



INSTITUT PASTEUR

Institut Pasteur de Guadeloupe

Application des analyses spatiales avec le logiciel ArcGIS et ses extensions dans le domaine de la Santé

L Marrama Rakotoarivony

Unité de Recherche: Epidémiologie et Transmission des Maladies émergentes - IP Guadeloupe

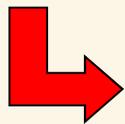
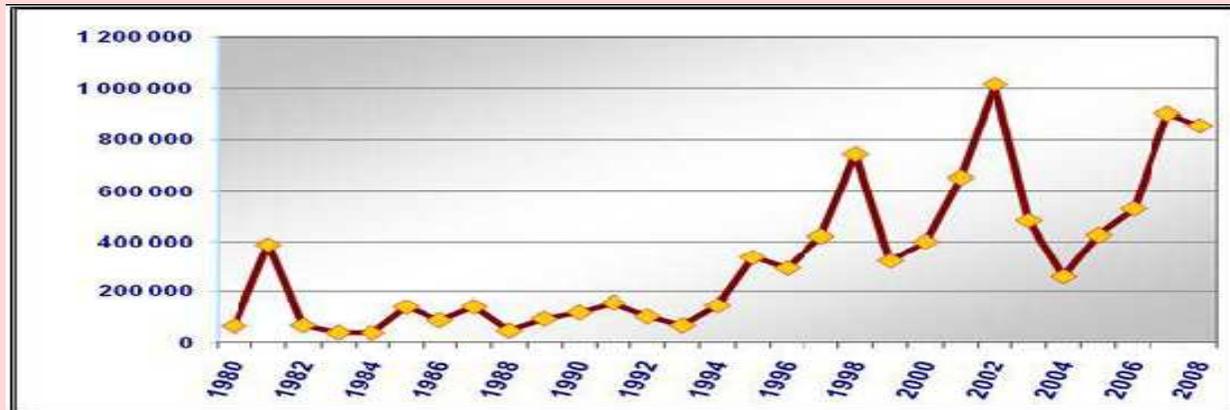


La problématique (Monde - Amérique)

CONSTAT

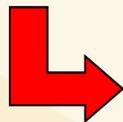
M^{ies} transm vectorielle = 23% **M^{ies} infect Émergentes** (1940-04), ↑ **29%** (Nature 08)

Dengue : **Dégradation sanitaire** actuelle en région Amérique (1980-2008)



évaluer les facteurs de risque potentiels

- environnementaux : Climat, utilisation de l'environnement
- humains: démographie, échanges internationaux ...



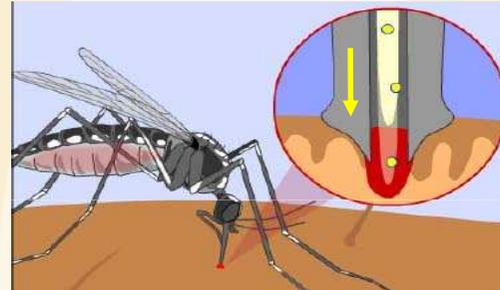
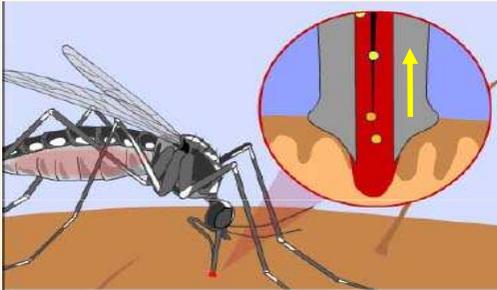
Vecteur de dengue TRES anthropophile → **urbanisme** +++

Urbanisme = pcpal changement sociodémographique région Amériq

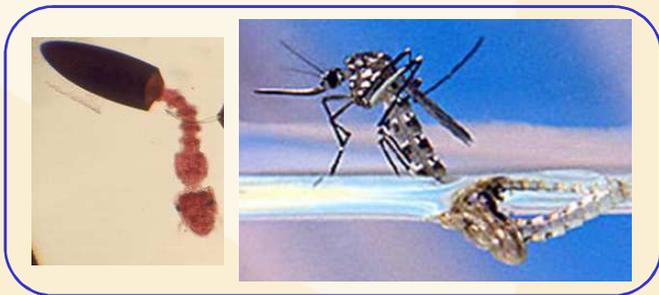
La problématique (La dengue)

- ✓ Maladie **virale** transmise par des **moustiques** (*Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*)

- ✓ Homme infectieux → homme sain

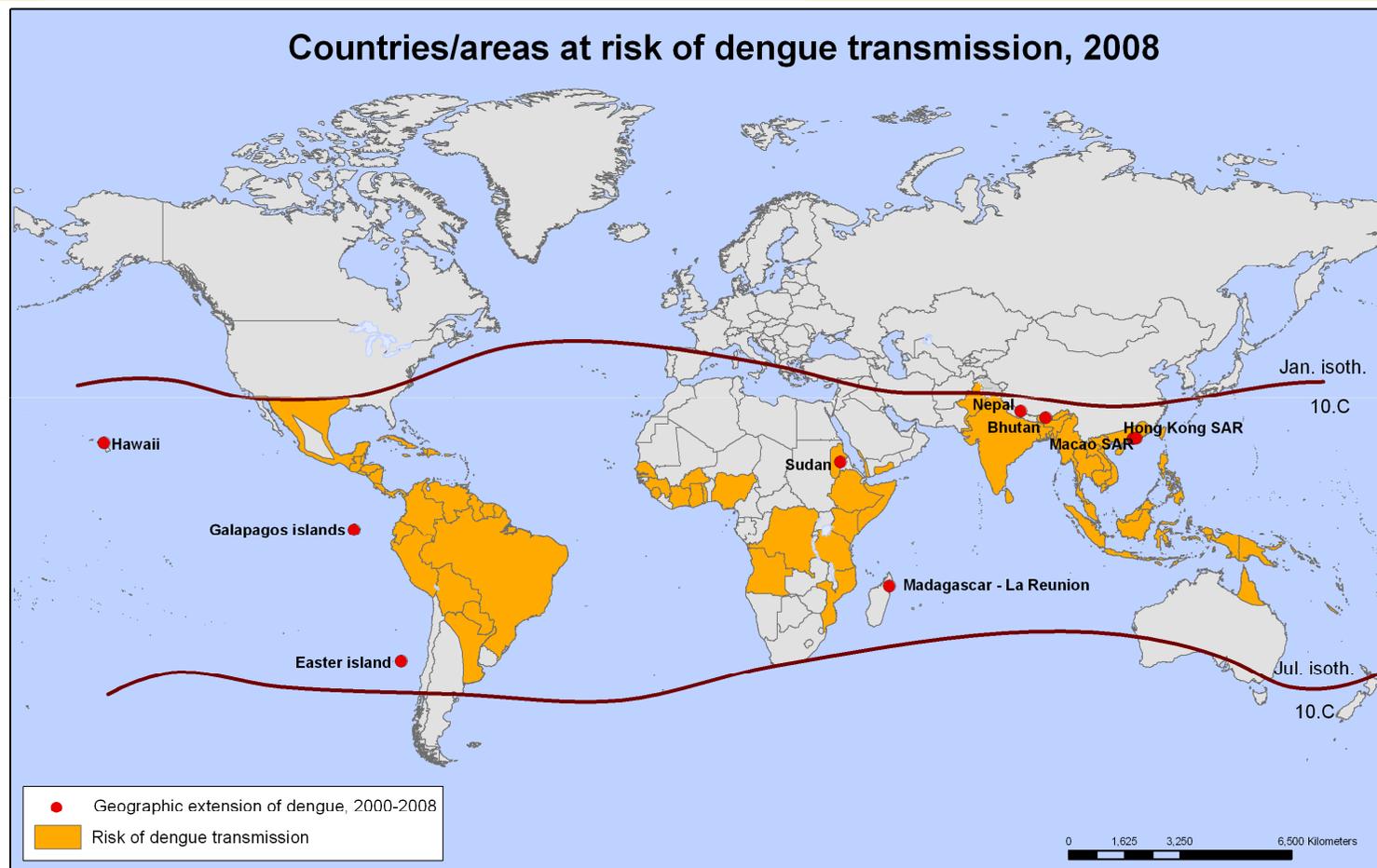


- ✓ Vecteur: dévelop **aquatique**, gîtes **domestiques ++**



La problématique (La dengue)

Une très large répartition géographique



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

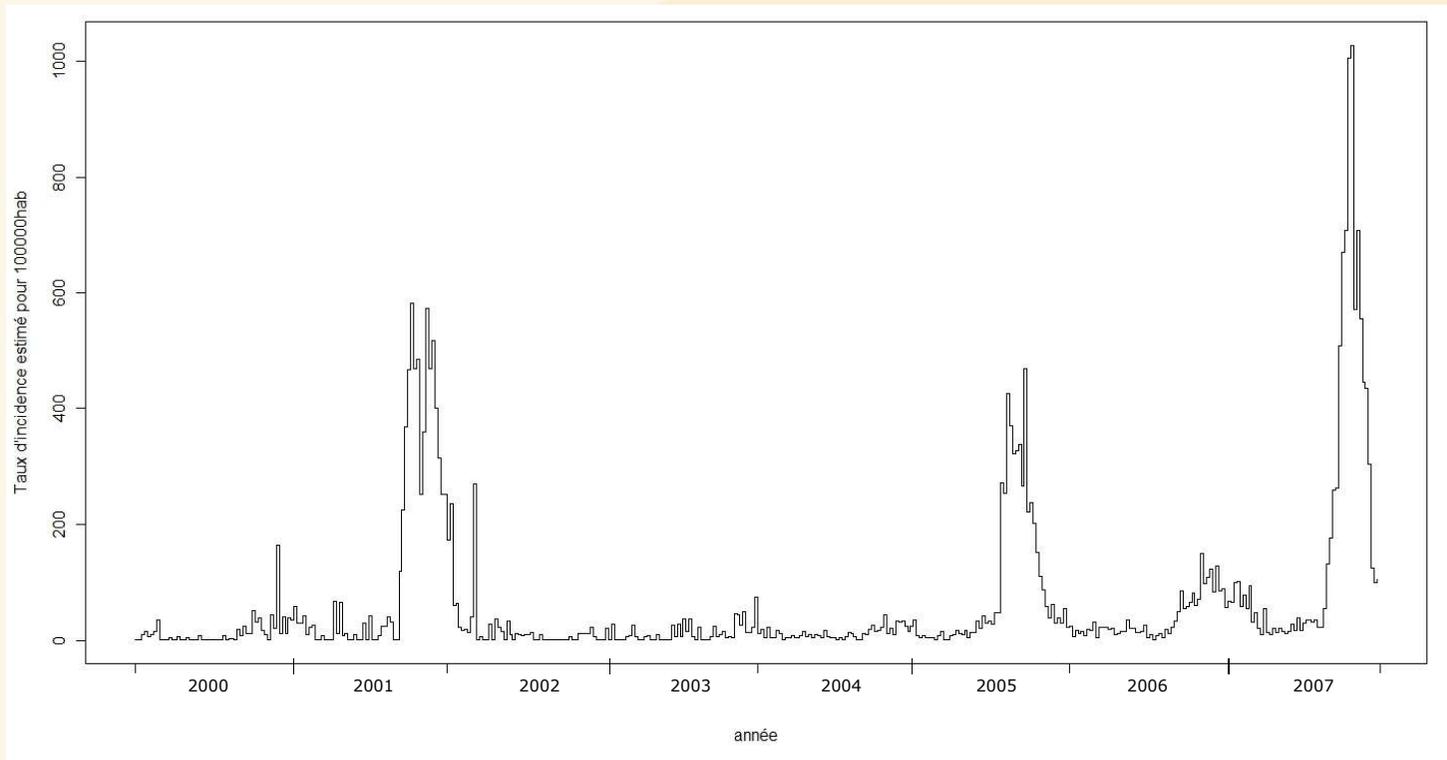
© WHO 2008. All rights reserved

Data Source: DengueNet, World Health Organization
Map Production: Public Health Information and
Geographic Information Systems (GIS)



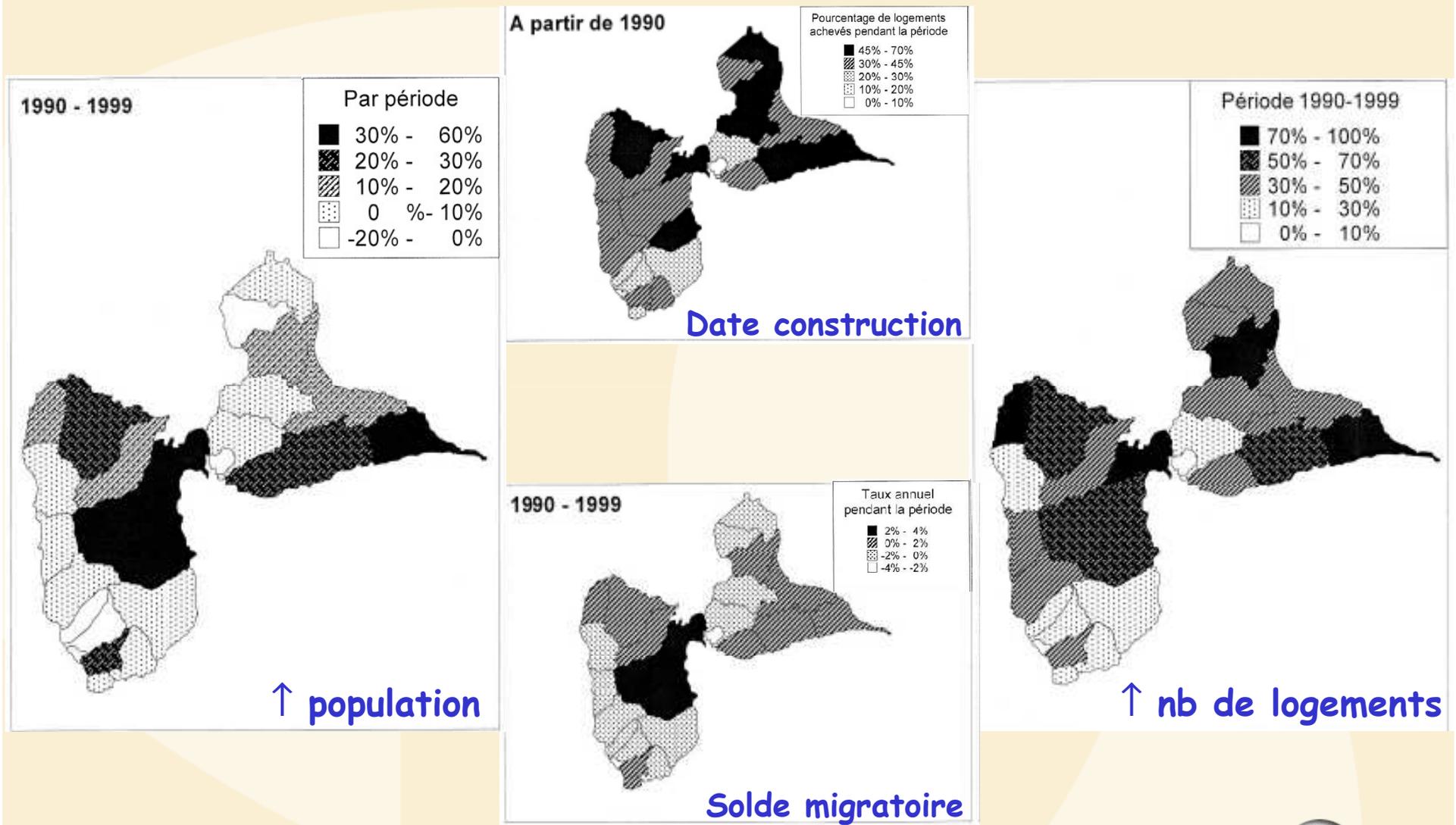
La problématique (La dengue)

Évolution de la dengue en Guadeloupe de 2000 - 2007



→ Rapprochement et ↑ de l'ampleur des épidémies

La problématique (Urbanisation +++)



Le projet de recherche

Étude du rôle du phénomène de transition urbaine et des nouvelles pratiques de construction sur la transmission et la morbidité de la Dengue en Guadeloupe (Ministère de l'Outremer)

Complément: Analyse de l'évolution de l'habitat en Guadeloupe depuis 1996 dans le cadre de l'étude du rôle du phénomène de transition urbaine et des nouvelles pratiques de construction sur la transmission et la morbidité de la Dengue en Guadeloupe (Région Guadeloupe)

Objectif général

Évaluer l'effet de l'environnement (naturel / anthropisé) sur la transmission (vecteurs) & la morbidité (malades) de la dengue en Guadeloupe, de 2000 à 2008

La méthode générale

Analyse pluridisciplinaire des données

Issues de la surveillance

- du vecteur : Service de Lutte Anti-Vectorielle (DSDS)
- des cas de dengue : CIRE AG, Cellule Veille Sanitaire (DSDS)
- de l'environnement : Service Environ Risque Aménag et urbanisme (DDE)

Issues de la recherche et de l'expertise

- Transmission (sites) : Unité des Maladies Émergentes
- Urbanisme (Caraïbe) : Centre Analyse Géopol & Internat (UAG)
- Urbanisme (Guadeloupe): Association urbanistes de Guadeloupe

Étudiants de formations complémentaires

- Biologie - épidémiologie (L Girdary, C Malonga, C Dollin)
- Urbanisme - géographie (C Humeau, S Maurizi)

Utilisant un **SIG** et des **analyses spatiales** (ArcGIS, spatial analyst, geostatistical analyst)

De nombreuses contributions

**Direction de la Santé
et du Développement Social
de la Guadeloupe**

DRIRE
GUADELOUPE

INSEE



AUP
AGRICULTURE DE LA POINTE

**METEO
FRANCE**
ANTILLES—GUYANE

**DIRECTION
RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT**

**Direction de l'Agriculture
et de la Forêt de
la Guadeloupe**

Recherche de données auprès d'organismes locaux et nationaux

Les méthodes spécifiques: Sanitaires

Données disponibles (CIRE, CVS)

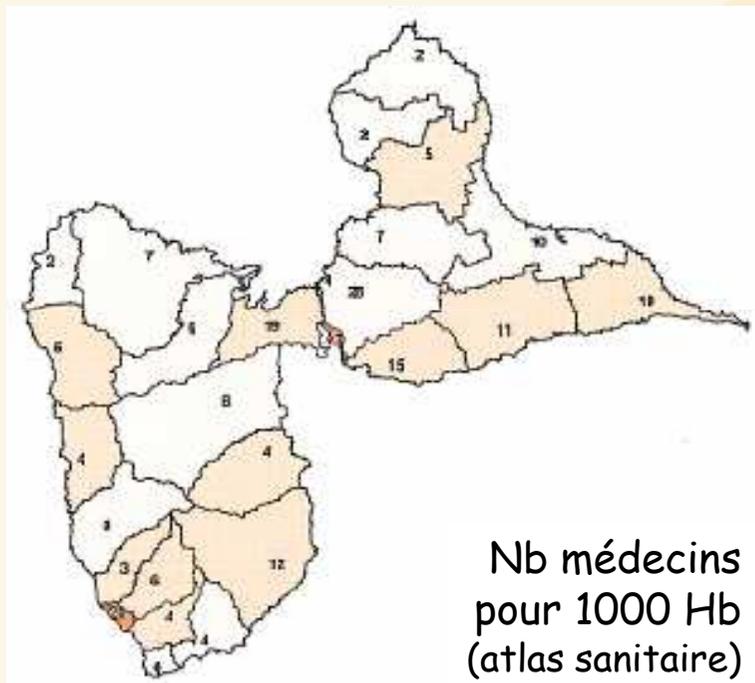
- Cas suspects: Signes cliniques
Un réseau de médecins sentinelles
Localisés au cabinet médical
- Cas confirmés: Confirmation de laboratoire
Tous les laboratoires
Localisés au domicile du cas

Indicateur: Taux d'incidence / 1000 Hb / période (16 x 6 mois)

Échelle géographique: Commune - Quartier

Les méthodes spécifiques: Sanitaires

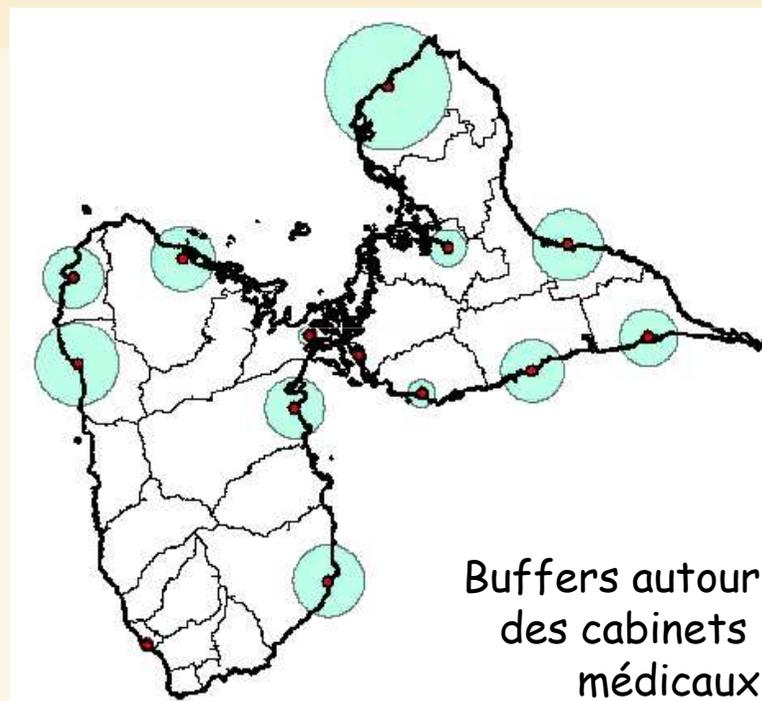
Estimation Taux d'incidence
à l'échelle des **communes**



Commune

$$\frac{\text{Nb cas déclarés} * (\text{Nb méd}/\text{Nb sentinel})}{\text{Nb Hab de la commune}}$$

Estimation Taux d'incidence
à l'échelle des **quartiers**



Cabinet médical

$$\frac{\text{Nb cas déclarés} * (\text{Nb méd}/\text{Nb sentinel})}{\text{Nb Hab des quartiers du buffer}}$$

Les méthodes spécifiques : Sanitaires

Évaluation des données :

Complétude des déclarations (% sem suivies: ■ 75-100% ■ 50-75% ■ 25-50% ■ 0-25%)

Commune	Pér1	Pér2	Pér3	Pér4	Pér5	Pér6	Pér7	Pér8	Pér9	Pér10	Pér11	Pér12	Pér13	Pér14	Pér15	Pér16
Pointe à Pitre																
Sainte Rose																
Basse Terre																
Petit Bourg																
Deshaies																
Pointe Noire																
Saint François																
Baie Mahault																

Recherche de biais éventuels (accessibilité au laboratoire)

Communes laboratoires	Rayon buffer (kilomètres)								
	2 km			4 km			6 km		
	Population	Nombre Cas	Incidence	Population	Nombre Cas	Incidence	Population	Nombre Cas	Incidence
Capesterre Belle Eau	5259,9	34,2	6,5	15352,4	105,33	6,86	21107,6	128,33	6,08
Abymes 1*	22605,13	124,2	5,45	42461	289,66	6,82	75003,33	507,7	6,76
Abymes 2*	12303,9	63,4	5,15	35465,86	182,76	5,15	70281,33	338,48	4,81
Pointe à Pitre 1*	20355,16	85,48	4,2	43427,73	290,02	6,67	68963,36	502,61	7,29

Les méthodes spécifiques: Environ.

Données disponibles

2 sets de photographies aériennes de la Guadeloupe : 2000 - 2004

1 base de données topographiques (contour communes, routes ...)

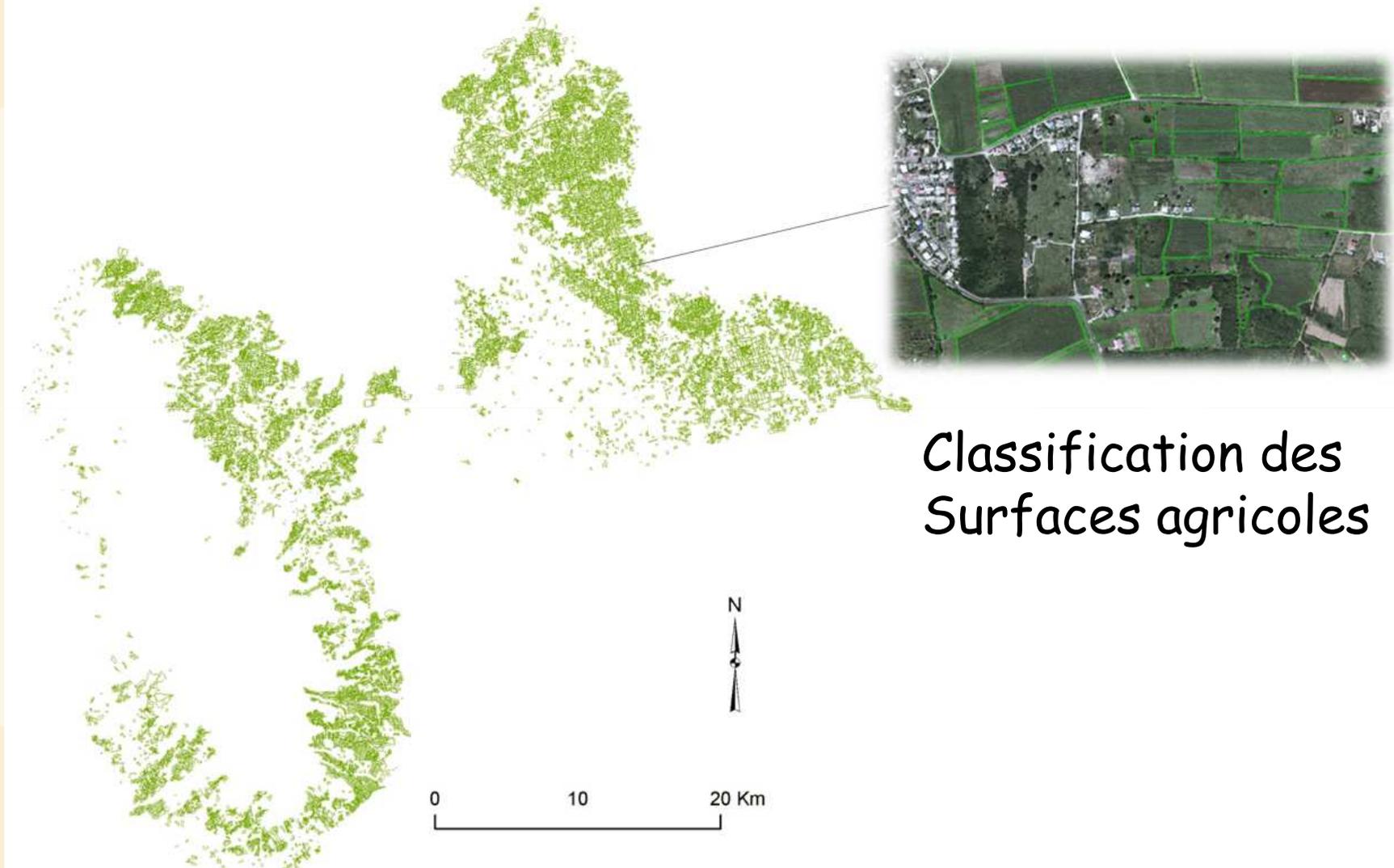
3 couches de bâtis numérisés de 1996, 2000, 2004

1 parcellaire agricole (2004-08) & espaces agricoles classés (2009)

1 Contour IRIS (1999) et 3 RGP-INSEE (1990, 1999, 2006)

Données sur le milieu naturel (Direction Agriculture et forêt, Direction du Parc National, Direction Environnement)

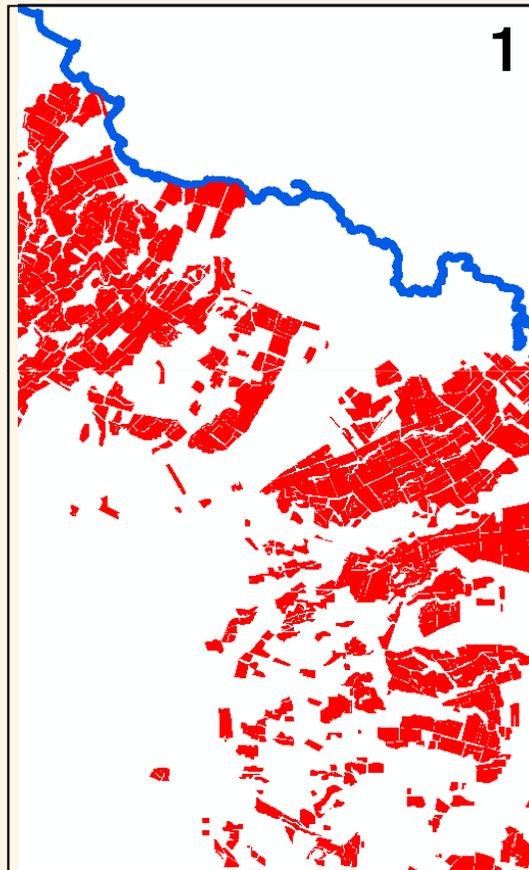
Les méthodes spécifiques: Environ.



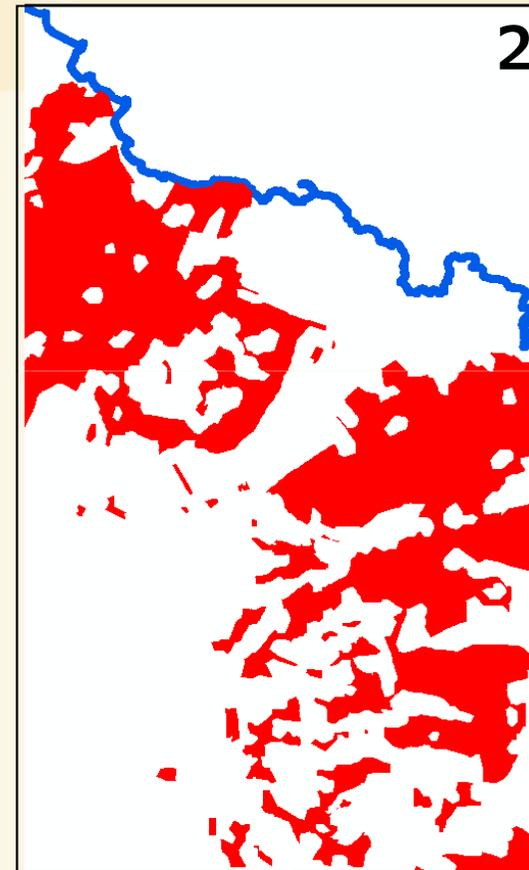
Classification des Surfaces agricoles

Les méthodes spécifiques: Environ.

Couche de référence: l'espace agricole



Fusion
→

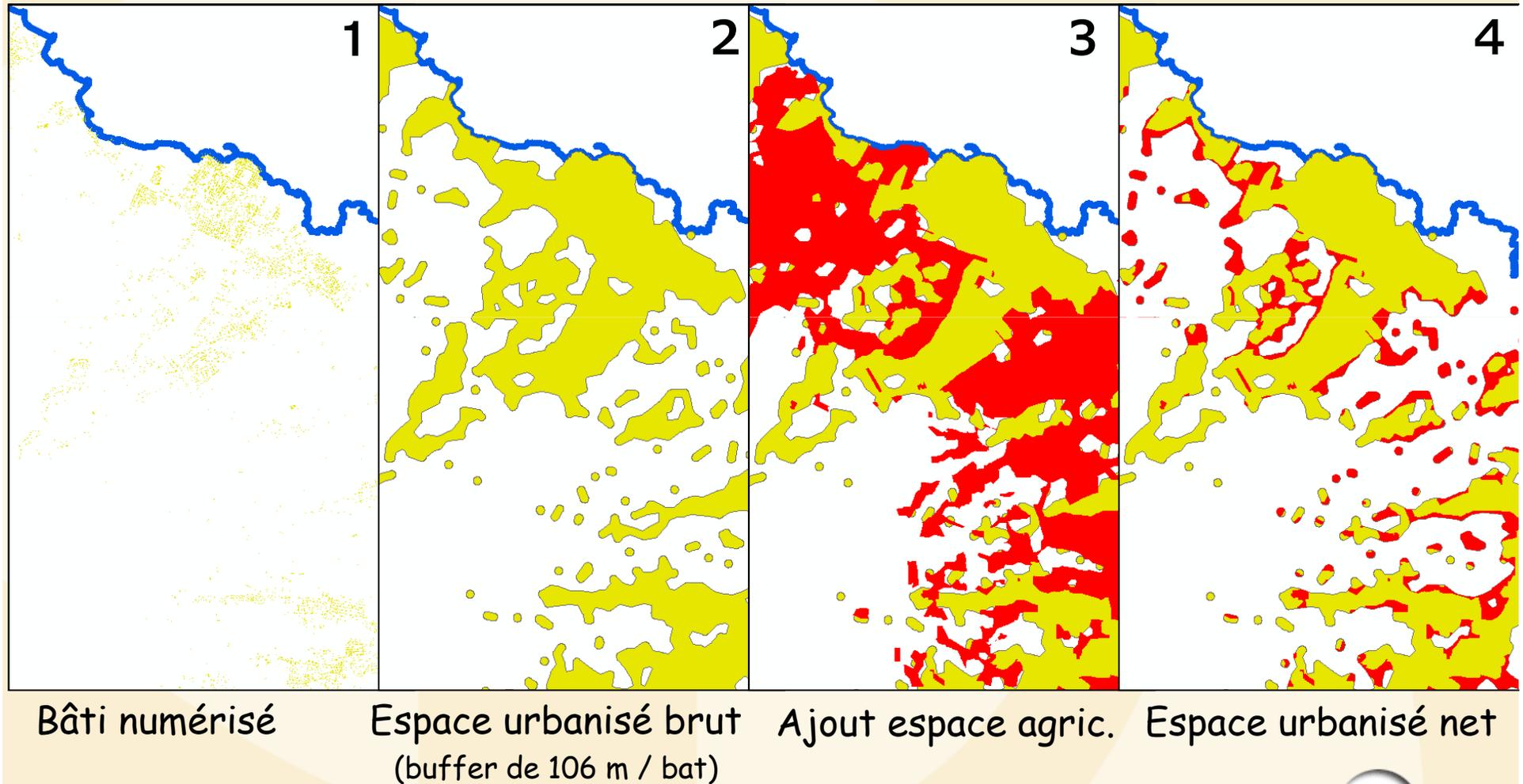


Parcelles agricoles

Espace agricole

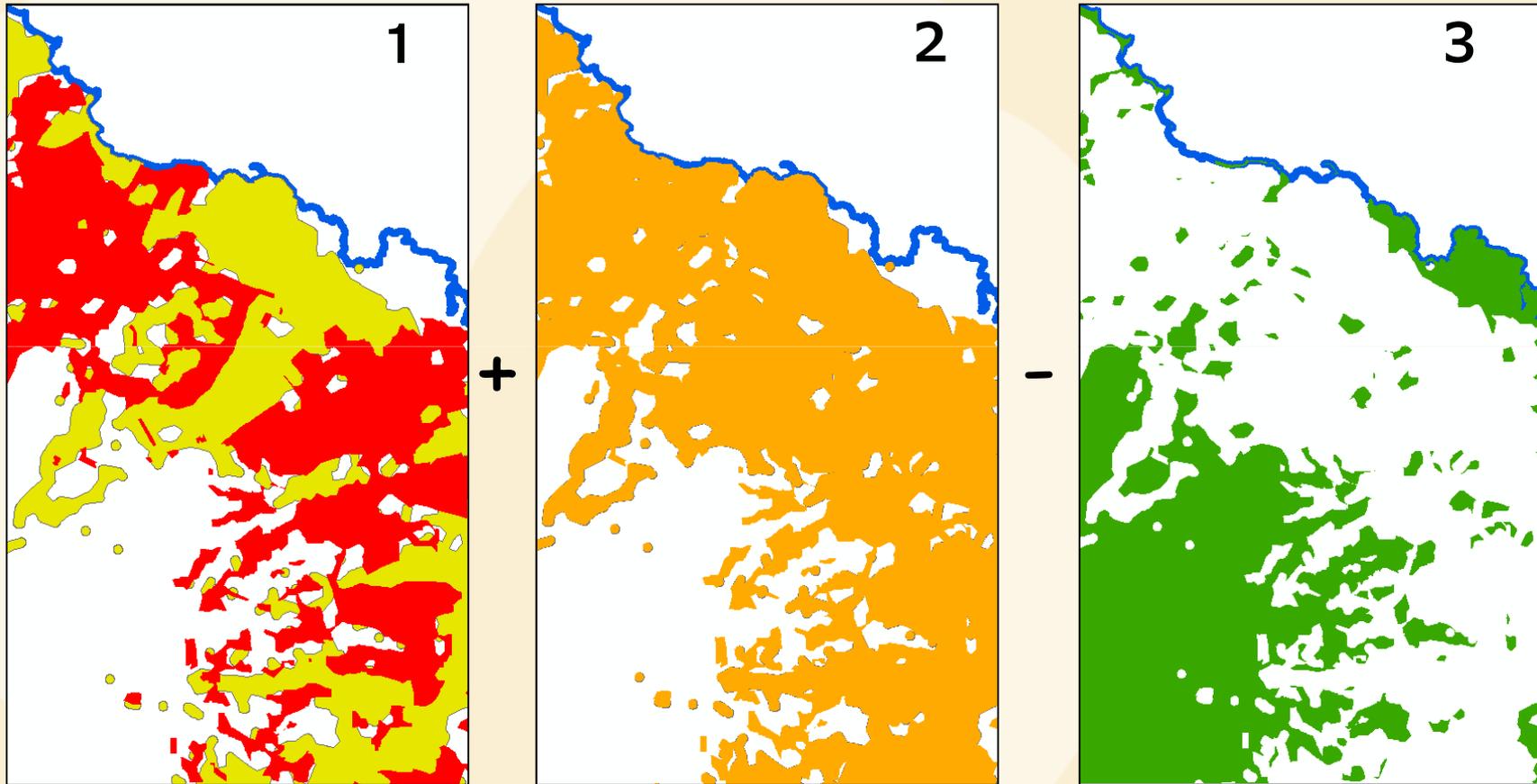
Les méthodes spécifiques: Environ.

Seconde couche: l'espace urbanisé



Les méthodes spécifiques: Environ.

Troisième couche: l'espace naturel



Espace urbanisé + espace agric

Espace naturel

Les méthodes spécifiques: Environ.

Définition des contextes d'urbanisme

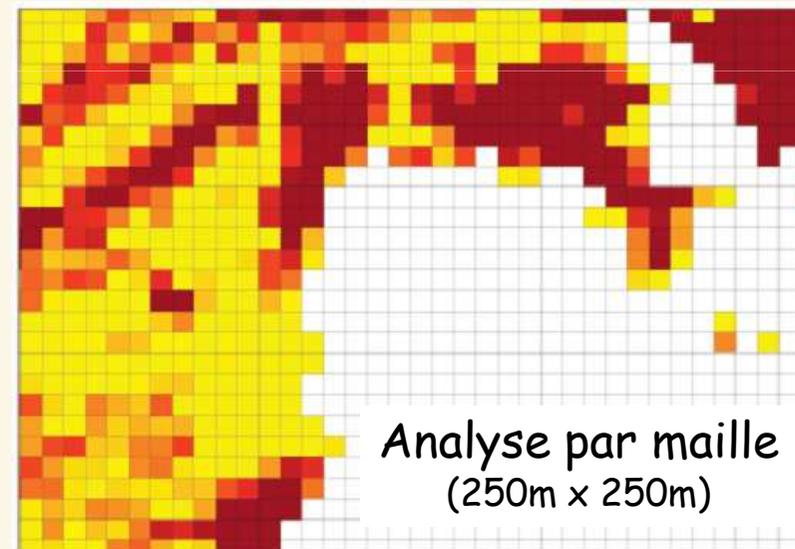
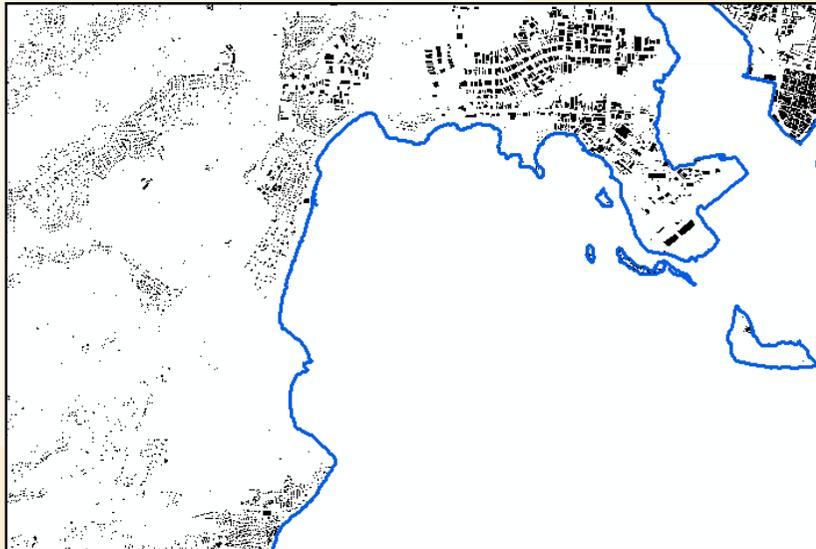
Variables pertinentes parmi les données démographiques disponibles

- Type de construction (Habitat de fortune, case traditionnelle, en bois, en dur)
- Confort de l'habitat (Sans Wc ni douche, climatisation)
- Type de logement (individuel, non)
- Taille de l'habitat (5 pièces et plus, Nb moyen de pièces entre 1 et 4)
- Type de propriété (résid. principale, secondaire/occas, vacant, Prop occupant)
- Nombre de voitures (0 & moyenne)
- Population des habitants (Nb de personnes/logement, familles avec enfant)
- Activité professionnelle (agricul, ouvrier, employé, artisan, prof interm, cadre, chômeur, retraité)

Les méthodes spécifiques: Environ.

Variables physiques complémentaires (calculé avec 1 analyse par maille)

- % des différents types d'espace (urbanisé, agricole, naturel)
- Densité du bâti par maille
- Densité du bâti dans les 8 mailles autour de la maille considérée
- Dispersion du bâti



Les méthodes spécifiques: Environ.

Analyse des données pour la définition des contextes

Informations disponibles sur la diversité des profils d'urbanisme
(« physiques » et macroscopiques)



« Centre urbain »



« Zone pavillonnaire »



« Zone agricole »

Les méthodes spécifiques: Environ.

Table à analyser (36 687 lignes, 42 colonnes)

CODE_PID_ALEN	D_LOC	DISP	U_BRUT	U_NET	A	N	INTER_U	PPARLO	MENAGF	MENRET	FAM1E+	CHOM	AGREX	RET	AGR	ARTIS	CADRE	PROFINT	EMPLOY	OUVRIERFP	LOGVA	RS_LOG	INDIV	HABFOR	CASETRA	BOIS	DUR	!	
L29-C13	37	2	225	10911	0	62500	0	10911	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L28-C13	9	0	0	0	0	62500	0	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L27-C13	12	0	0	0	0	62500	0	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L26-C13	50	23	451	10908	0	62500	0	10908	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L25-C13	174	0	0	1144	0	62500	0	1144	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L24-C13	412	118	22	16745	13281	49219	0	3464	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L23-C13	379	1086	16	61522	61522	617	361	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L22-C13	878	482	14	41652	41652	0	6923	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L30-C13	38	0	0	0	0	62500	0	0	3,62	10	27	69	40	8,5	26	11,4	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L29-C13	4	0	0	114	0	62500	0	114	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L28-C13	14	3	5	11149	0	62500	0	11149	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L30-C12	0	0	0	0	0	0	40442	0	3,58	9,3	25	71	41	8	25	11,8	6	1	8	28	30	81	11	7	96	8	20	9	62
L29-C12	0	0	0	0	0	0	20890	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L29-C12	0	0	0	0	0	0	61235	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L28-C12	0	0	0	0	0	0	17906	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L29-C12	0	0	0	0	0	12551	49949	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L28-C12	0	0	0	0	0	0	59759	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L27-C12	0	0	0	0	0	0	20054	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L29-C12	0	0	0	0	0	46877	15623	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L28-C12	0	0	0	0	0	15447	47053	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L27-C12	0	0	0	0	0	0	62159	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L26-C12	0	0	0	0	0	0	9228	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L29-C12	0	0	0	0	0	62500	0	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L28-C12	0	0	0	0	0	25076	37424	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L27-C12	0	1	146	7013	5429	2209	54863	1584	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L26-C12	0	0	0	0	0	0	22374	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L29-C12	0	1	139	5868	0	62500	0	5868	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L28-C12	0	0	0	0	0	56815	5685	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L27-C12	0	1	146	20776	19452	2409	40639	1324	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L26-C12	2	0	0	0	0	0	51182	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L25-C12	0	0	0	0	0	0	8094	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L29-C12	1	0	0	0	0	62400	100	0	3,61	9,8	26	70	40	8,4	26	11,4	6	1	9	29	29	80	12	8	96	7	18	8	65
L28-C12	0	0	0	0	0	62500	0	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L27-C12	0	0	0	0	0	56154	6346	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66
L26-C12	0	0	0	0	0	21827	40673	0	3,62	10,1	27	69	40	8,6	26	11,3	6	1	9	29	28	79	12	8	96	7	17	8	66

Les méthodes spécifiques: Environ.

Analyse des données pour la définition des contextes

Type d'analyse = analyse exploratoire multidimensionnelle

Thème actif (angle de description) = « Caractéristiques de l'habitat »

→ les variables actives (servant à la classification): Habitat

- % de chaque types d'espace (U, A, N)
- Densité du bâti de la maille et des 8 mailles autour
- Dispersion du bâti
- Logement individuel/non, type de propriété
- Type de construction, confort de l'habitat, taille de l'habitat
- Nombre de voitures

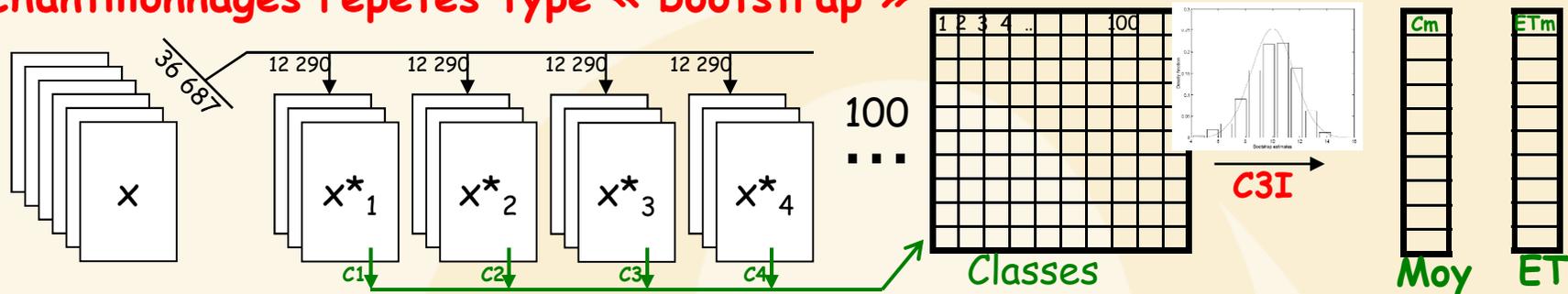
→ les variables supplémentaires (compl description des classes): Habitants

- Nb habitants/logement, familles avec enfants
- Activité professionnelle

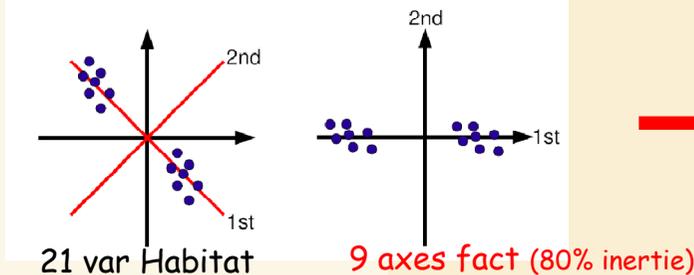
Les méthodes spécifiques: Environ.

Stratégie d'analyse

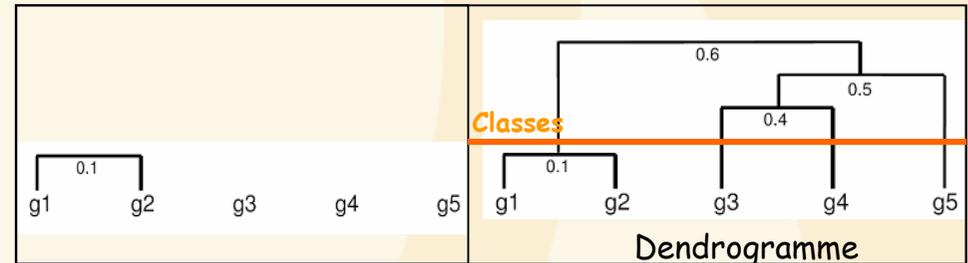
Échantillonnages répétés type « bootstrap »



Analyse en composantes principales



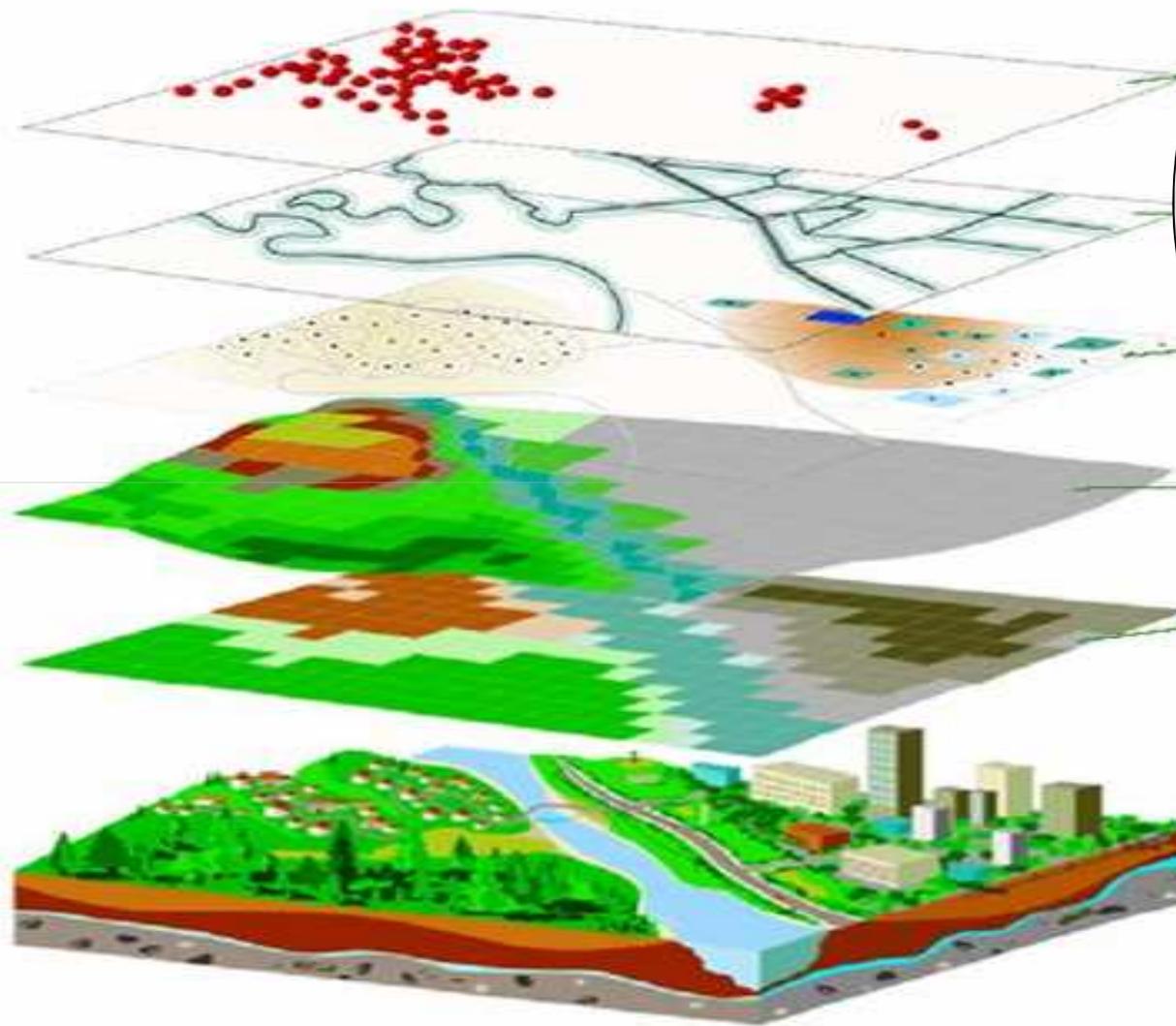
Classification hiérarchique ascendante



Analyse discriminante

↳ Combinaisons de var initiales (habitat + habitants) qui séparent les classes + classement de nouveaux « individus »

Les méthodes spécifiques: Environ.



Données sanitaires
(malades, vecteurs)

Données Environ.

Données Habitants

Contextes urbains

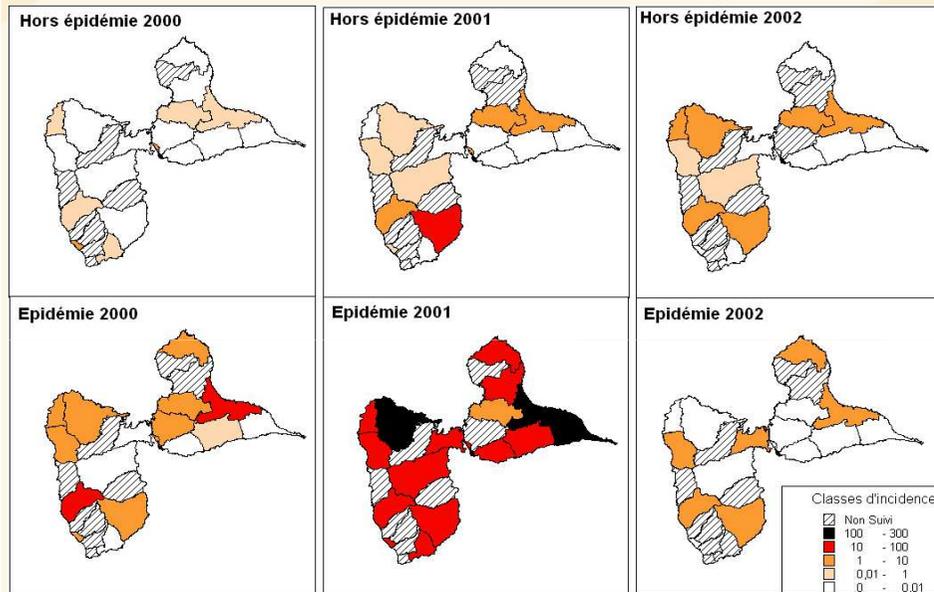
Données Habitat

Schéma général

Les résultats Sanitaires (communes)

Tx d'incidence **cas suspects**

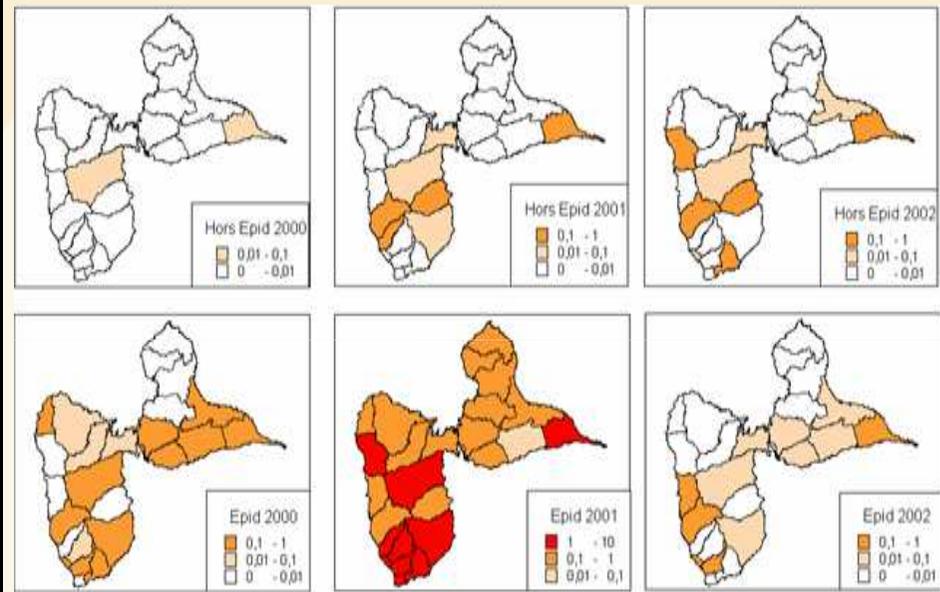
Tx d'incidence **cas confirmés**



> 100
 10-100
 1-10
 0,1-1
 Non suivi

/1000hb & Pe

7 506 cas



> 10
 1-10
 0,1-1
 0,01-0,1

/ 1000hb & Pe

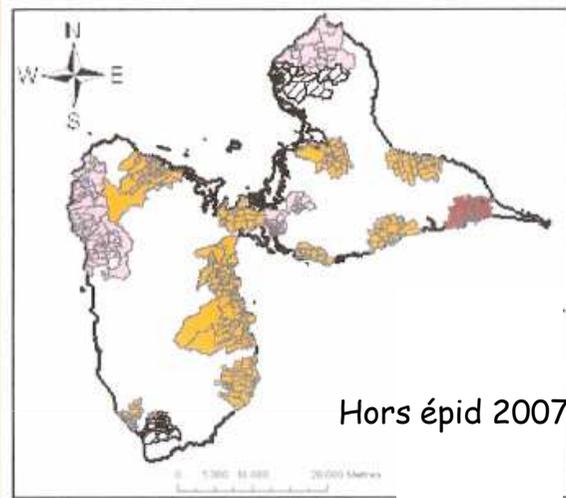
6 153 cas

DM=1,5%

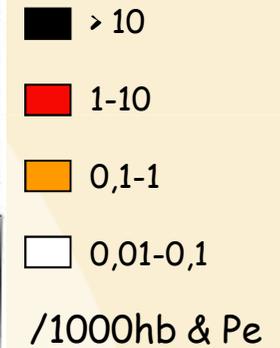
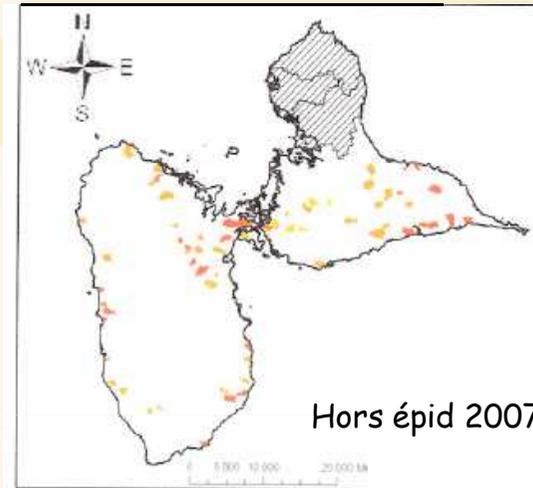
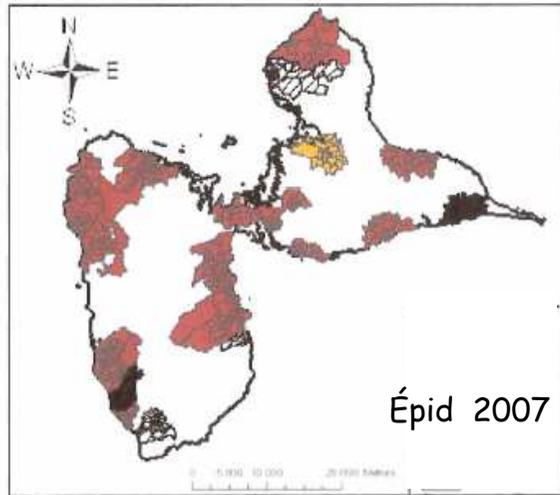
Les résultats Sanitaires (quartiers)

Tx d'incidence **cas suspects**

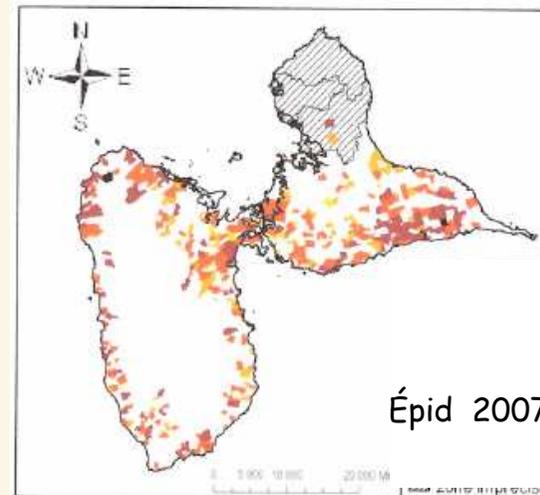
Tx d'incidence **cas confirmés**



7 506 cas

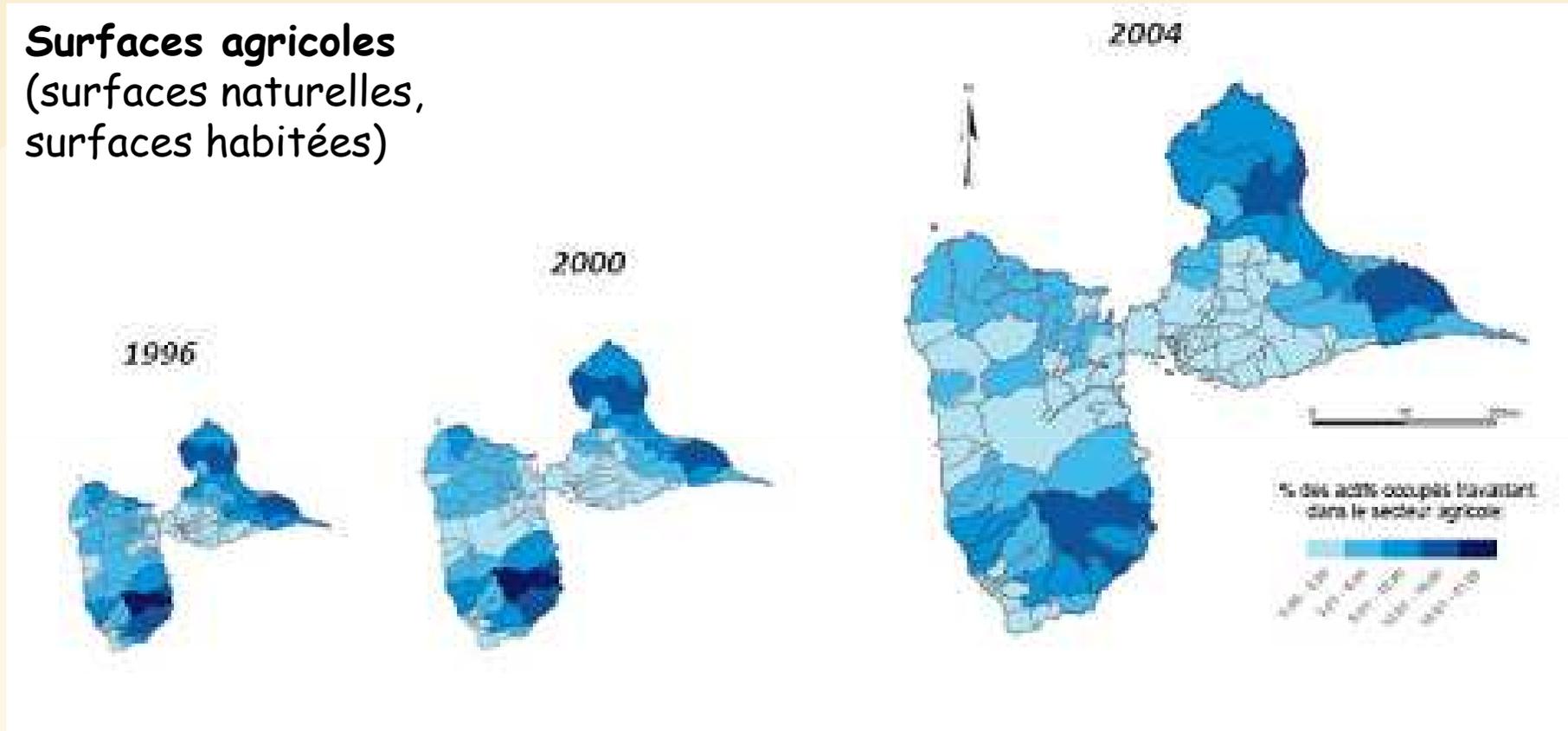


**6 153 cas
DM=16%**



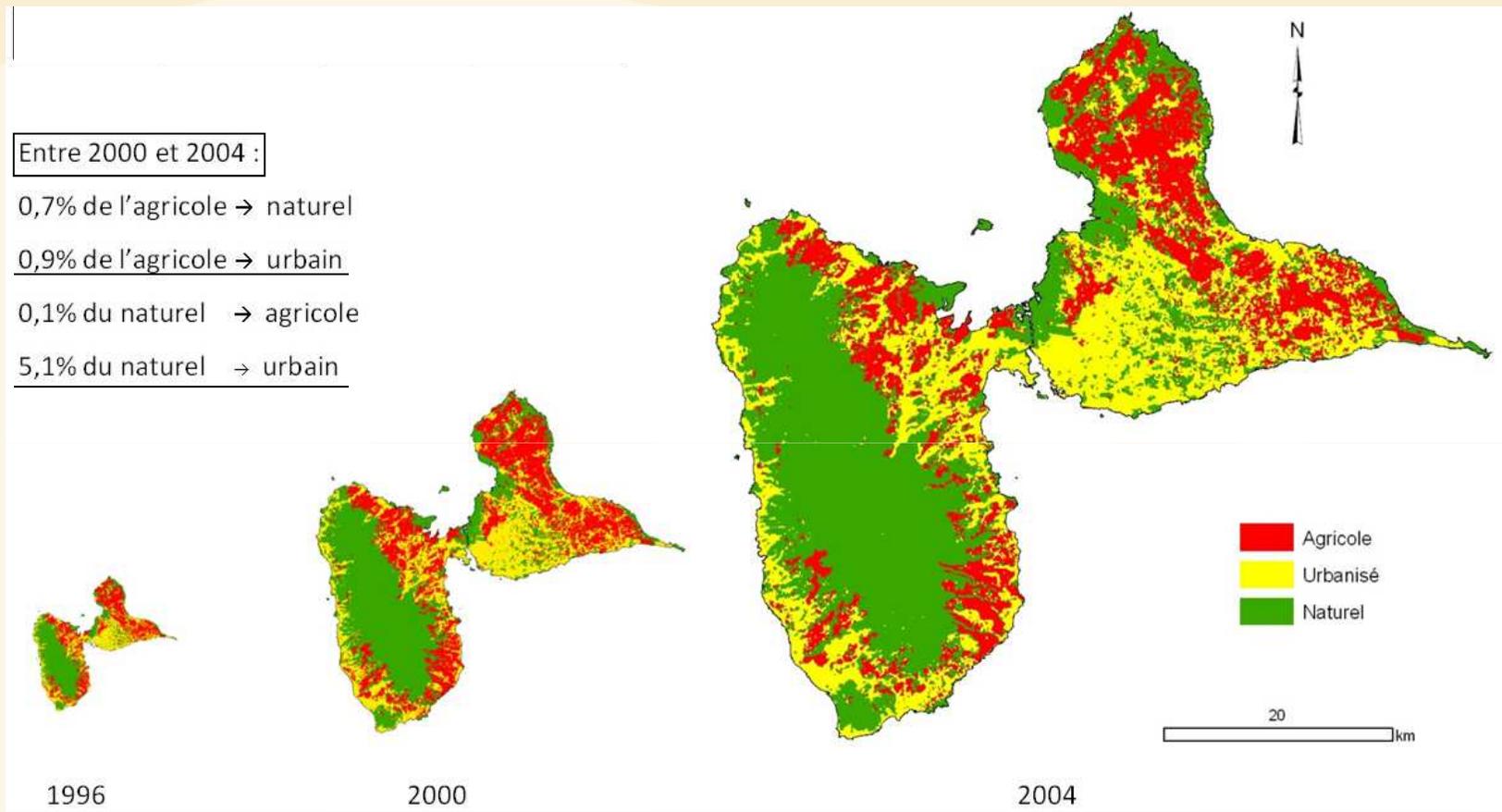
Les résultats Environnementaux

Surfaces agricoles
(surfaces naturelles,
surfaces habitées)



Évolution, dans le temps et l'espace, uniparamétrique

Les résultats Environnementaux

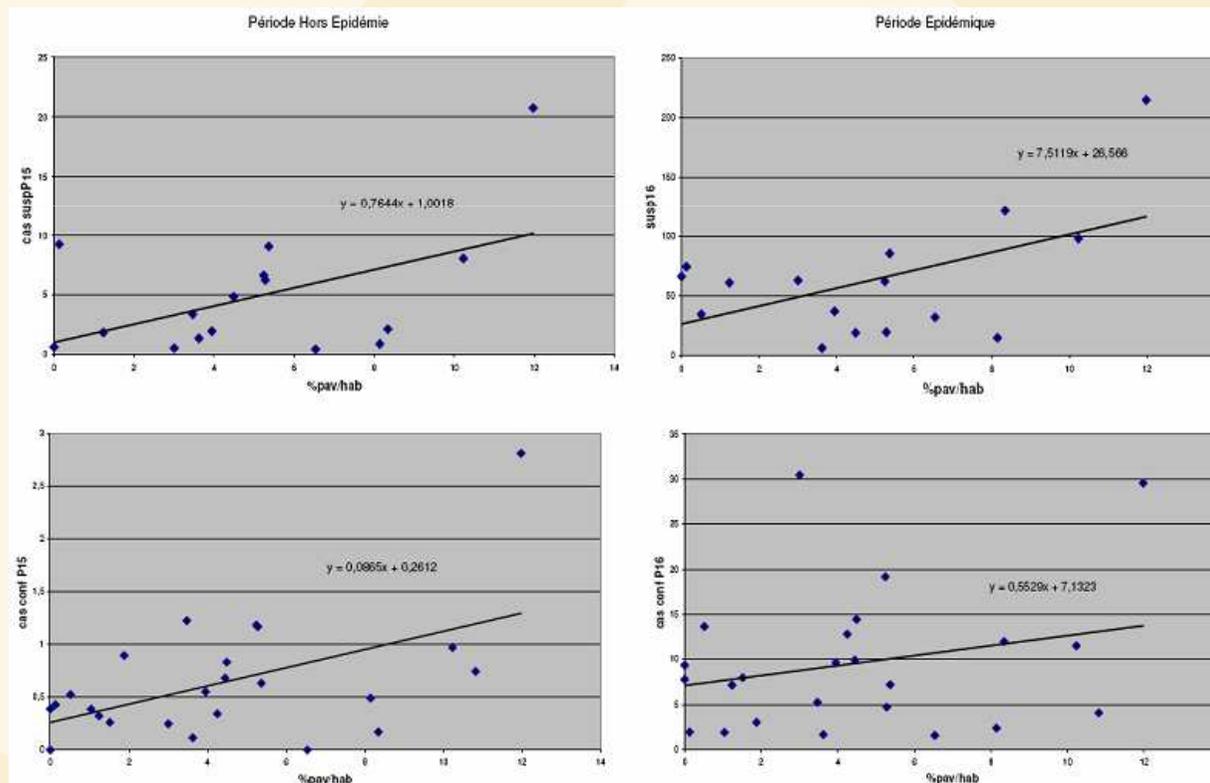


Évolution, dans le temps et l'espace, multiparamétrique

Les perspectives **immédiates**

➤ Analyses statistiques classiques (échelle des communes/quartiers)

- Contextes d'urbanisme X Taux d'incidence
- Contextes d'urbanisme X variables entomo-virologiques



Les perspectives **immédiates**

➤ Méthodes d'analyses spatiales (SIG - extensions)

- Autocorrélation spatiale
- Recherche de **clusters spatiaux**
- Analyse par **buffer** (distance rectiligne)
- Analyse par **cheminement** (réseaux de communication)

➤ Méthodes d'analyses spatiales (SIG - logiciels stat)

CrimeStat, GéoDA, Spatclus (R), SaTScan

- Recherche de **clusters spatio-temporels**
- Recherche de « **hot points** »
- **Statistiques** (significativité)

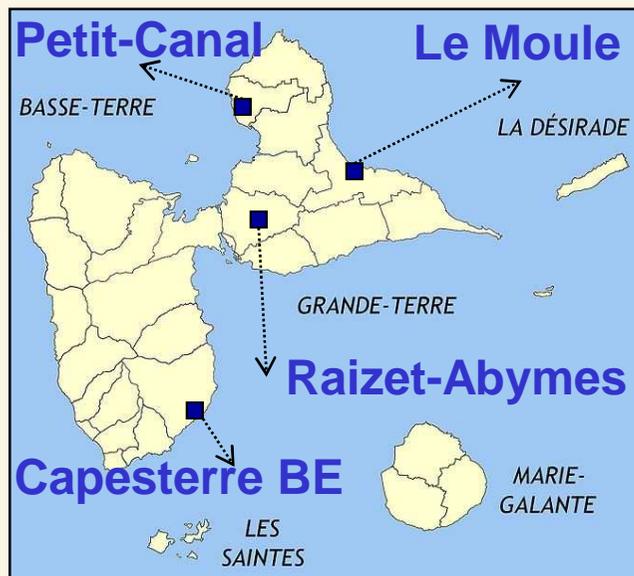
Les perspectives à moyen terme

➤ Interfaçage SIG - modèle mathématique

- 2 variables incontournables en Santé: le temps, l'espace
- Modèle mathématique déterministe (analyse fact risq, prévision)
- Point de vue mathématique:
 - Stratégie 1: temps & espace = variables → Éq dérivées partielles
 - Stratégie 2 = Sommation de modèles locaux → Éq dérivées ordinaires
- Point de vue « appliqué »
 - 1 modèle général « simple » + des paramètres locaux (→ stratégie 2)
 - adaptabilité du modèle au contexte local
 - validation par des paramètres intermédiaires
 - SIG → alimentation en données locales (climat, type gîtes, population ...)

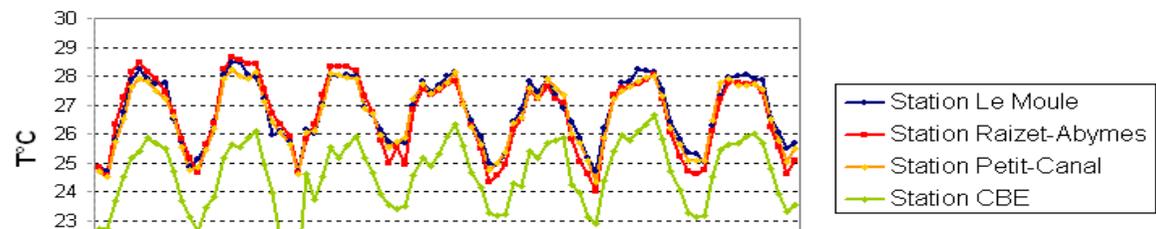
Les perspectives à moyen terme

1. Variabilité locale (exemple: climat)

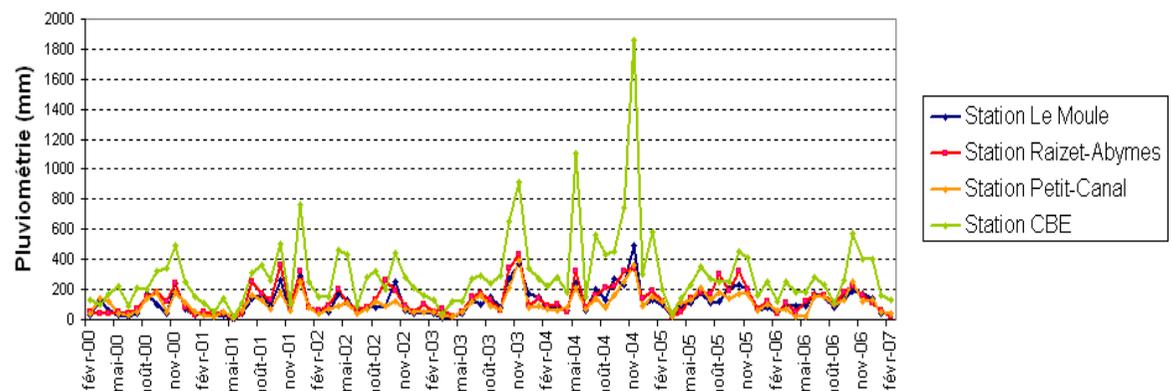


Stations Météo-France - Rainette

Moyenne mensuelle des températures moyennes



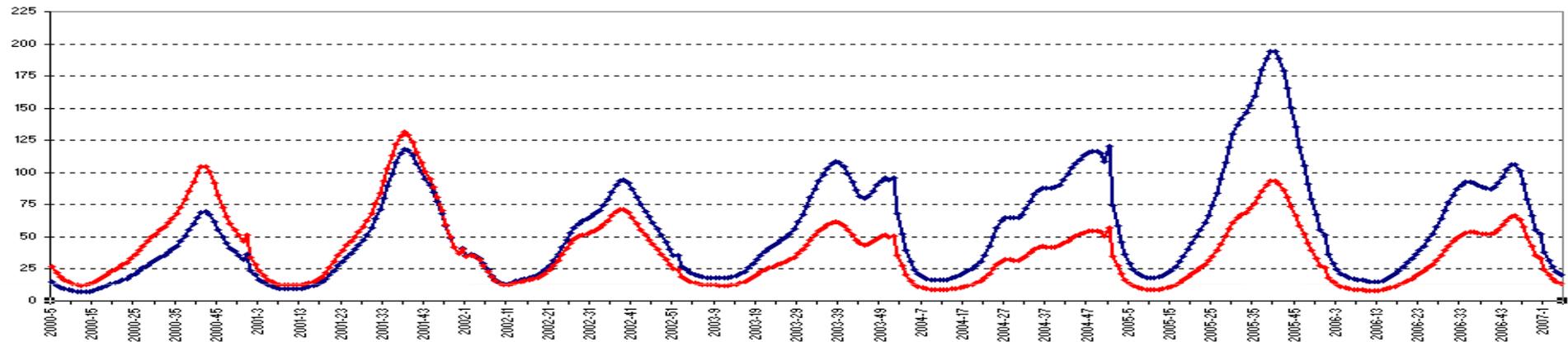
Cumul mensuel de pluviométrie



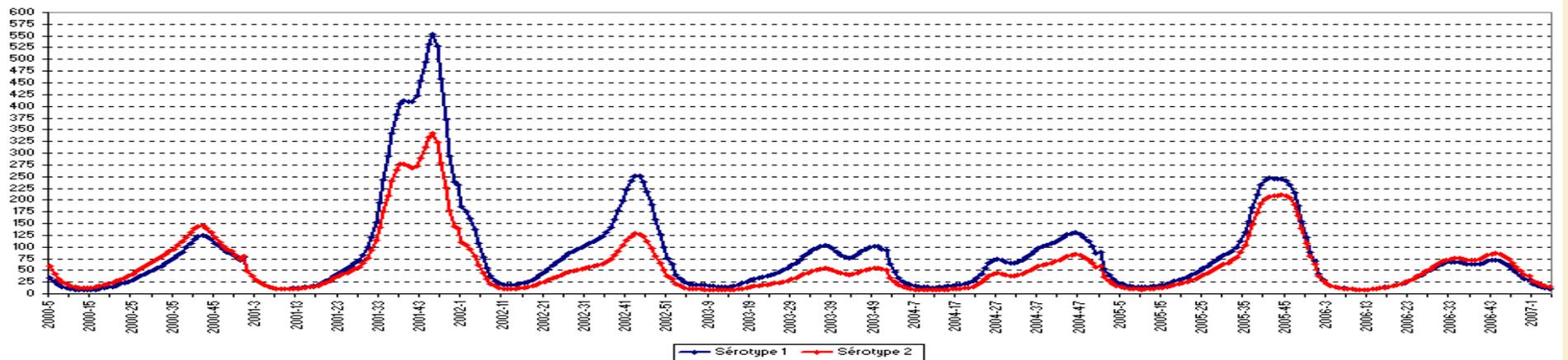
Les perspectives à moyen terme

2. Différences entre les résultats des modèles locaux

Station Petit-Canal

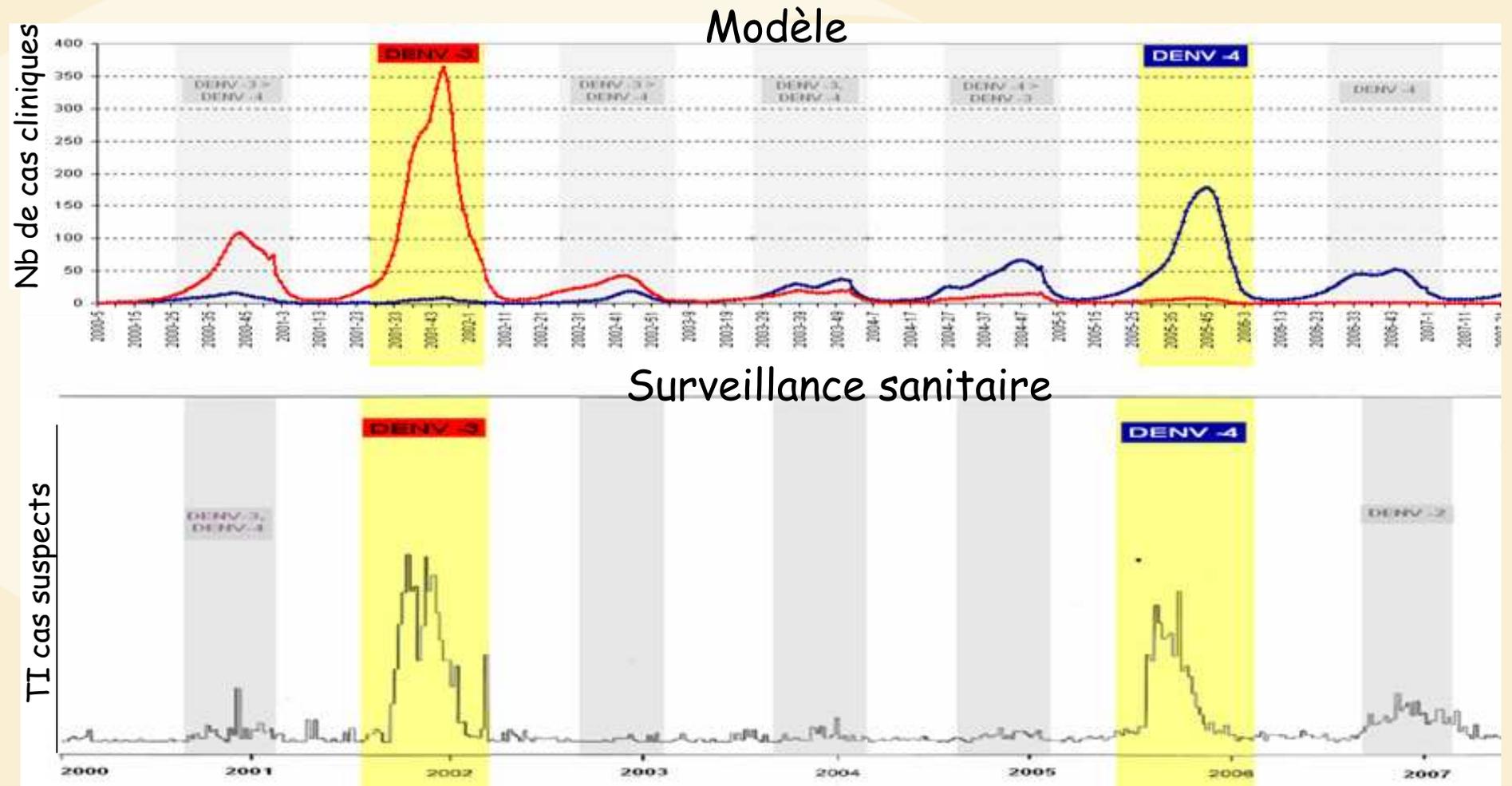


Station Raizet-Abymes



Les perspectives à moyen terme

3. Validation du modèle global = Σ des modèles locaux

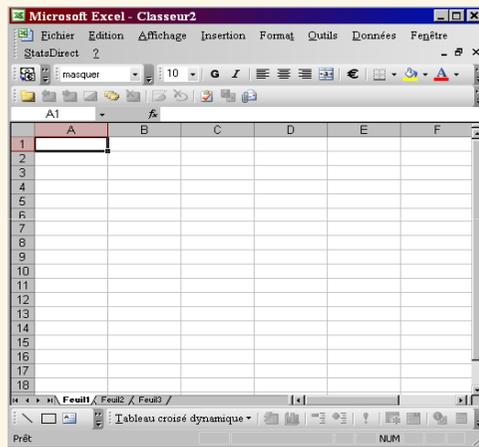


Les perspectives à moyen terme

4. Rôle du SIG

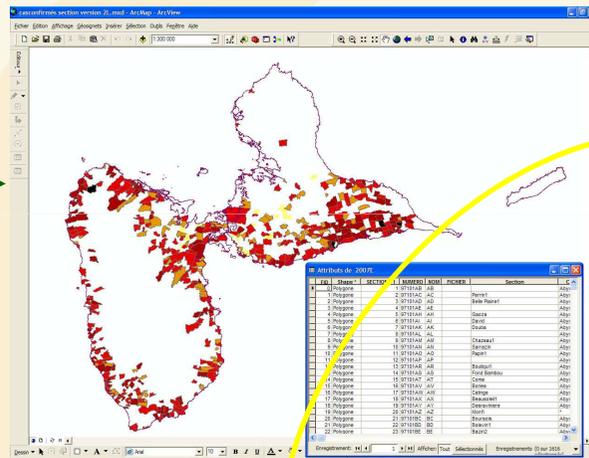
Données locales

Climat, Urb, Vect, Virus



SIG

→ données géoréférencées



Modèle math



Facteur de risque
Scénarios
Éval du contrôle
Prévision

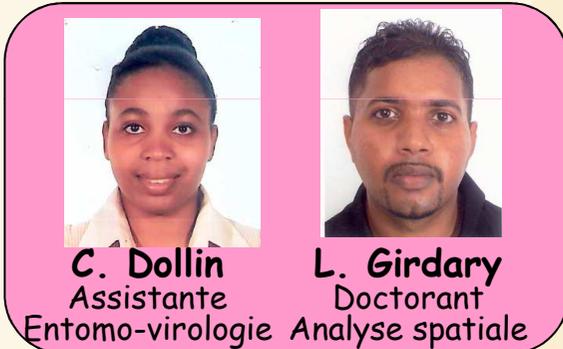
Visualisation

Équipes

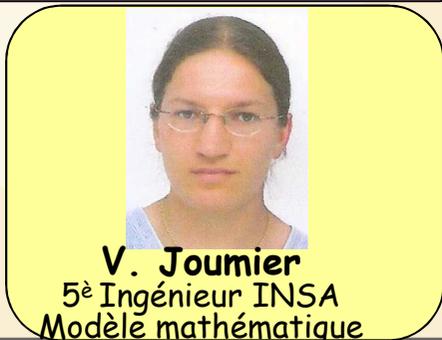
Unité des Maladies Émergentes



Environ
/SIG



Epidémio
/transm



Modèle
/maths

Collaborateurs du projet



P. Quénel
S. Cassadou
JL Chappert



CVS: F De Saint-Alary
SLAV: J. Gustave
C. Ramdini
F. Sanor



F. Reno
A. Maragnès



B. Dobrychine
A. Glaser

L'Association
des urbanistes
de Guadeloupe

E. Lancredot