) < d(H_i \text{ be}(i,j))$ alors **l'attraction observée est moins forte** que celle prévue.
- Si $d(H_i \text{ bo}(i,j)) = d(H_i \text{ be}(i,j))$ alors **l'attraction observée est équivalente** à celle prévue.



Modélisation phase 4 : simulation par création ou suppression de pôles hospitaliers

- **Phase de simulation** entraîne le calcul de distance estimée au point d'équilibre pondéré estimé $b_{e(i,j)}$ dans le cadre d'une création (**données fictives**)
- **on ajoute ou l'on supprime** un ou plusieurs pôles : ce qui entraîne de réitérer les calculs des distances d'équilibre estimées fermeture d'un pôle hospitalier et/ou service



RESULTATS EN
HEMATOLOGIE CLINIQUE

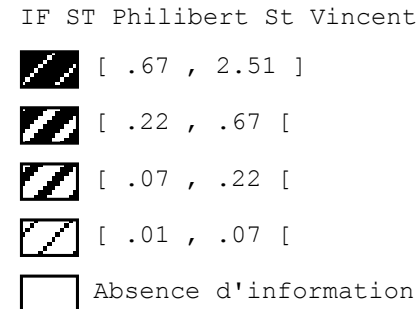
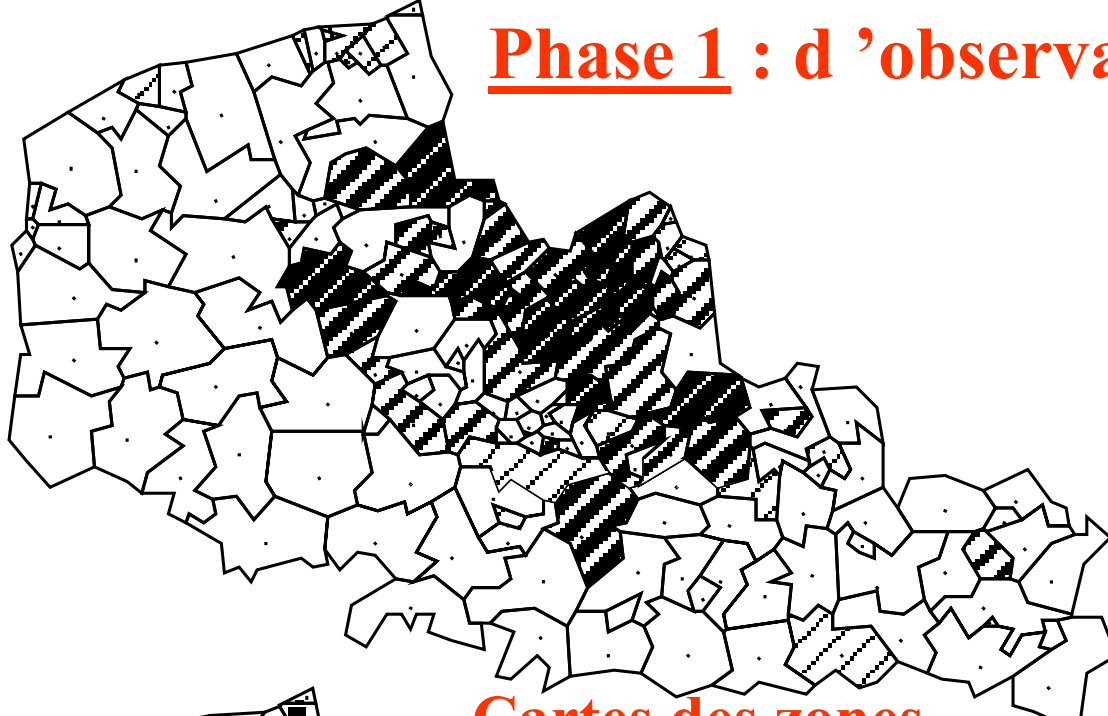
PHASES 1 à 4

Tableaux d'effectifs des individus géographiques, des séjours et patients issus des bases de données en Hématologie clinique

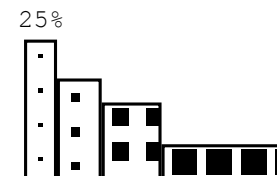
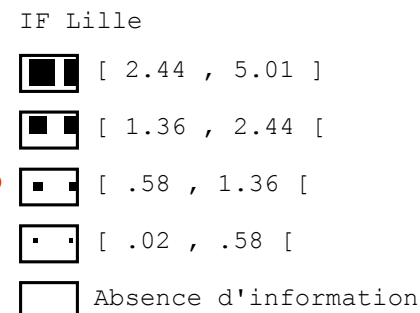
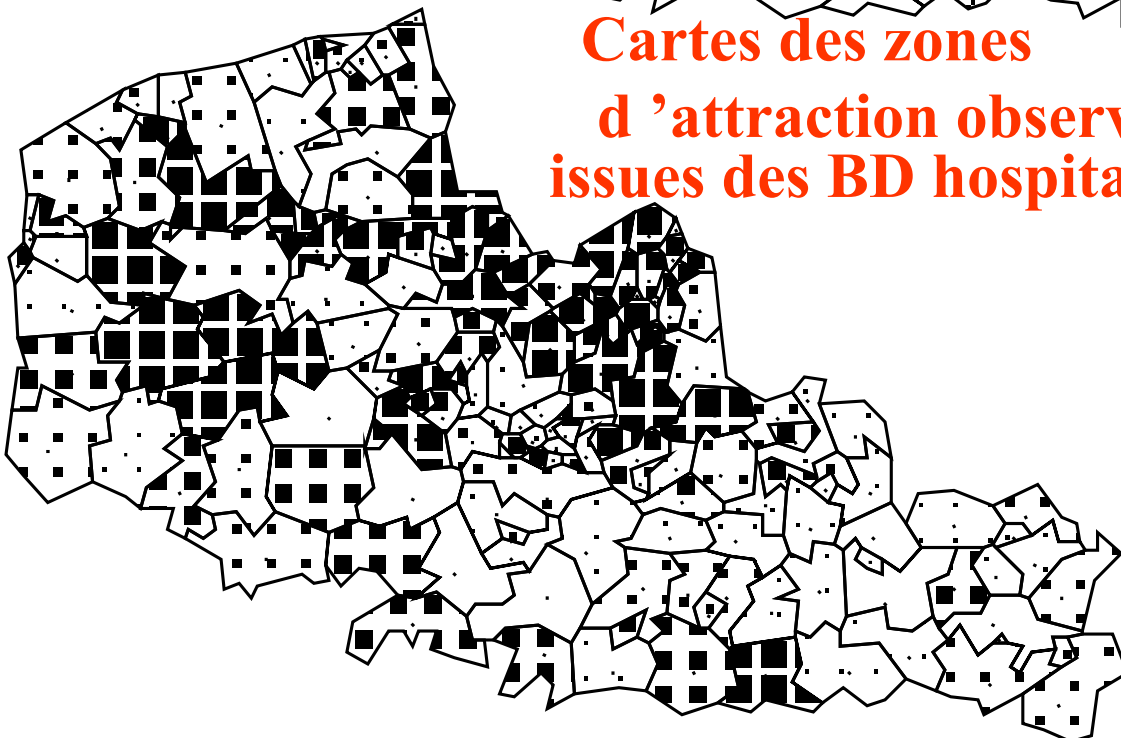
poles	polelib	Lits	ETS	Cantons	sejours	patients	P	CANTONS Z	% cantons
1	Dunkerque	10	1	13	907	284	300393	13	100,00
2	Lille	63+8	2	140 et 56	5949+1006	919+449	5842588	xx	#VALEUR!
3	Roubaix	8	1	35	1984	326--303	1345841	13	92,86
4	Valenciennes	18	1	45	1910	307	1201189	41	91,11
5	Lens	10	1	54	1372	250	1283048	51	94,44
6	Boulogne sur Mer	12	1	24	809	267	690943	20	83,33
poles	polelib	ATIENS	% patient	POP Z	CANTONS HZ	PATIENS HZ	POP HZ		
1	Dunkerque	284	100,00	300393	0	0	0		
2	Lille	xx	#VALEUR!	xx	xx	xx	xxx		
3	Roubaix	303	100,66	419850	1	2	42260		
4	Valenciennes	303	98,70	1026320	4	4	174869		
5	Lens	246	98,40	1202307	3	4	80741		
6	Boulogne sur Mer	263	98,50	402506	4	4	277464		

Phase 1 : d'observation

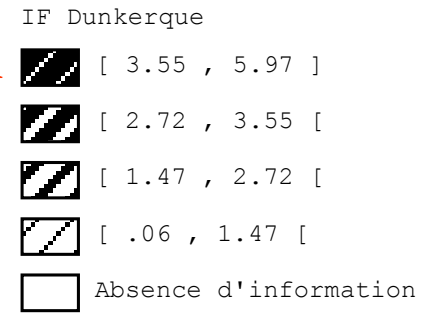
Phase 1 : d'observation



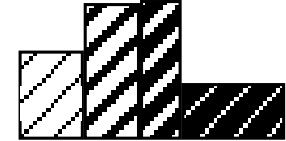
Cartes des zones d'attraction observées issues des BD hospitalières



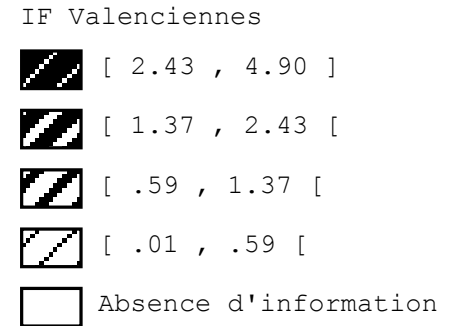
Phase 1 : d'observation



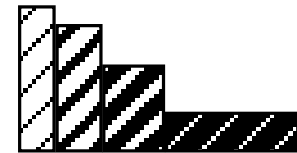
23.07%



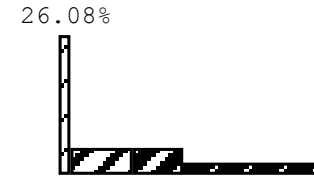
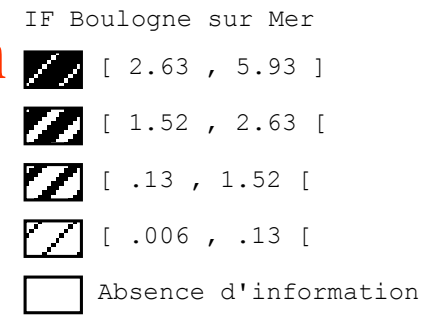
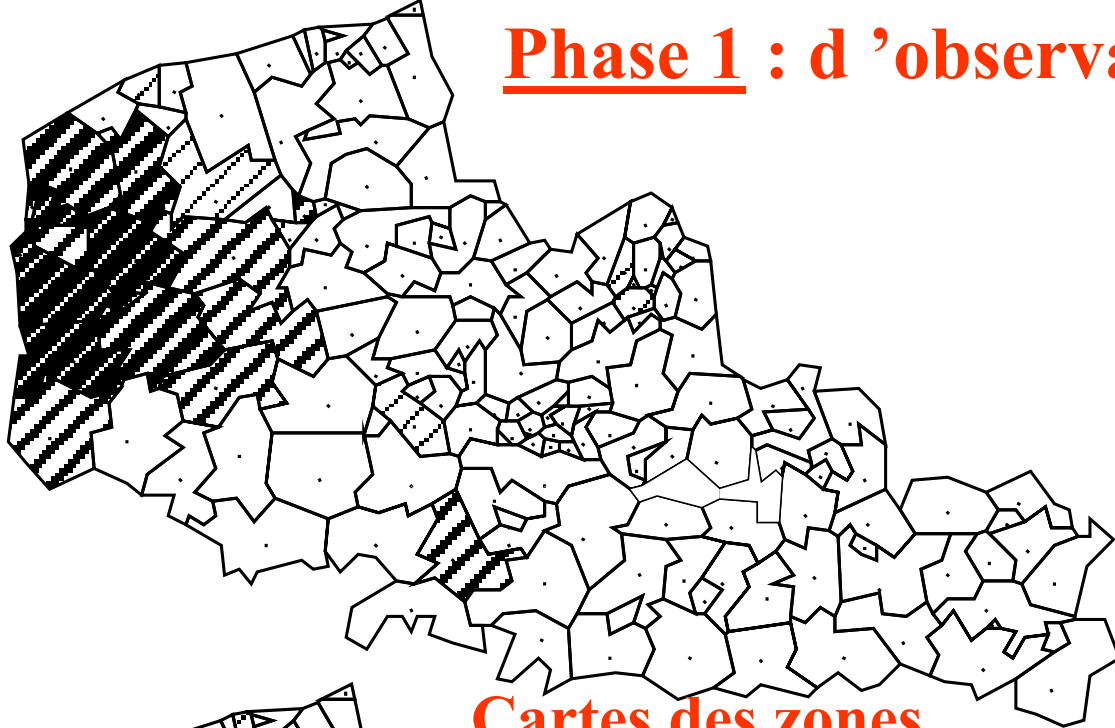
Cartes des zones d'attraction observées issues des BD hospitalières



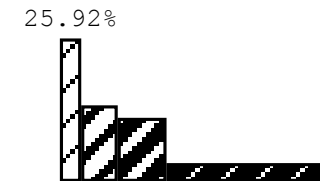
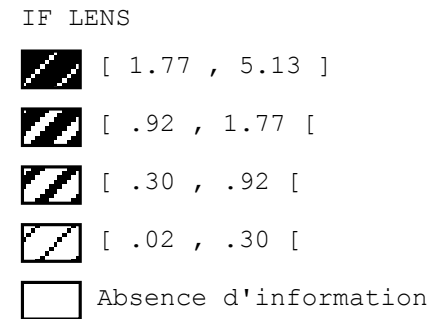
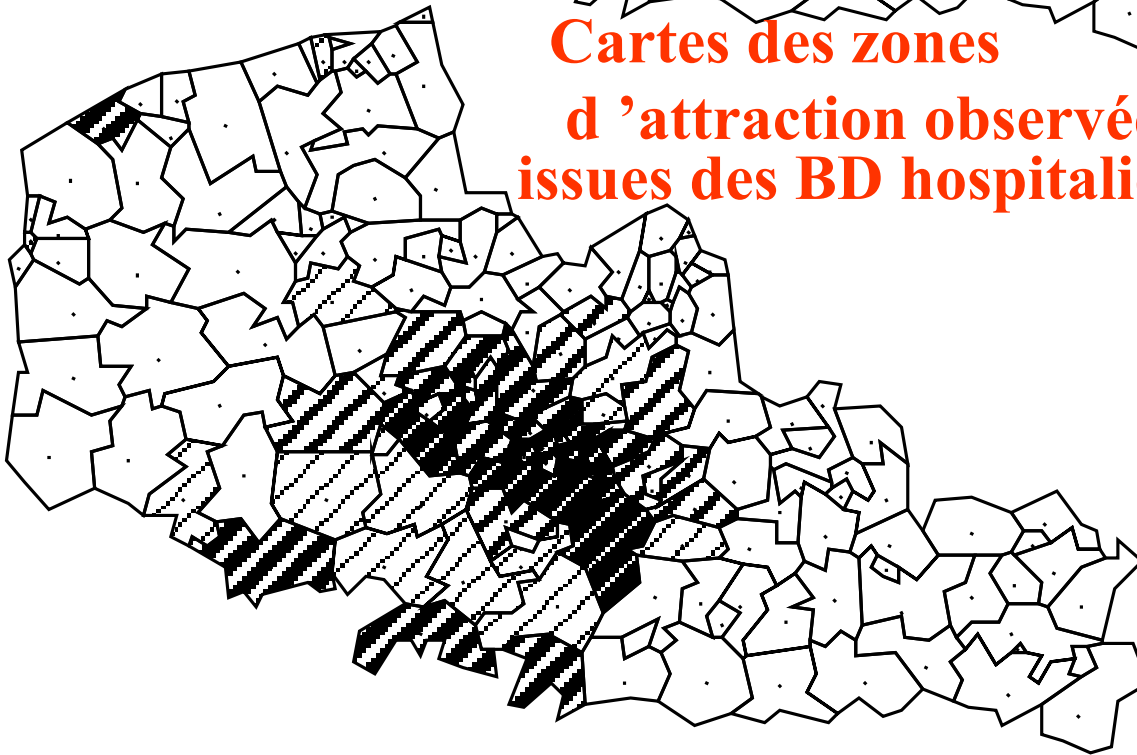
24.44%



Phase 1 : d'observation

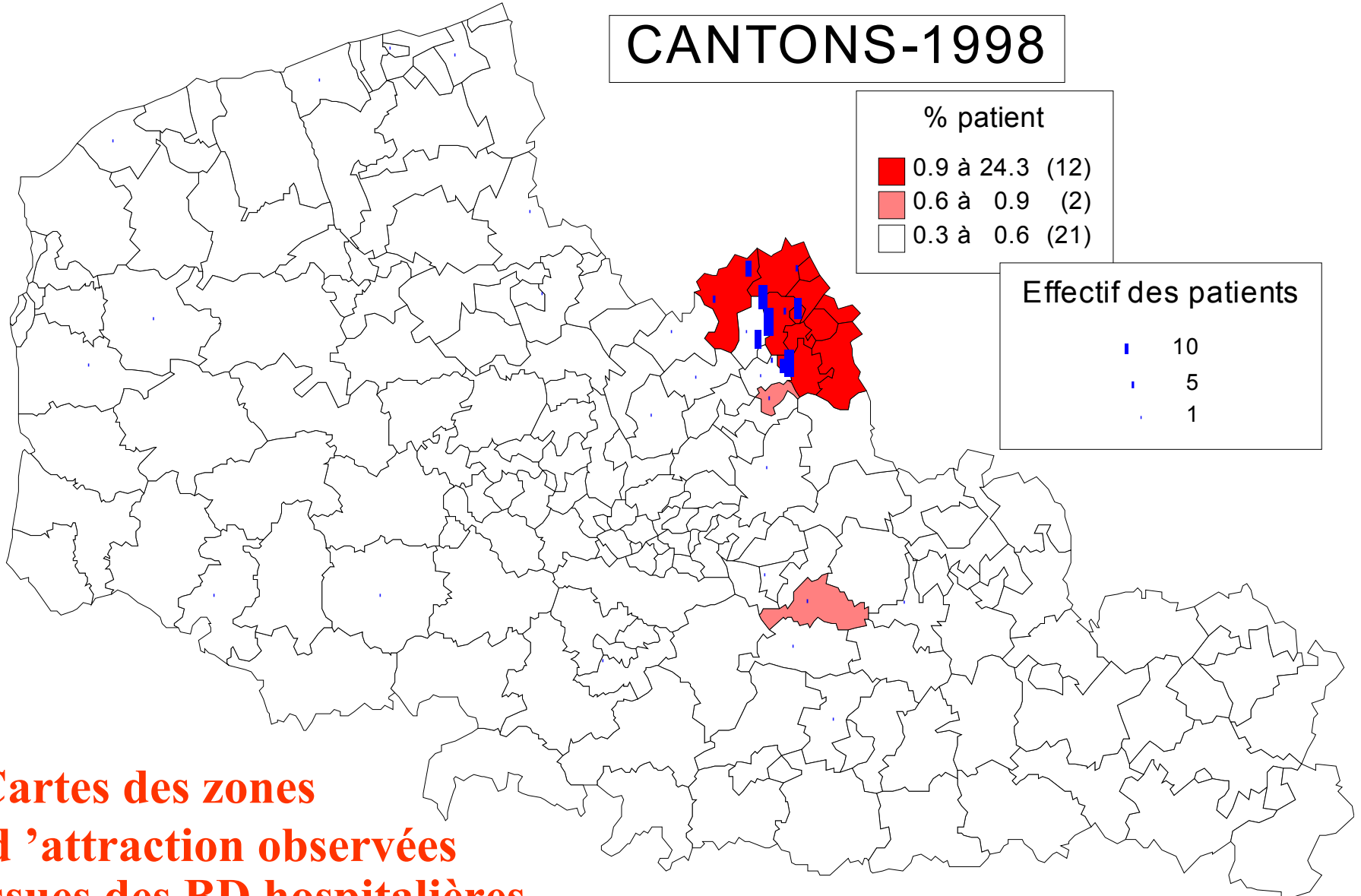


Cartes des zones d'attraction observées issues des BD hospitalières

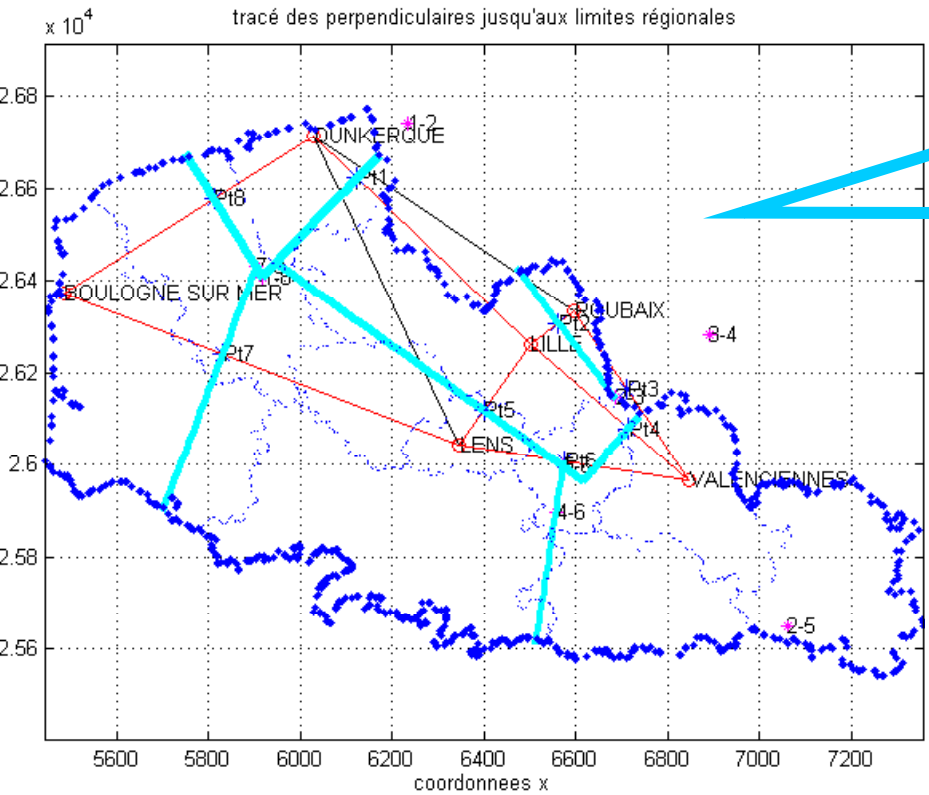


Phase 1 : d'observation

CANTONS-1998



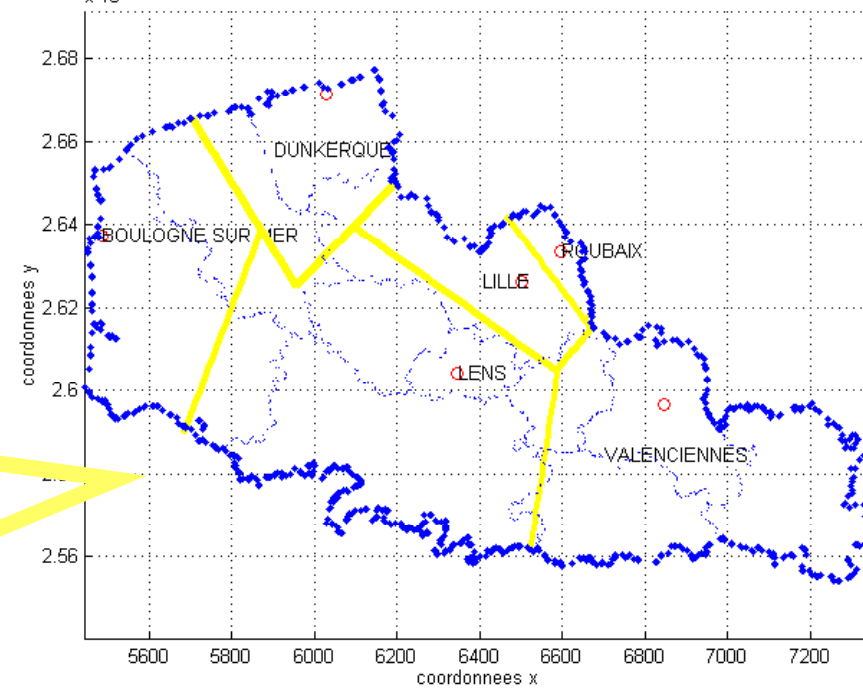
**Cartes des zones
d'attraction observées
issues des BD hospitalières**



Modèle observé

$$d(H_i, bo_{(i,j)}) = \frac{d(H_i, H_j(x,y))}{1 + \sqrt{\frac{M_j * P_{0j}}{M_i * P_{0i}}}}$$

Aires d'attraction - Modèle P chapeau (pondération K-Means) - 6 pôles pour 7 états

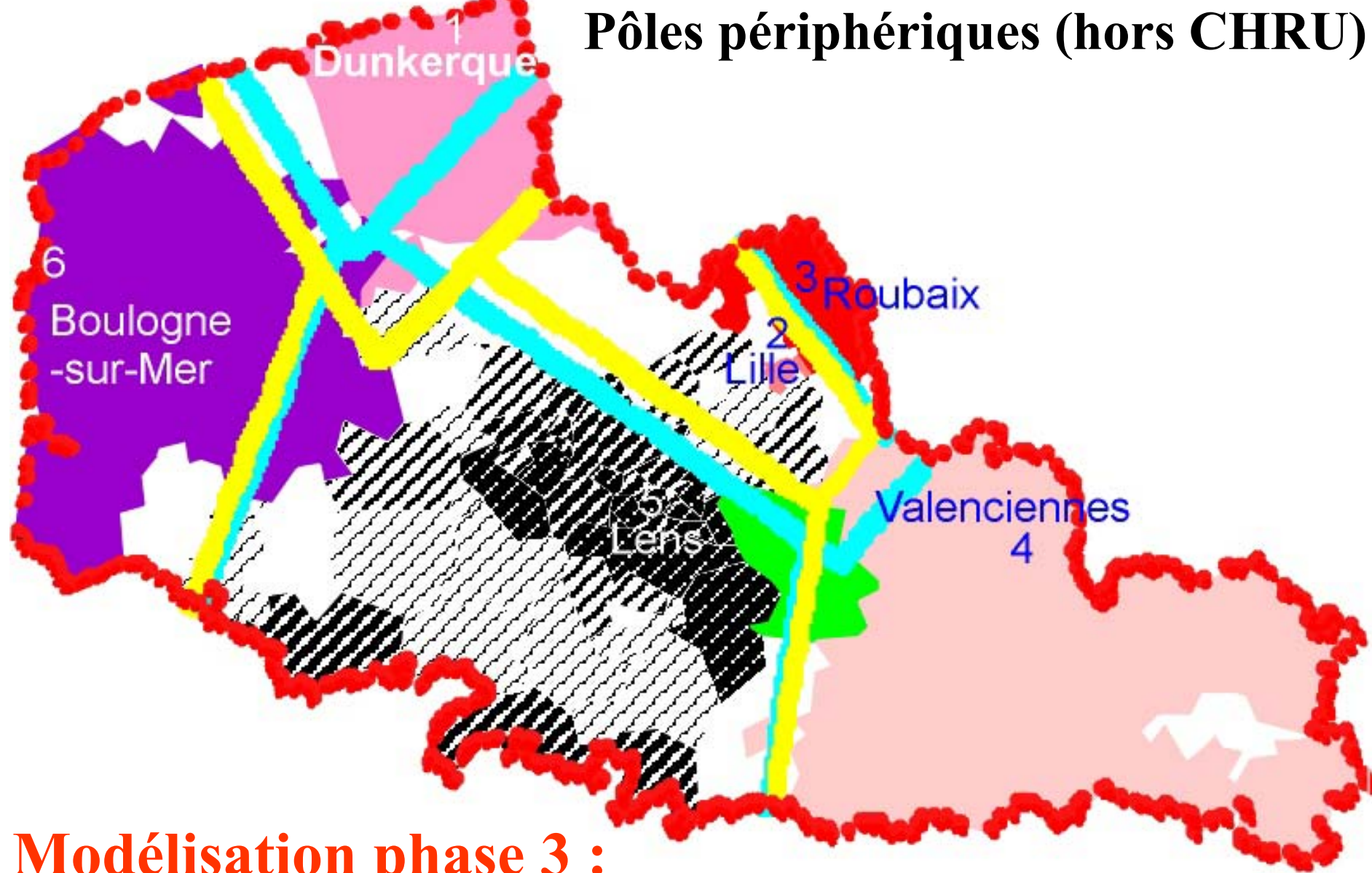


Modèle théorique

$$d(H_i, be_{(i,j)}) = \frac{d(H_i, H_j(x,y))}{1 + \sqrt{\frac{M_j * P_{0j}}{M_i * P_{0i}}}}$$

Phase 2 : modélisation
modèles mathématiques pondérés

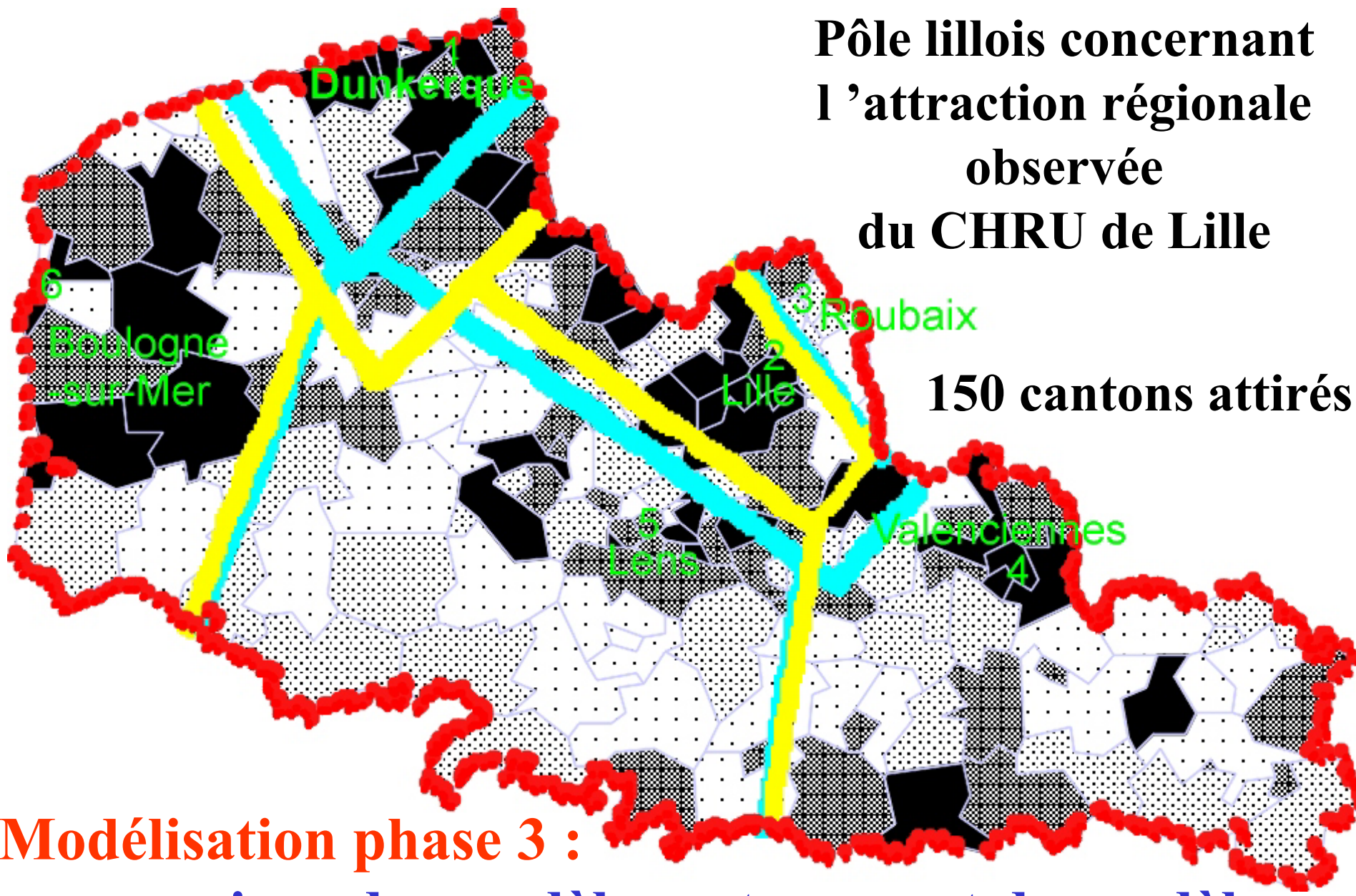
Pôles périphériques (hors CHRU)



Modélisation phase 3 :
comparaison des modèles entre eux et du modèle observé à l'attraction observée

**Pôle lillois concernant
l'attraction régionale
observée
du CHRU de Lille**

150 cantons attirés



Modélisation phase 3 :
**comparaison des modèles entre eux et du modèle
observé à l'attraction observée**

Phase 3 : coefficients d'attraction entre les modèles observés et estimés

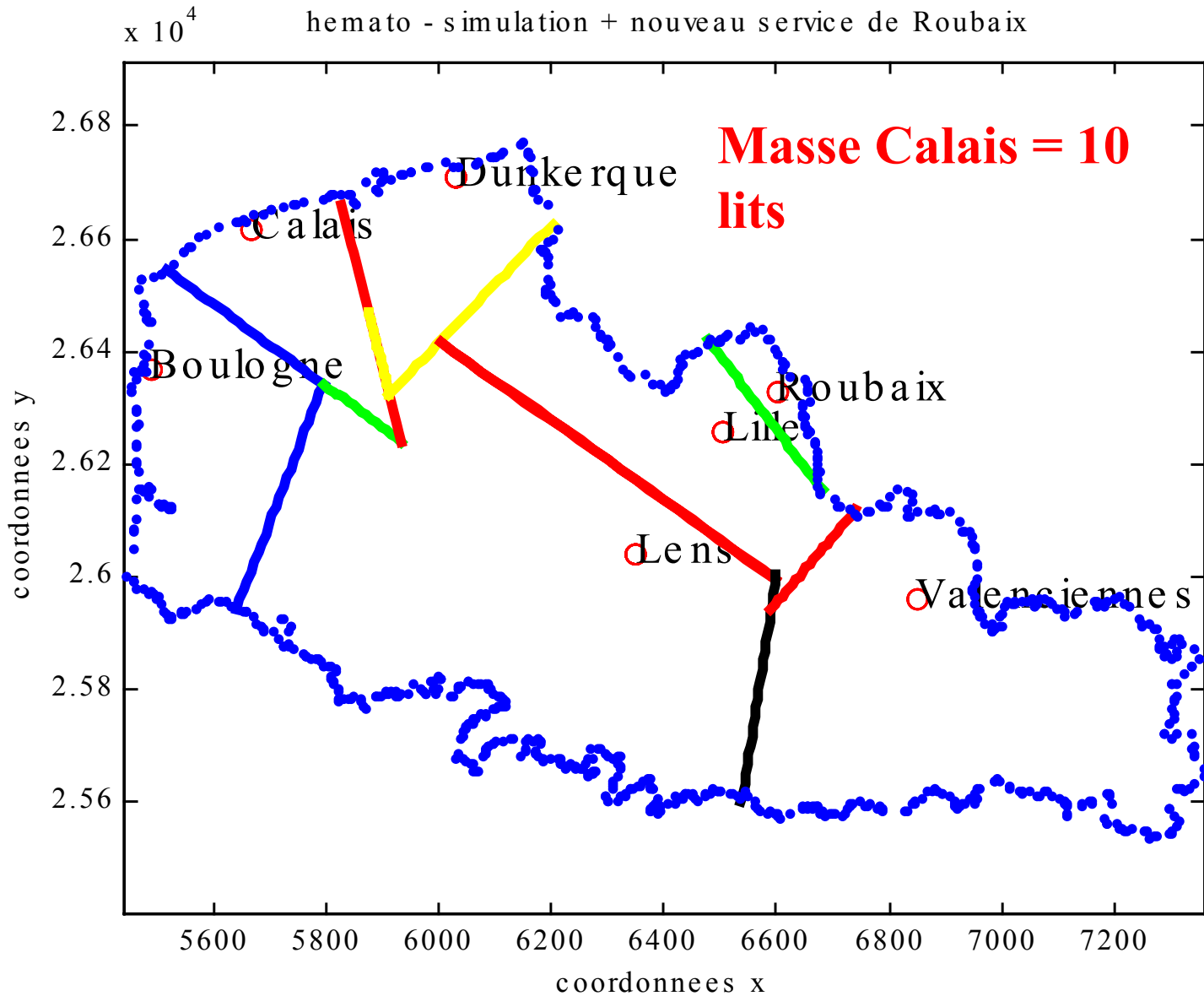
Coefficient d'attraction $d(H_i, bo(i,j)) / d(H_i, be(i,j))$								
Indices	Insee cne	Service	j	j	j	j	j	j
			59183	59350	59350	59606	62160	62498
			D	L	ST	V	B	LE
i	59183	Dunkerque	0	0.640	0.727	0.739	0.739	0.852
i	59350	Lille M	1.068	0	0	1.017	0.992	1.063
i	59350	St Ph -St Vincent	1.190	0	0	1.028	0.972	1.141
i	59606	ch Valenciennes	1.151	0.948	0.977	0	0.958	1.103
i	62160	ch Boulogne	1.304	1.049	1.047	1.085	0	1.232
i	62498	Lens M	1.083	0.810	0.886	0.901	0.888	0
i	59512	Roubaix	1.211	1.015	1.019	1.049	0.986	1.166

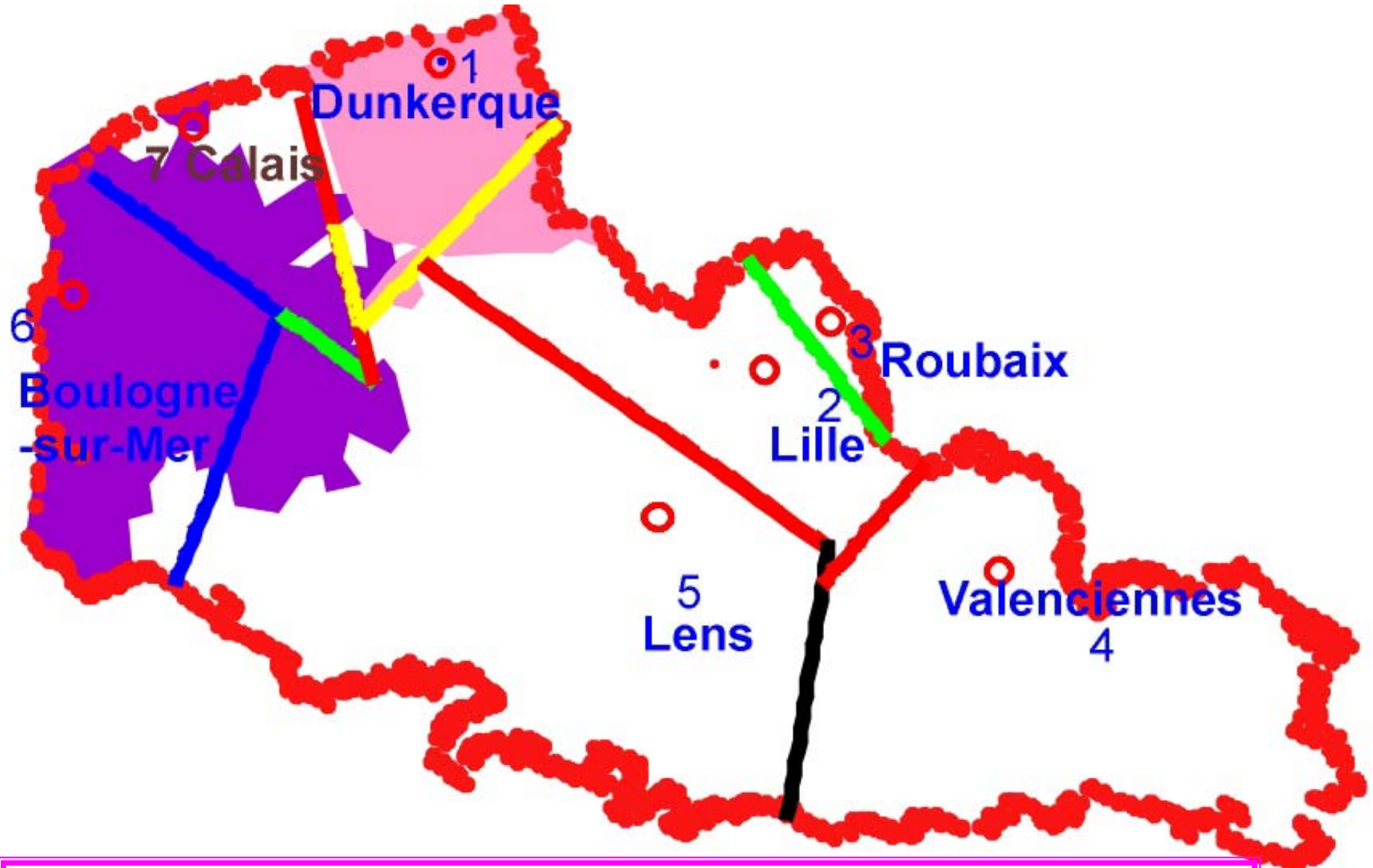
Boulogne sur Mer par rapport à Dunkerque

$$CA = \frac{d(H_i, bo(i,j))}{d(H_i, be(i,j))} = \frac{38,69}{29,67} = 1.304$$

Il faut lire une attraction du **modèle observé** supérieure à celle prévue par le **modèle théorique** pour le pôle de Boulogne-sur-Mer.

Phase 4 : simulation par création d'un service ou pôle hospitalier à Calais



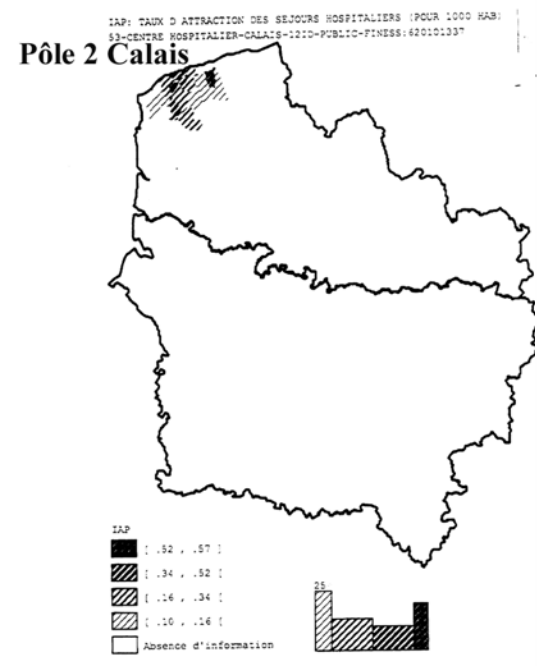
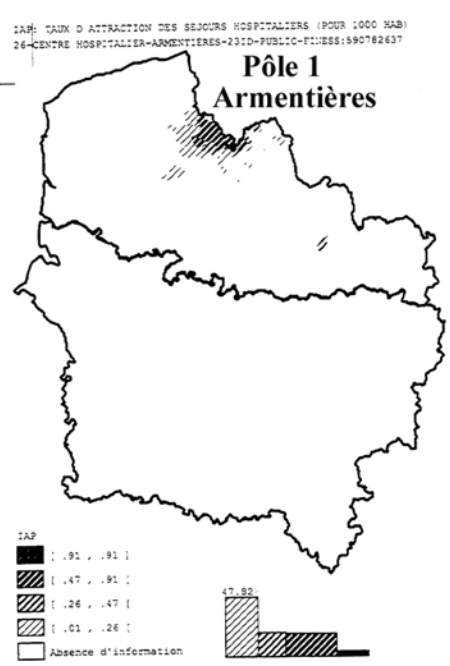


Phase 4 : simulation par création d'un service ou pôle hospitalier à Calais

RESULTATS EN
TRAUMATO-ORTHOPEDIE
GHM 295 (PTH)

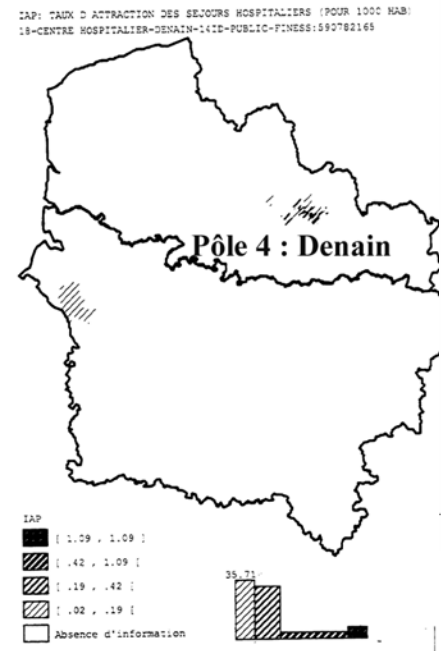
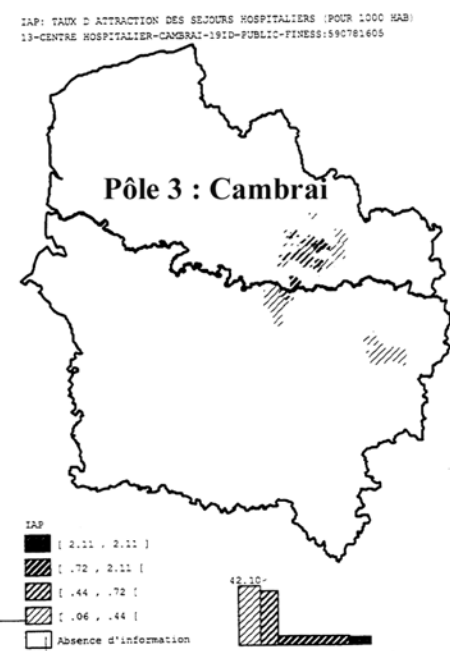
PHASES 1 à 4

18 pôles hospitaliers publics pour
19 établissements



Phase 1 : Zones d'attraction observées hospitalières

Phase 1 : zones d'attraction observées hospitalières d'après la base de données régionale GHM 1999



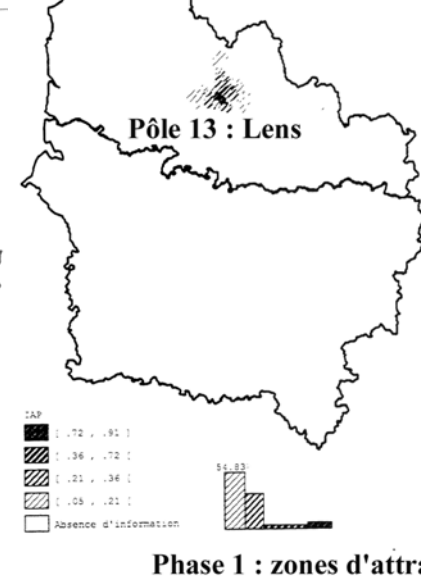
IAP: TAUX D'ATTRACTION DES SEJOURS HOSPITALIERS (POUR 1000 HAB)
 09-CENTRE HOSPITALIER-BOULOGNE SUR MER-281D-PUBLIC-FINESS:62010344C



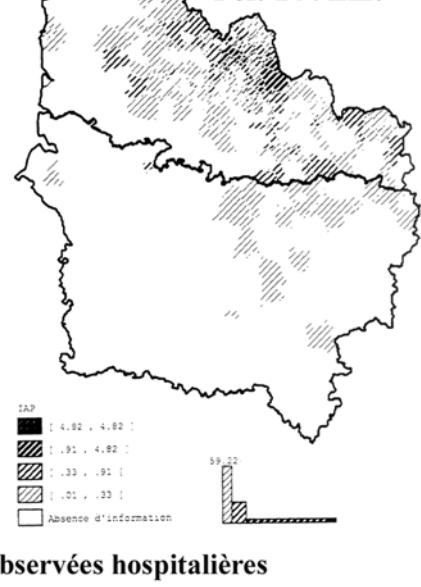
IAP: TAUX D'ATTRACTION DES SEJOURS HOSPITALIERS (POUR 1000 HAB)
 11-CENTRE HOSPITALIER-DUNKERQUE-181D-PUBLIC-FINESS:590781419



IAP: TAUX D'ATTRACTION DES SEJOURS HOSPITALIERS (POUR 1000 HAB)
 47-CENTRE HOSPITALIER-LENS-311D-PUBLIC-FINESS:620100683



IAP: TAUX D'ATTRACTION DES SEJOURS HOSPITALIERS (POUR 1000 HAB)
 47-CENTRE HOSPITALIER-LENS-311D-PUBLIC-FINESS:620100683



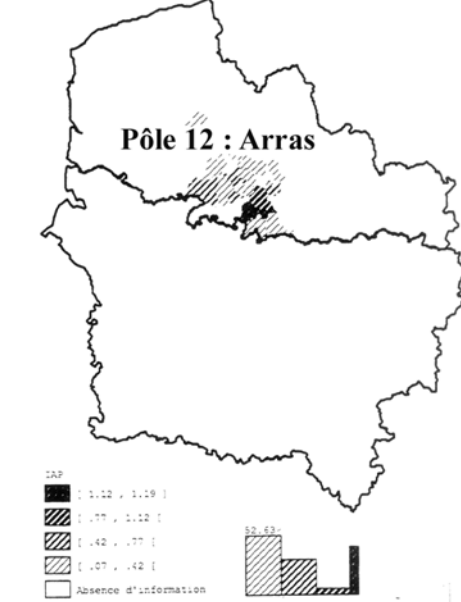
Phase 1 : zones d'attraction observées hospitalières d'après la base de données régionale GHM 1999

Phase 1 : zones d'attraction observées hospitalières d'après la base régionale GHM 1999

IAP: TAUX D'ATTRACTION DES SEJOURS HOSPITALIERS (POUR 1000 HAB)
 44-CENTRE HOSPITALIER-BETHUNE -261D-PUBLIC-FINESS:620100651



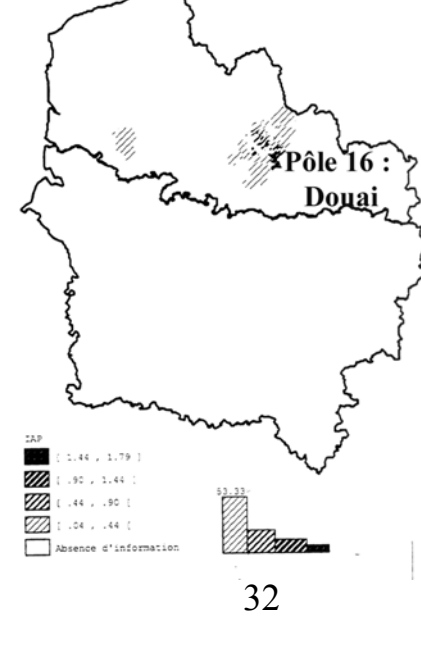
IAP: TAUX D'ATTRACTION DES SEJOURS HOSPITALIERS (POUR 1000 HAB)
 42-CENTRE HOSPITALIER-ARRAS-191D-PUBLIC-FINESS:620100057

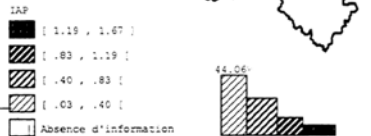
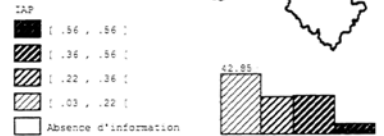
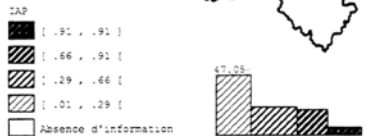
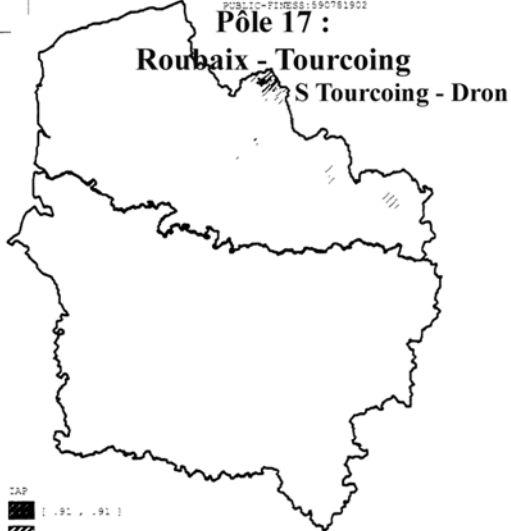


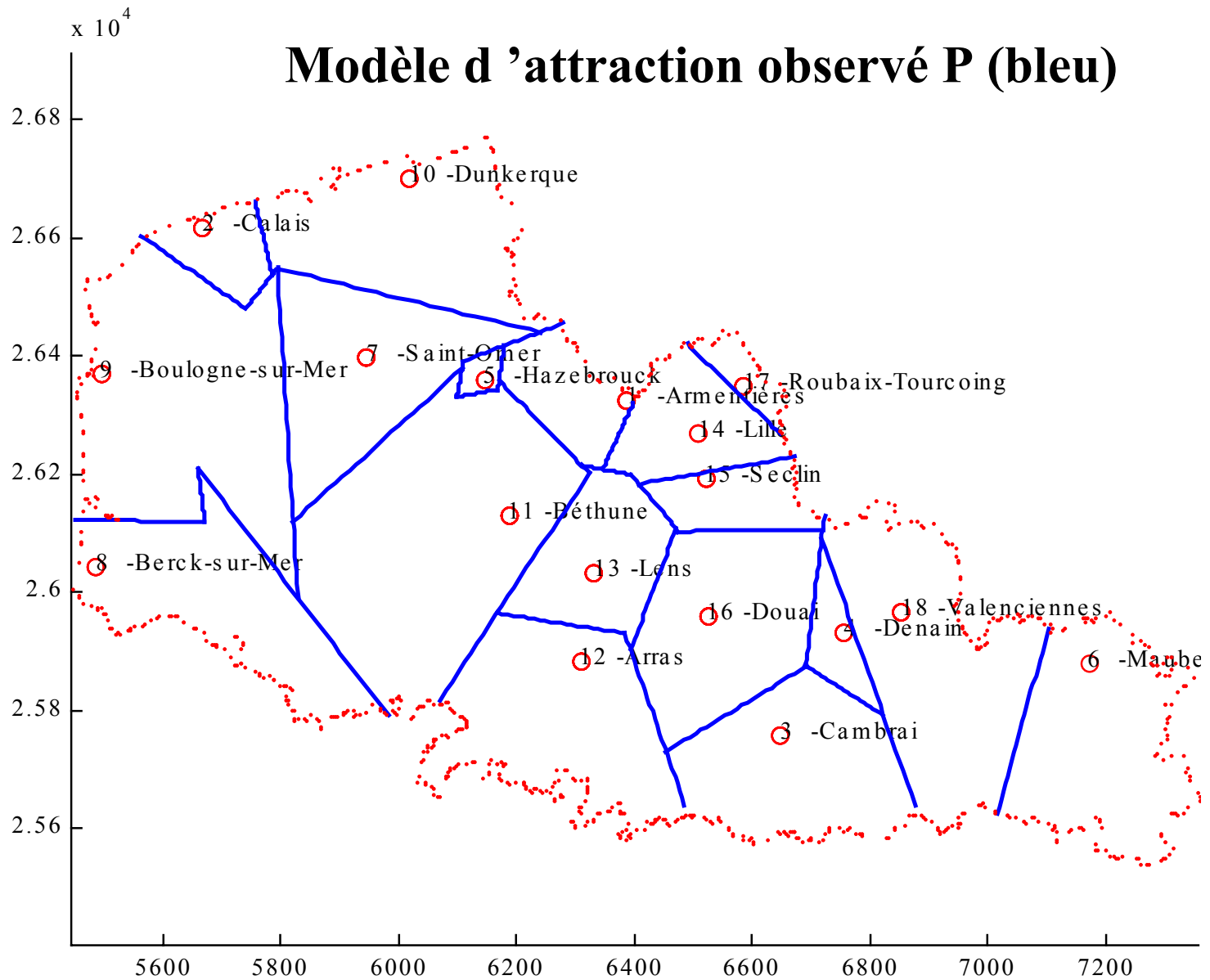
IAP: TAUX D'ATTRACTION DES SEJOURS HOSPITALIERS (POUR 1000 HAB)
 5-CENTRE HOSPITALIER - SECLIN-281D-PUBLIC-FINESS:590780227



IAP: TAUX D'ATTRACTION DES SEJOURS HOSPITALIERS (POUR 1000 HAB)
 28-CENTRE HOSPITALIER-DOUAI-301D-PUBLIC-FINESS:590780239

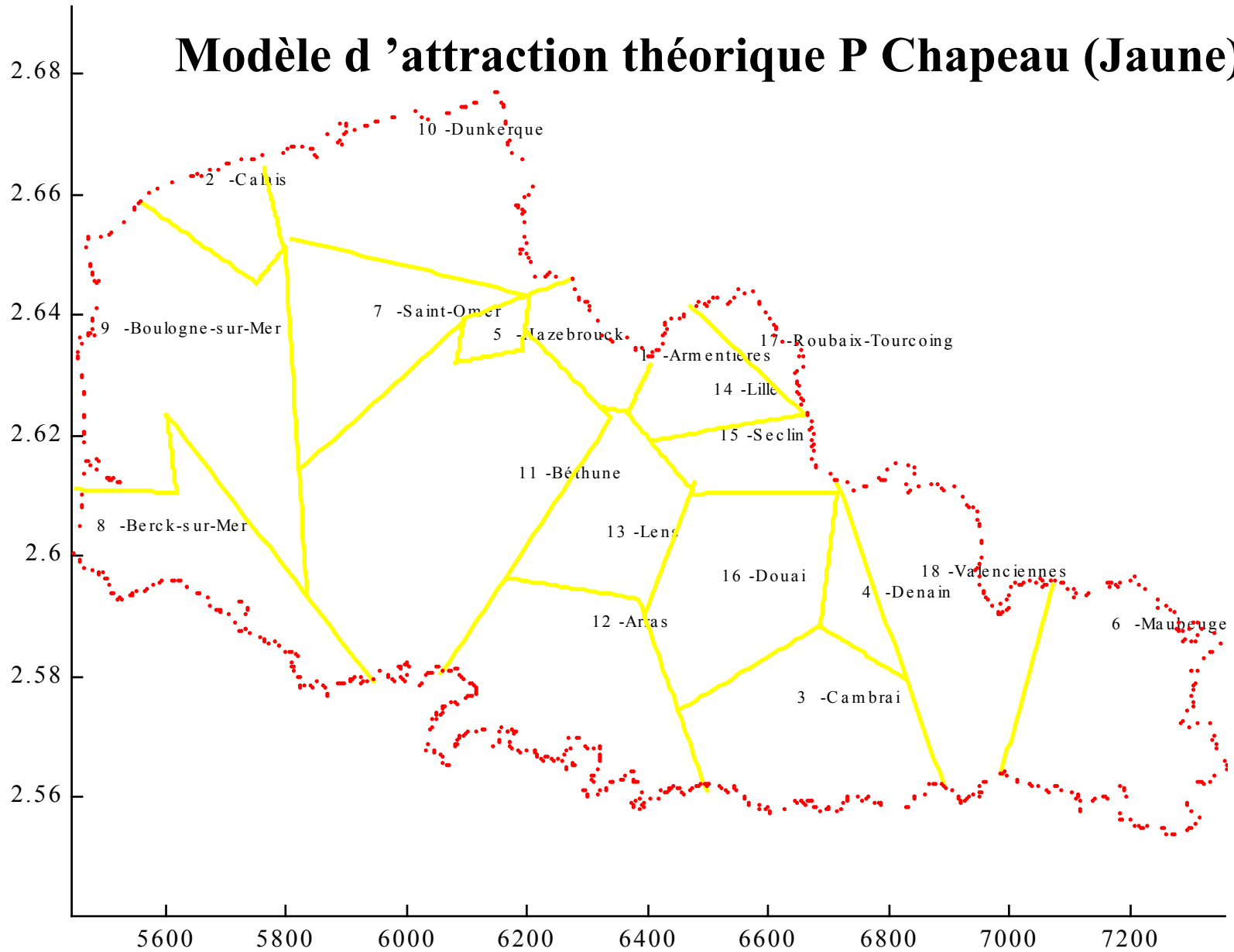




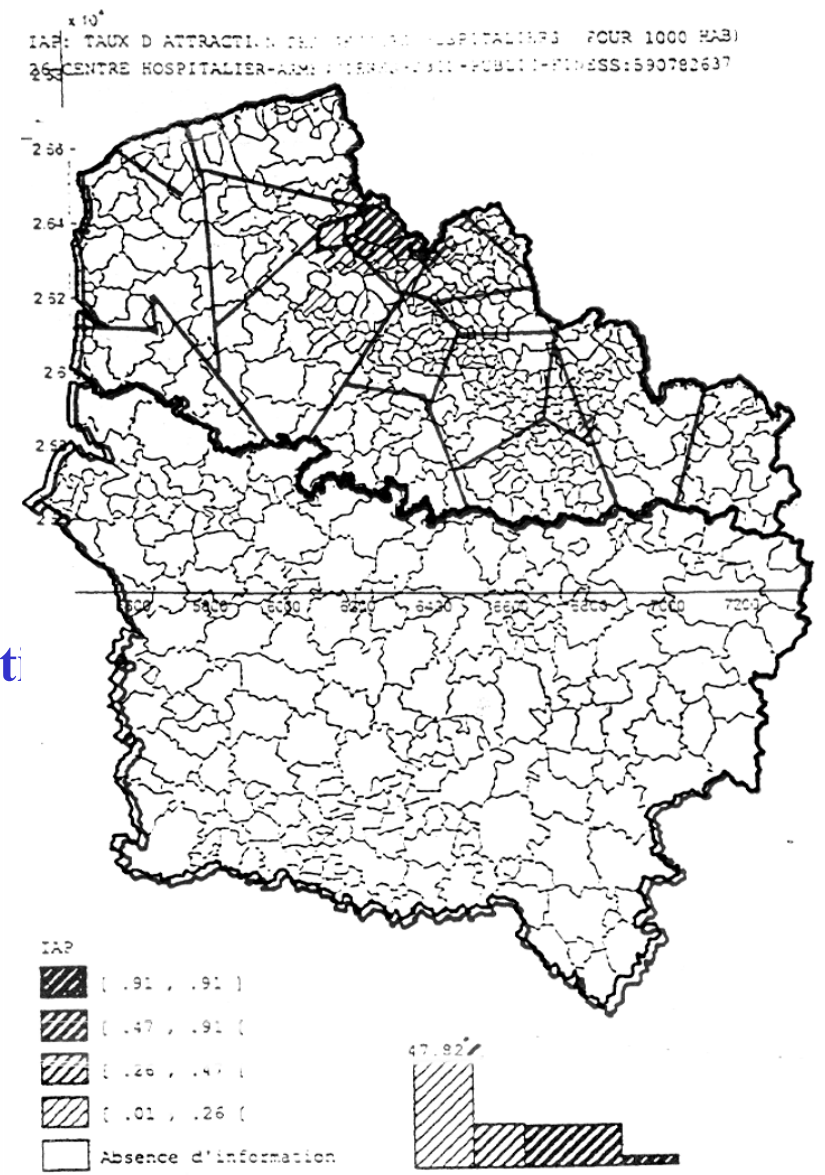
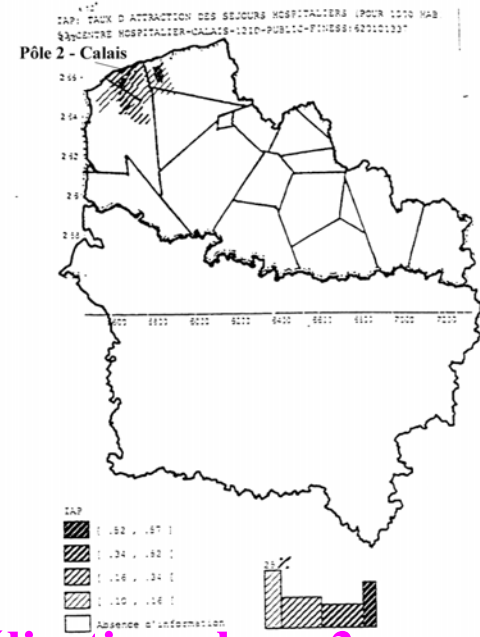
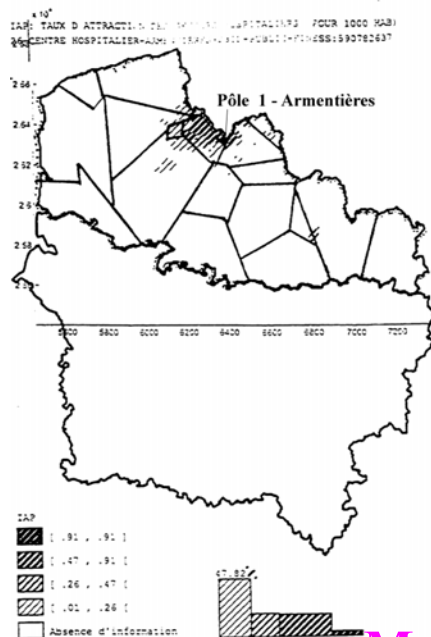


Phase 2 : modélisation
modèles mathématiques pondérés

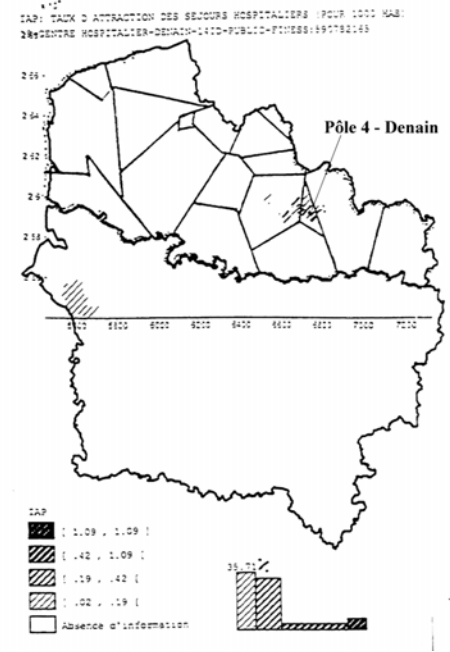
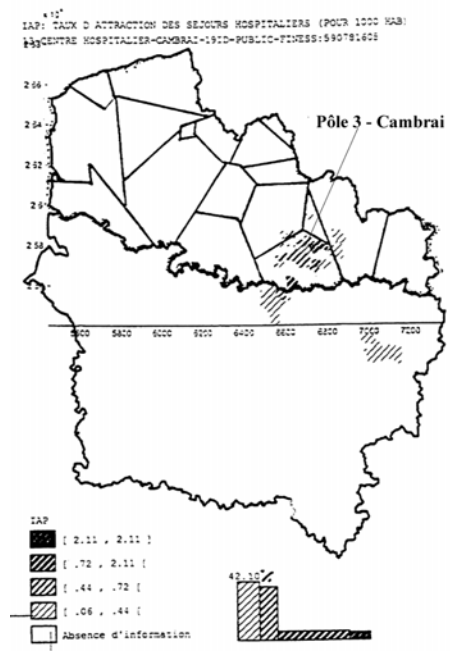
Modèle d'attraction théorique P Chapeau (Jaune)

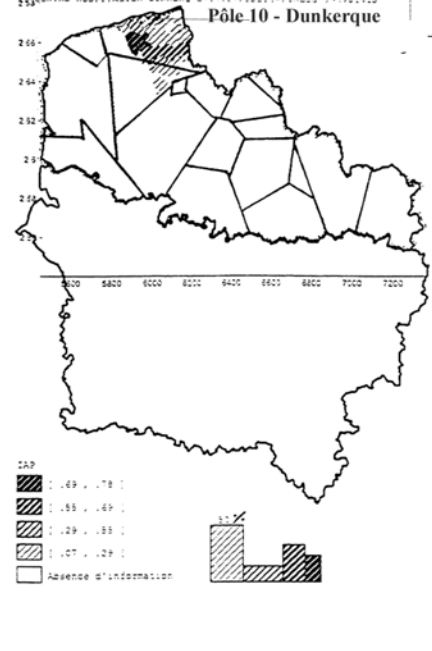
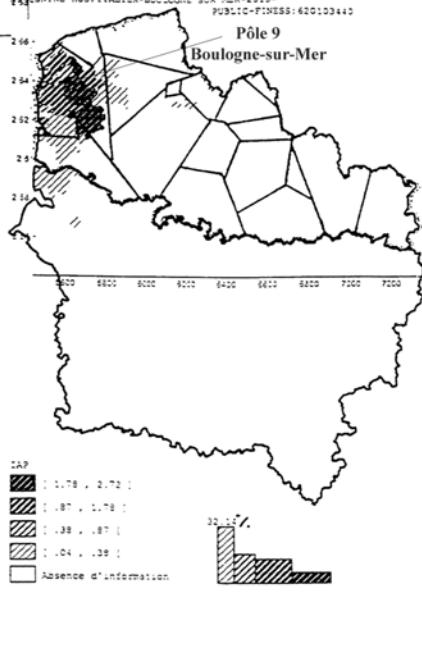
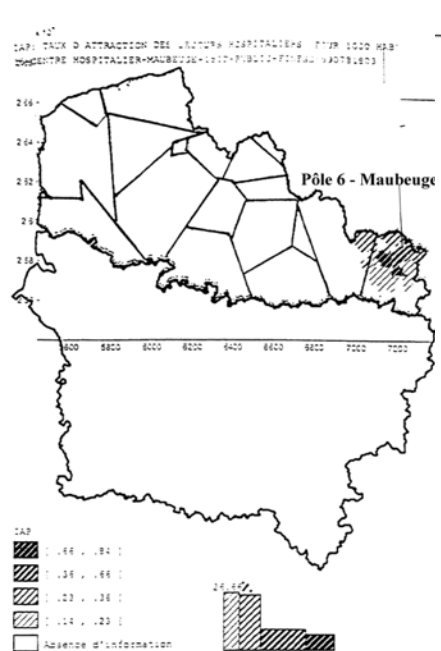
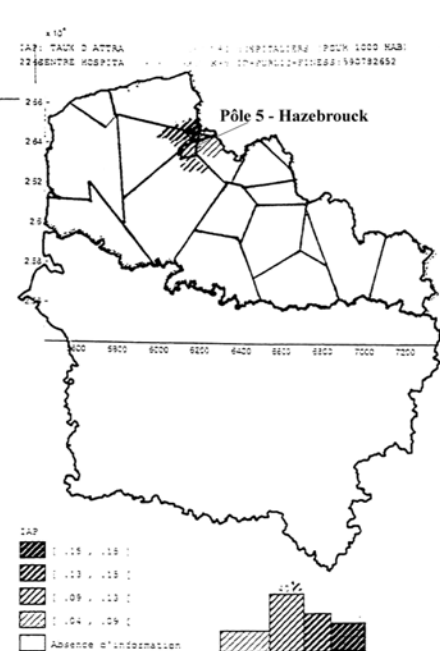


Phase 2 : modélisation
modèles mathématiques pondérés

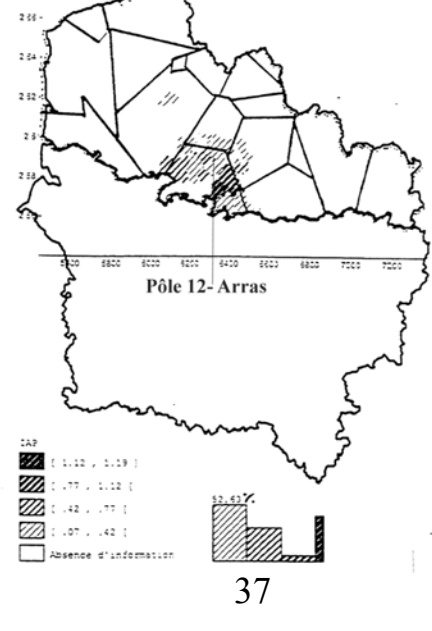
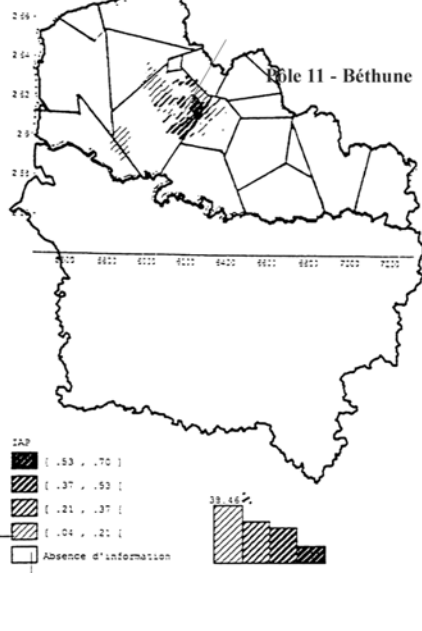
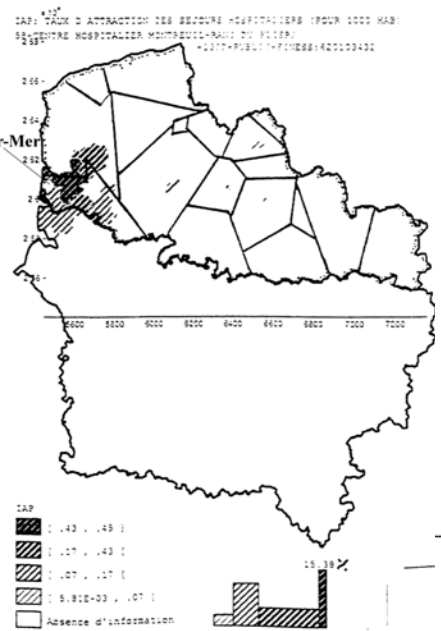
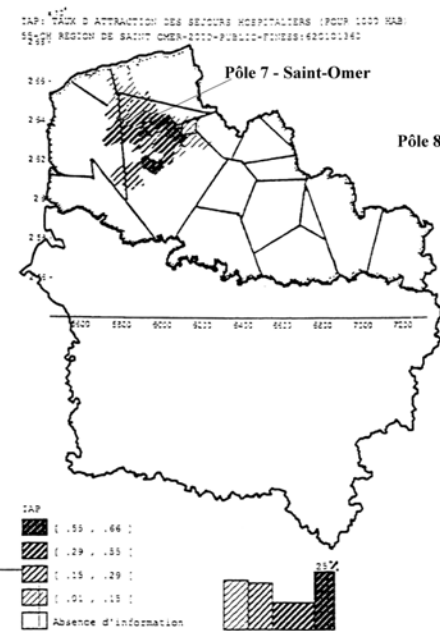


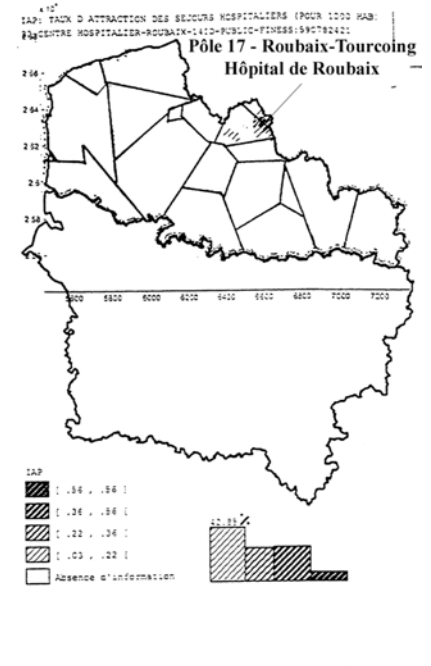
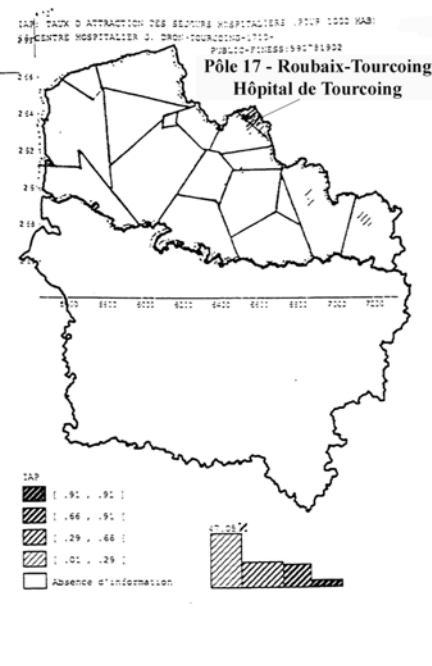
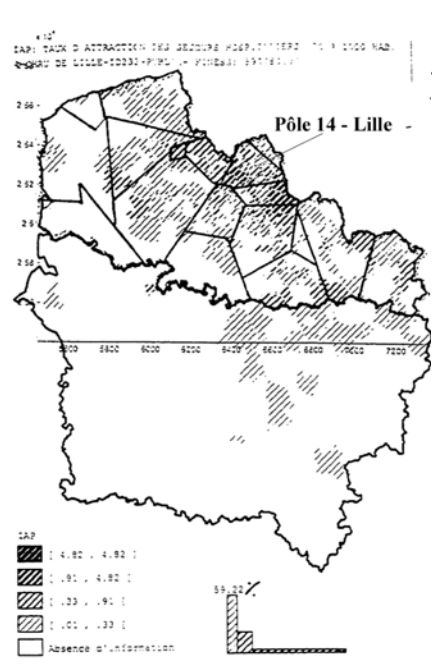
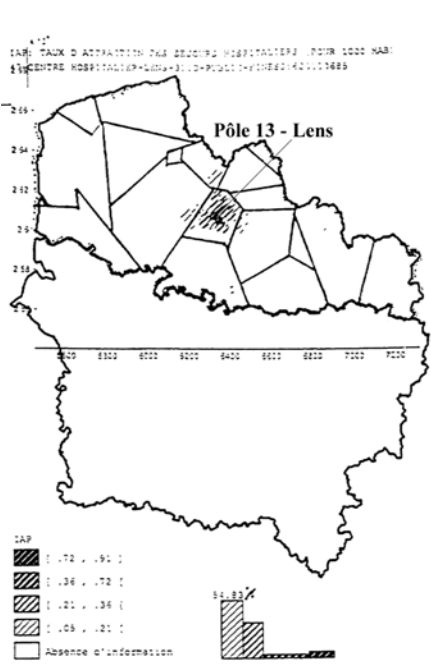
**Modélisation phase 3 :
validation du modèle par l'observat**



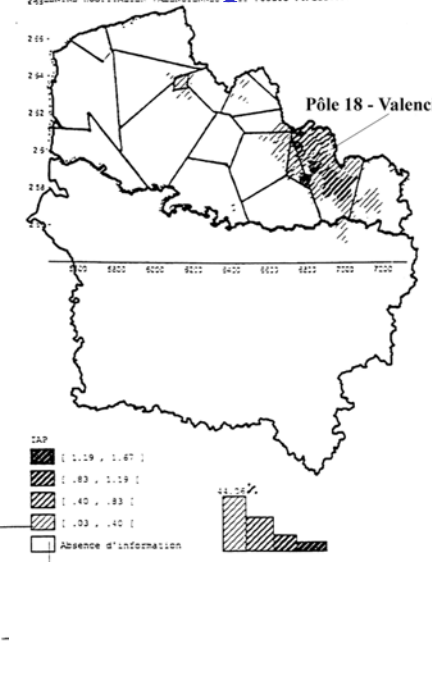
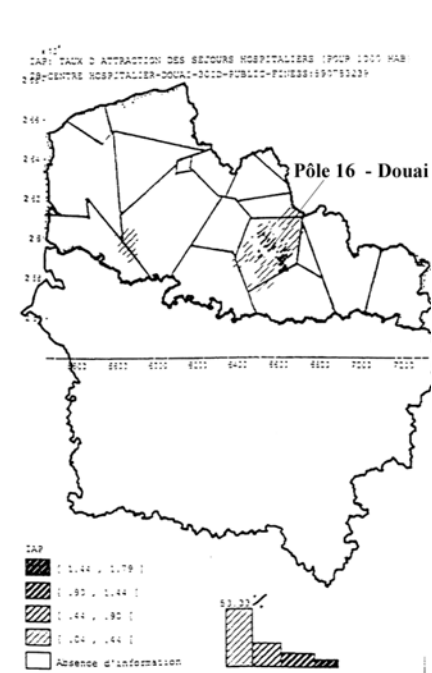
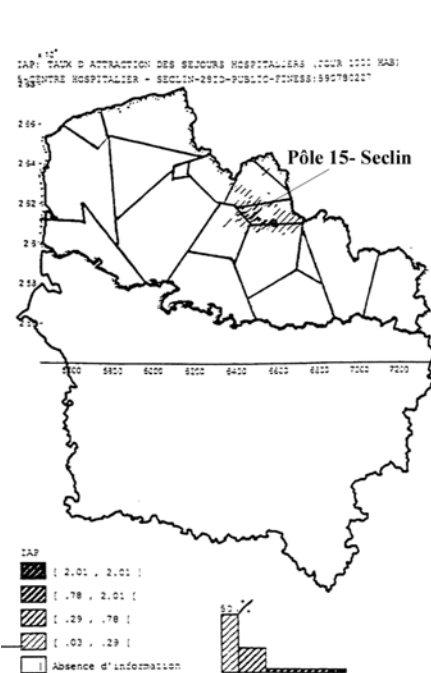


Modélisation phase 3 : validation du modèle par l'observation

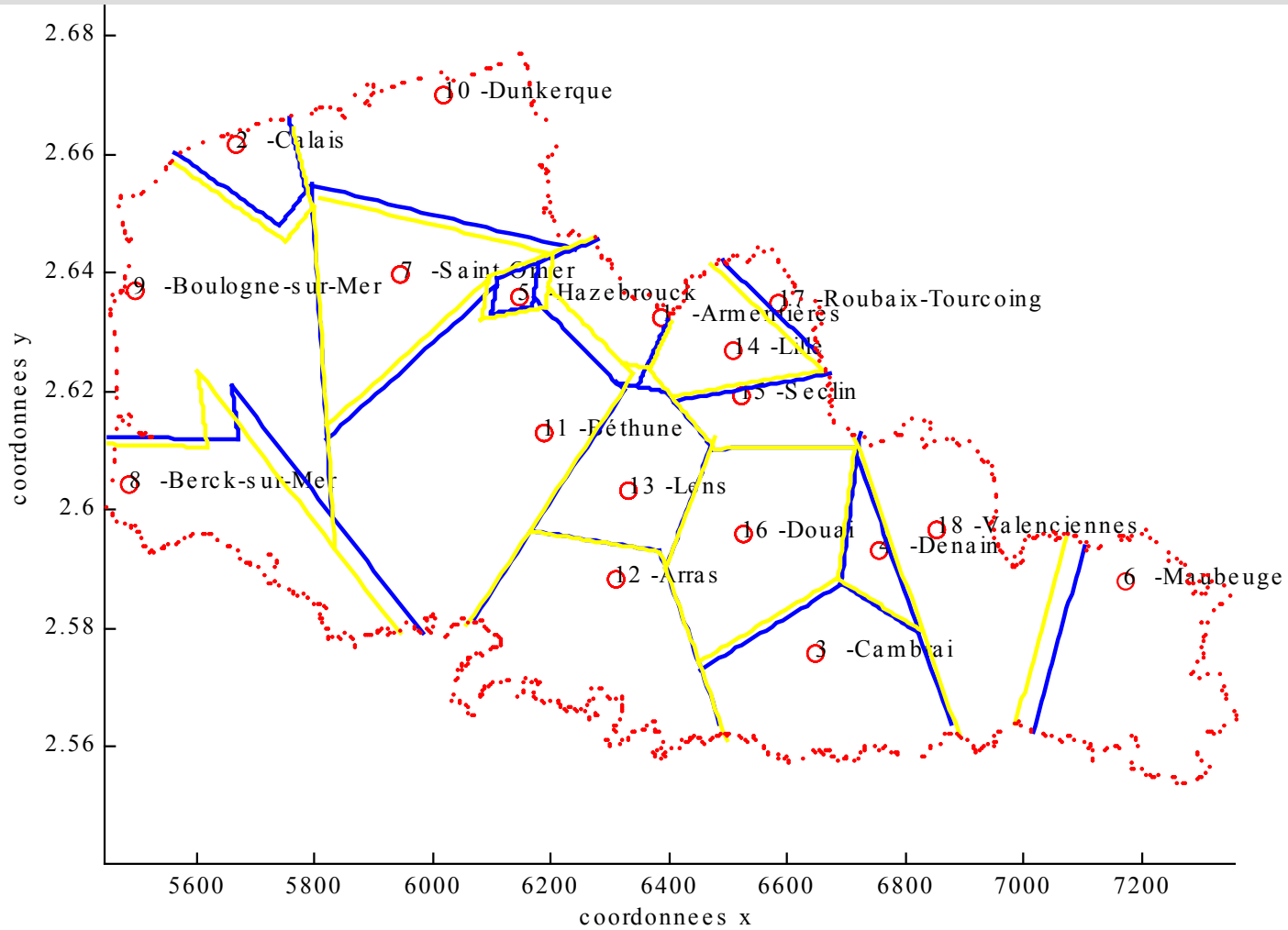




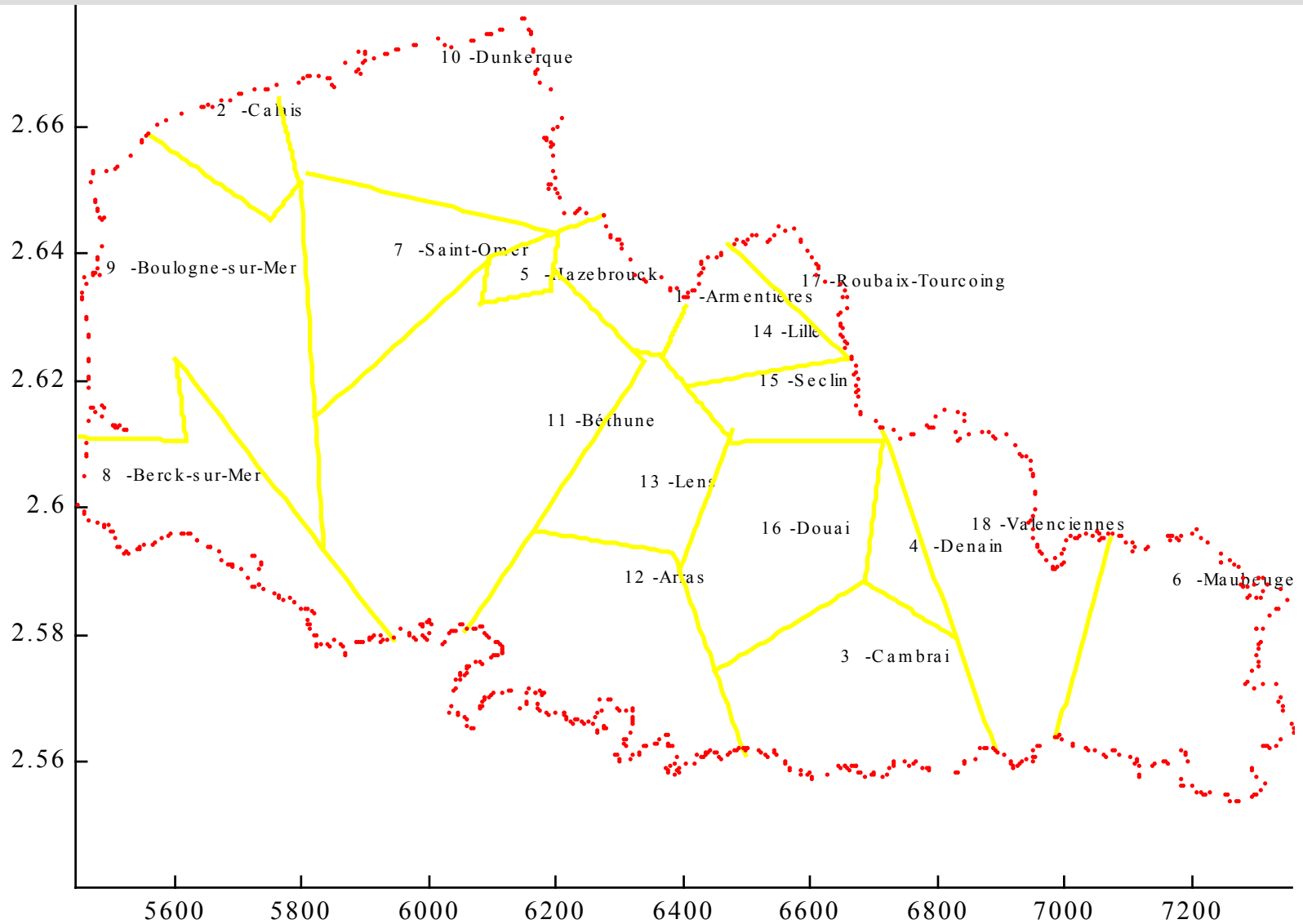
Modélisation phase 3 : validation du modèle par l'observation



Modélisation phase 3 : comparaison des modèles entre eux



Modélisation phase 4 : simulation par fermeture de service sur Hazebrouck -- zone étriquée



Discussion 1

Notre modèle gravitaire

apparaît **fiable robuste et prédictif**. Il **est validé** pour la région Nord - Pas-de-Calais **sur deux spécialités différentes** grâce à :

- 1) l'attraction de proximité observée pour les pôles hors CHRU
- 2) par comparaison et la bonne adéquation trouvée du modèle théorique au modèle observé

l'hématologie clinique) est moins fréquente et lourde et la **(traumato-orthopédie PTH** est plus fréquente en actes et lourde.

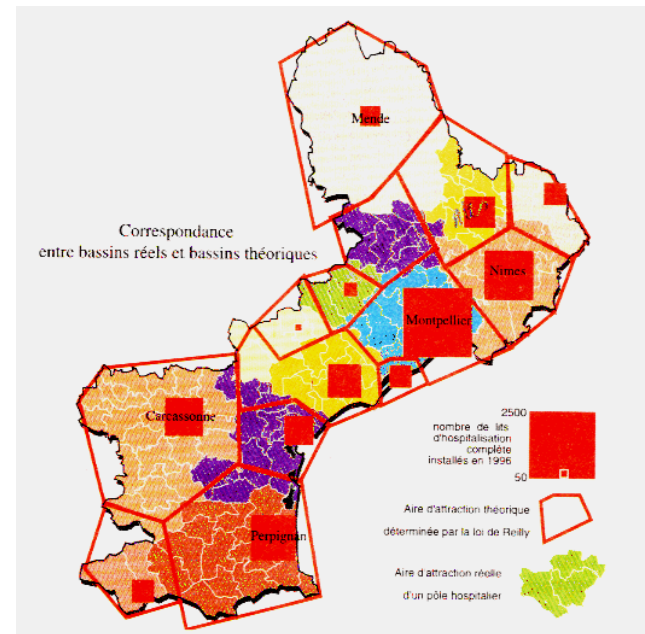
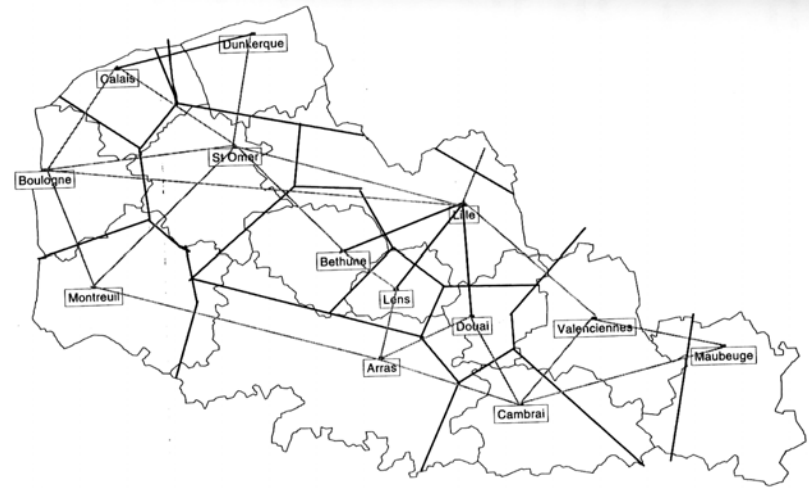
- l'intérêt du tracé observé, permet avec le tracé théorique le calcul du coefficient d'attraction
- la nouveauté est la simulation proposée par création ou fermeture de pôle hospitalier avec Calais (Hématologie clinique) et Hazebrouck (Traumato-orthopédie, GHM 295)

Discussion 2 : études préalables des pratiques spatiales hospitalières

Modèle de Reilly utilisé à partir de base de données réelles dans le domaine de la santé.

- **1er découpage** : les secteurs sanitaires de la région Nord - Pas-de-Calais. *E. Vigneron Rapport DRASS*
- **2ème découpage** : les bassins de santé de la région Languedoc-Roussillon (*« Géographie de la santé en France » E. Vigneron et F. Tonnellier*).

Jusqu' à présent modèles de Reilly basé sur l'observation (BD hospitalières) et il n'y avait pas de simulation par fermeture ou création de pôles



Limites de notre modèle

Distance euclidienne non adaptée à des régions à relief :
on préférera des distances basées sur le temps de
parcours

Région frontalière : intérêt d 'explorer l 'influence des
frontières sur l 'attraction hospitalière

La simulation ne porte que sur **2 simples paramètres** (le
nombre de lits et la population démographique)

**si un pôle hospitalier attire plus que prévu par le
modèle théorique** : il faudrait chercher des facteurs
explicatifs. (**hématologie clinique** ==> pathologies
lourdes organisation exceptionnelle entraînerait une
plus forte attraction qu 'une attraction de courte
distance)

Perspectives de recherche

Identifier les covariables des coefficients d'attraction, élaborer un coefficient correcteur expérimental à partir de facteurs d'attraction internes et externes . Déterminer un **coefficient d'attraction spécifique** d'une spécialité? D'une hiérarchie hospitalière?

Réitérer le processus de modélisation : en analyse verticale (périodes d'étude différentes),

- vérifier la stabilité des aires de proximité par spécialité et par pôle hospitalier -- isoligne--contour des zones attirées et tests statistiques.
- les indices de **mesures de contiguïté** seraient à mettre en œuvre pour délimiter les zones de proximité et contiguës autour du pôle

Perspectives de recherche

Réitérer le processus de modélisation : en analyse horizontale

- appliquer le modèle sur des régions géographiques physiques différentes ==> essai de distances voire création de nouvelles distances.. Travailler à partir de BD isochrone.(temps de parcours).
- intégrer l 'ensemble des établissements dans le même modèle (public, privé et PSPH)

Conclusion

Modèle pouvant permettre une meilleure organisation en réseau et prise en charge des patients (prise en compte de leurs pratiques spatiales..). Outil d 'aide à la planification sanitaire.

Remerciements

Aux membres du **Jury**

Aux membres du **COREDIM** de la Région Nord - Pas-de-Calais, du **GTIM** et de **l'ARH**.

Aux membres du **CERIM** et du **DIM** du CHRU de Lille.