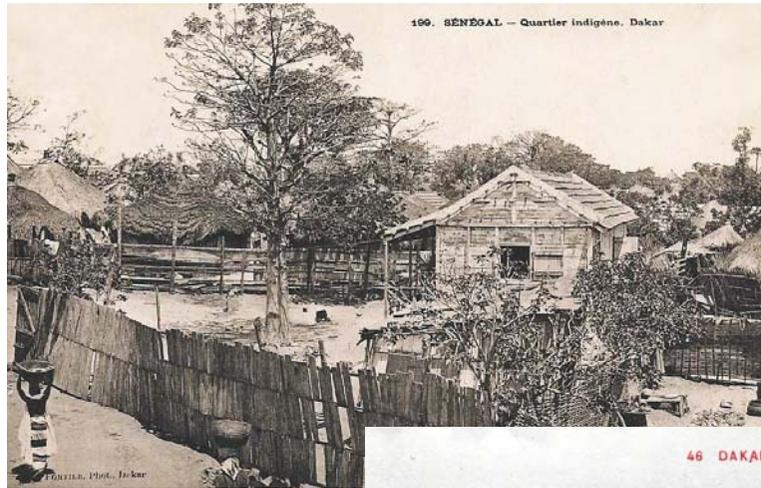


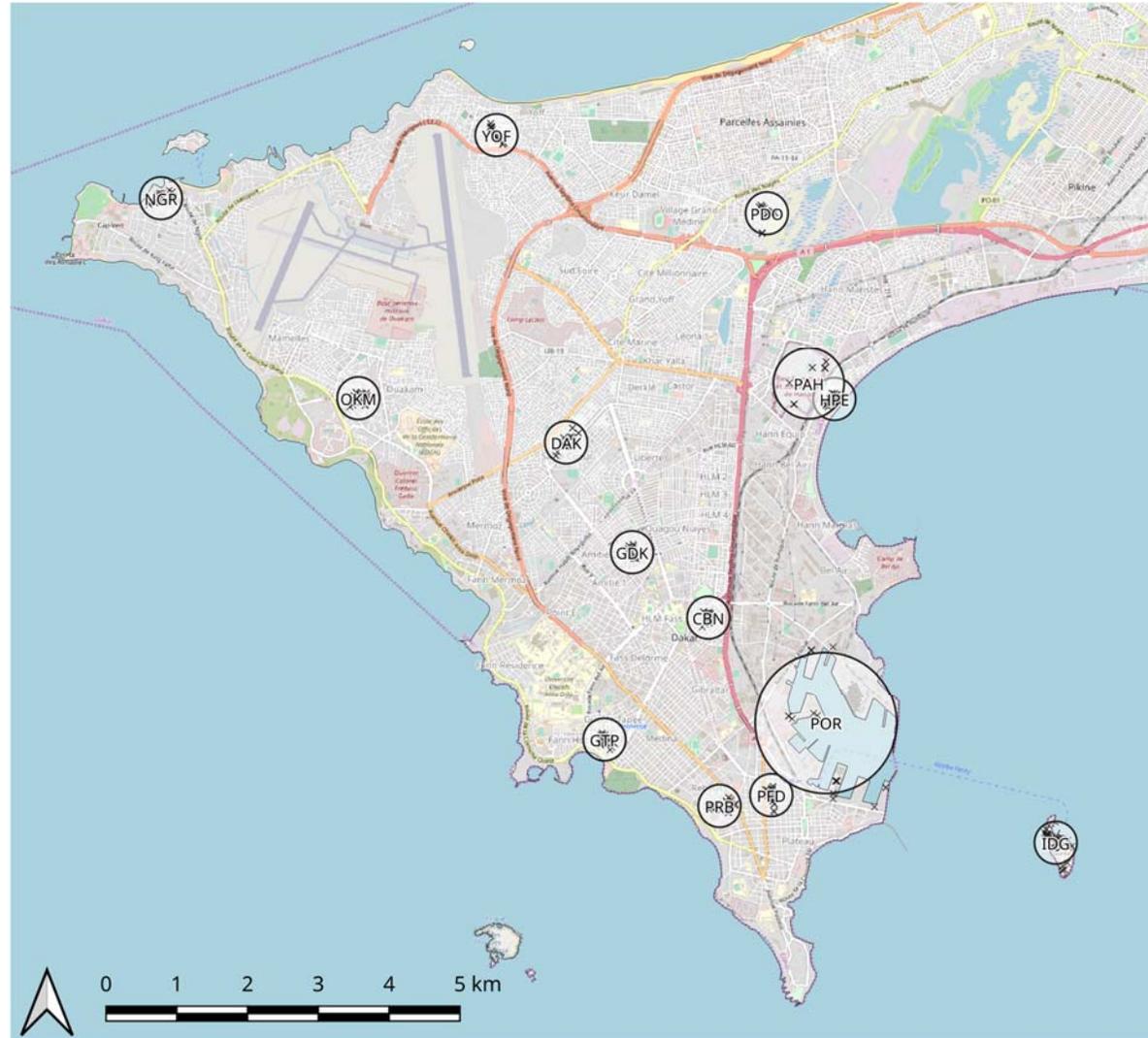
Was: Impact of historical and current features of the cityscape on the genetic structure of the house mouse (*Mus musculus domesticus*) in Dakar (Senegal, West Africa).

# Interplay between historical and current features of the cityscape in shaping the genetic structure of the house mouse (*Mus musculus domesticus*) in Dakar (Senegal, West Africa).



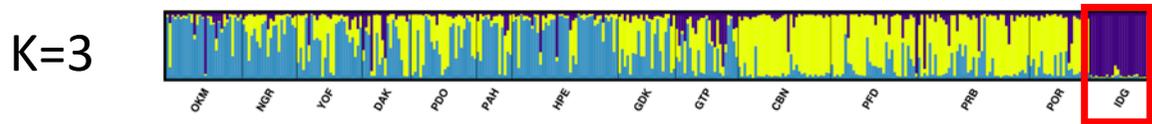
# Échantillonnage

- VSN Claire Stragier en 2016-2017 : 12 populations continentales + Gorée (Claire Stragier, Mamadou Kane, Aliou Sow, Youssou Niang, Mamadou Diallo)
- + Projet ENEMI : pop “DAK” en 2014
- ~ 300 mètres de rayon  
sauf Parc de Hann (500m) et Zone Portuaire (1km)
- Au total, 551 souris individuellement localisées et génotypées

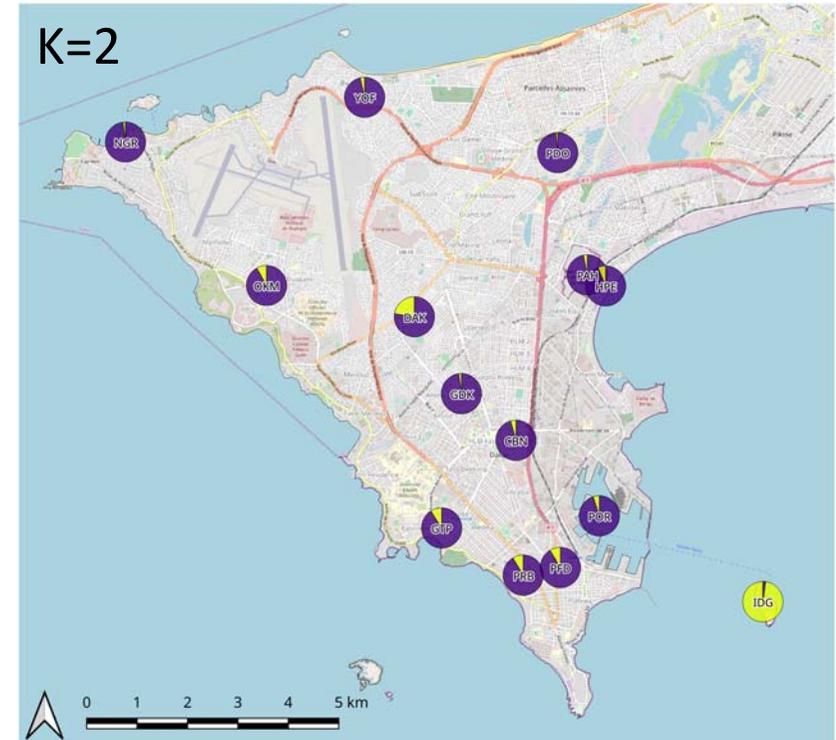


# Résumé de l'épisode précédent...

- 15 locus microsatellites (+ séquences D-Loop)
- Génétique des pops' "classique" (structure, ...) : Séparation de l'île de Gorée mais pas de signal clair ailleurs (IBD)



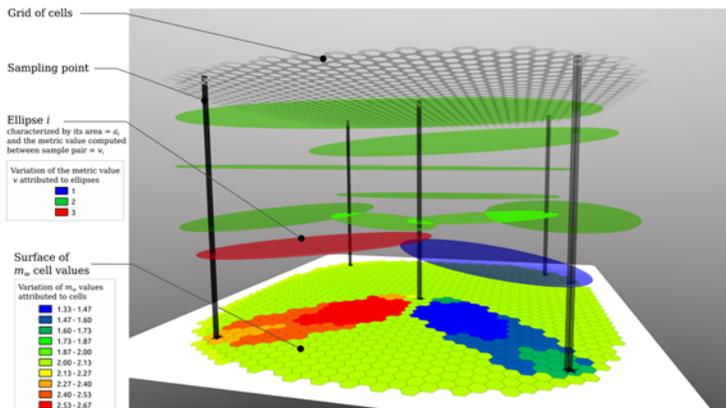
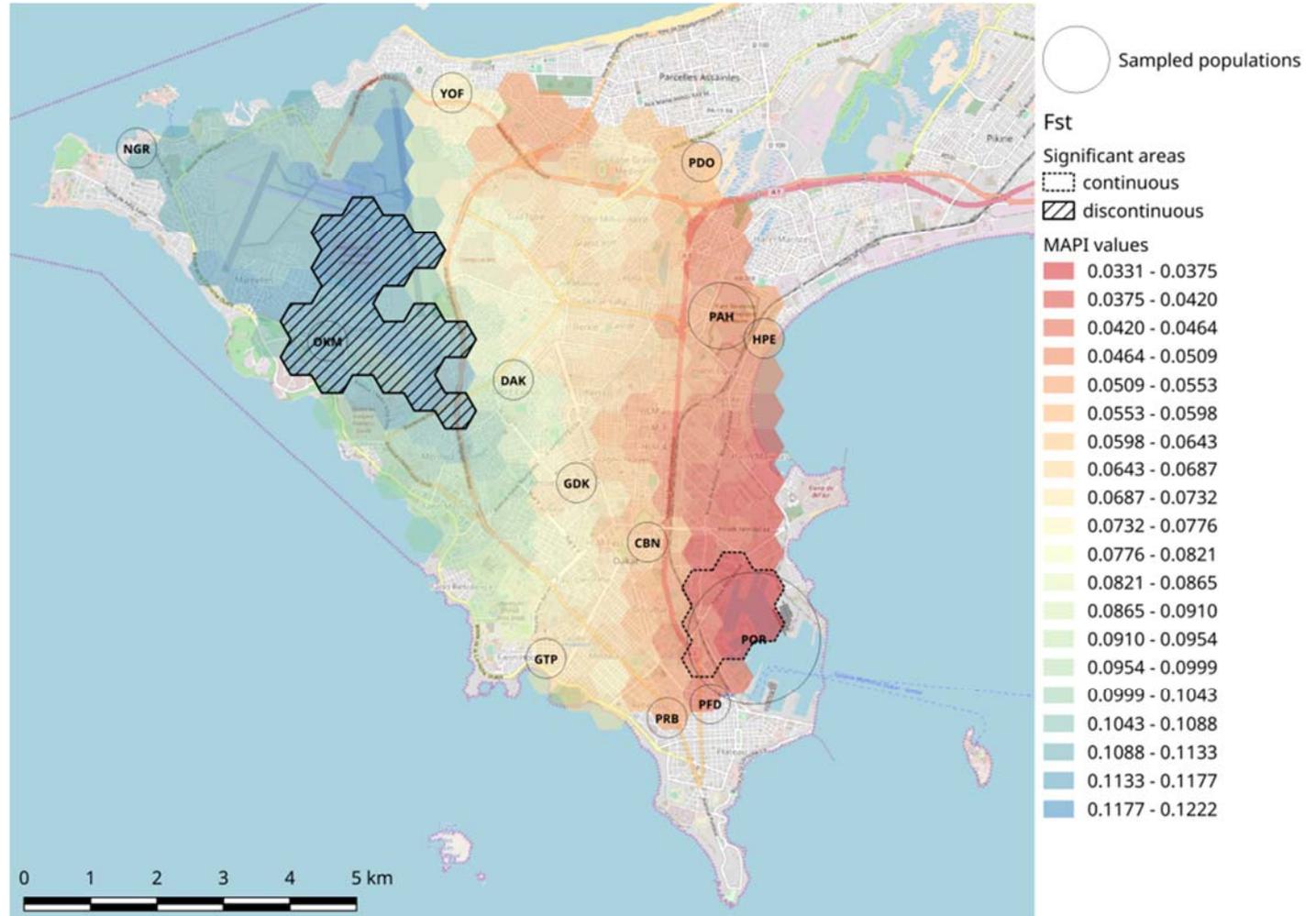
---> Approche "landscape genetics" spatio-temporelle (digitalisation de cartes anciennes, variables contemporaines)



# Analyse "MAPI" du $F_{st}$

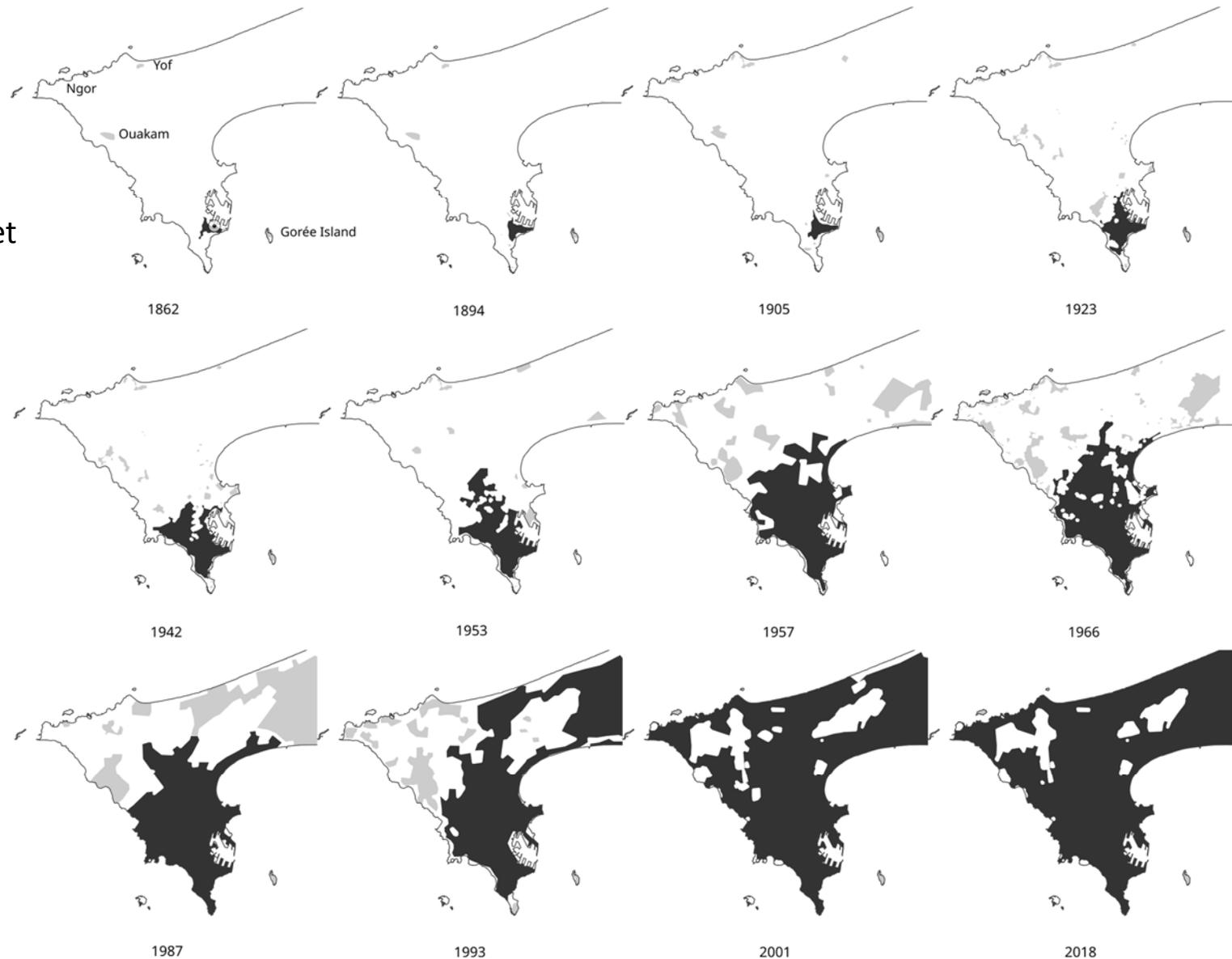
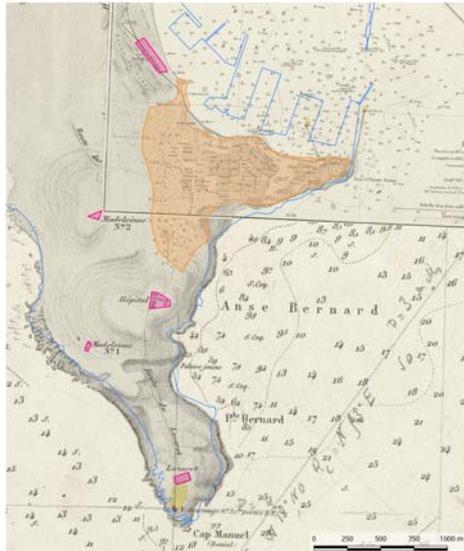
- Interpolation dans une grille de la différenciation spatialisée sous forme d'ellipses, entre **paires** de populations

--> Cartographie (globale) de la différenciation



# Données historiques

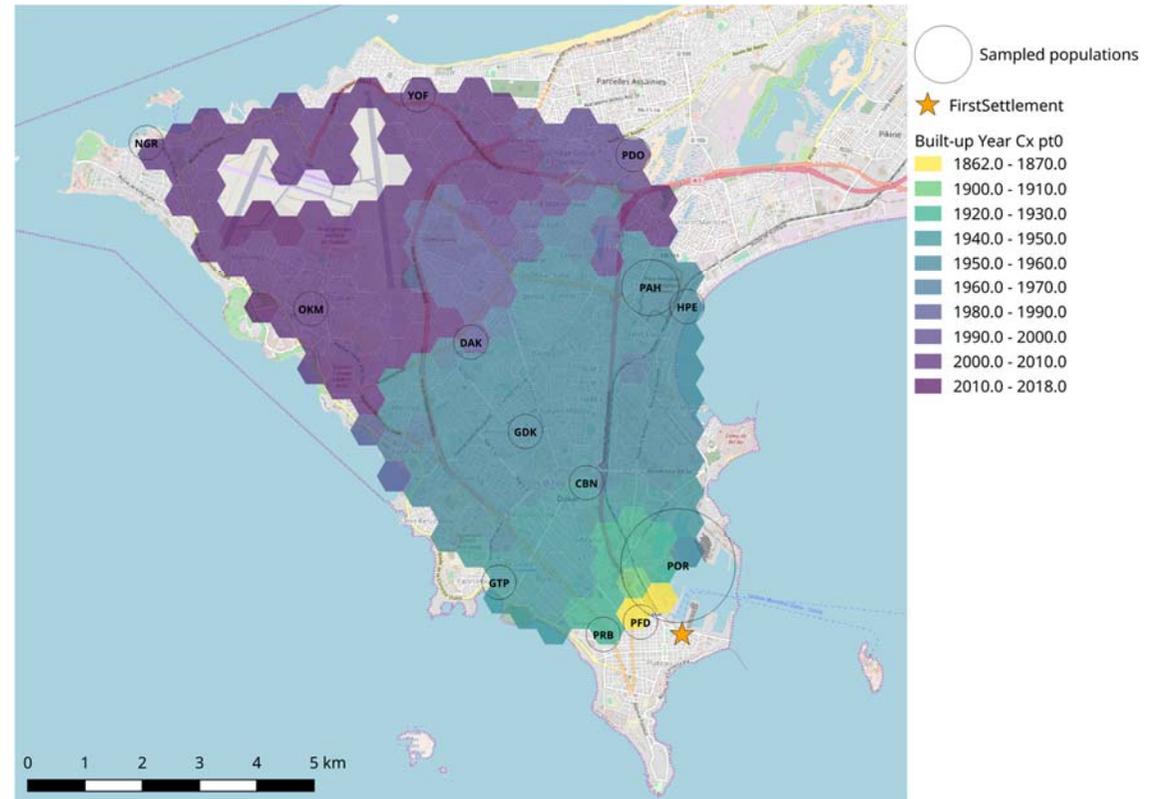
- Digitalisation de cartes anciennes et contemporaines
- 12 couches retenues
- Bâti connexe à la première construction coloniale (noir) ou disjoint (gris)



# ... réunion “rongeurs” de 2018 ...

- Recherche de variables explicatives diverses et variées :
  - Date de construction, de connexion
  - Distance au port, au chemin de fer
  - NDVI (végétation)
  - etc.....

Exemple : date de connexion du bâti



# Données socio-économiques

- Thèse et article de Marion Borderon (merci !!)
  - Données spatialisées de typologie urbaine (2014)
  - “landcover” (végétation, sol nu, ...)
  - Utilisées en écologie urbaine (moustiques)

Tissus urbains	Caractéristiques visuelles <sup>1</sup>	Qualité visuelle <sup>4</sup>	Parcelles d'entraînements <sup>2</sup>	Localisation principale par commune	Type d'habitat & strates socio-économiques corrélées <sup>3</sup>	Document photographique de quartier représentatif du type de tissus urbains
Urban 1	Quartier quadrillé, voirie goudronnée entre les lotissements et chemin de sable entre les parcelles. Des places publiques sablonneuses (terrain de jeu (foot), zone publique de marché, arrêt (des bus)) peu de végétation.			Urban 1 	Habitat spontané régulier. Habitat réalisé par auto-construction sur des lotissements approuvés. (ex : Parcelles Assainies) Quartier quadrillé, voirie goudronnée entre les lotissements et chemin de sable entre les parcelles, prédominance de maisons à étage, en dur, souvent du béton. Densité moyenne.	 Les parcelles assainies
Urban 2	Voie goudronnée, densité de bâti importante, bâtiment en hauteur. Quadrillage bien visible.			Urban 2 	Quartier du marché de Sandaga et du Plateau notamment, centre ville de Dakar, habitat régulier planifié, pas de sable, goudron. Bon équipement (réseau d'adduction d'eau, égoût) et situation avantageuse : très bonne accessibilité. Qualité du logement : appartements et maisons hautes ; quartier ancien et commerçant, plutôt des locataires, et présence notable de non-afriains.	 Duclos
Urban 3	Irrégularité du bâti, voirie peu lisible entre le parcellaire. Parcelles de petite taille, sans disposition géométrique préalable. Zones d'eau et de végétation inégalement au milieu du paysage urbain			Urban 3 	Habitat spontané irrégulier, quartiers créés par les départs/régularisations et l'extension urbaine de la ville depuis les années '70-80, résultant de la migration rurale, nourrissant les communes de Guédiawaye et Pikine. L'occupation de cet espace s'est faite de façon non planifiée/parfois sans titre foncier ni redistribution foncière (ou le nom qui leur est parfois attribué de « quartiers flottants ». Les rues sont étroites, sablonneuses et difficiles d'accès pour les véhicules motorisés. On retrouve dans ces quartiers les zones qui ont subi et subissent des inondations.	 Bagdad (sous les yeux depuis 2007)
Urban 4	Maisons plus isolées, voirie goudronnée, végétation dense entre les parcelles. Densité de bâti relativement faible.			Urban 4 	Zones résidentielles de bon standing. Maisons individuelles à deux étages, villas avec jardins ou résidence surveillée. On retrouve les quartiers aisés de Dakar : le long de la Corniche (Fam, Sacré-Cœur), à Point E, Antinéa et certains quartiers de Liberté ou encore aux Almadies et à Ngor (hors Ngor village).	 Antinéa 2
Urban 5	Bâti de grande taille, réflectance du toit importante (toit de tôle par exemple). Morphologie non adéquate à du bâti à vocation résidentielle.			Urban 5 	Habitat non résidentiel, à vocation plus industrielle ou bâtiments officiels de type administratif. Classe faiblement représentée sauf dans les DII à vocation majoritaire de zone industrielle. Grand bâtiment (discrimination supposée améliorée notamment par canaux texturés).	 Zone industrielle près de Ham Montagne
Urban 6	Densité de bâti importante, pas de quadrillage, ni de reconnaissance aisé de la voirie, impression d'îlots de maisons agglomérées			Urban 6 	Habitat anarchique, parcelles de petite taille, maisons de peu de hauteur, forte densité de bâti, routes en sable, étroites. On retrouve l'habitat de type villageois (les villages traditionnels de pêcheurs de Hann, Ngor, Yoff, Ouakam, Cambérine, disséminés le long de la presqu'île, où les habitants ont toujours fait prévaloir un droit coutumier sur la terre. Dans ces anciens villages, le sol est considéré appartenir, dans la plupart des cas, à l'ensemble de la collectivité libés.	 Hann Montagne, ancien village libou sur le bord de mer



Cybergeo : European Journal of Geography  
Cartographie, Imagerie, SIG | 2014

Qualifier les espaces urbains à Dakar, Sénégal  
Résultats préliminaires de l'approche croisée entre télédétection et données censitaires spatialisées

Marion Borderon, Sébastien Oliveau, Vanessa Machault, Cécile Vignolles, Jean-Pierre Lacaux et Alphousseyni N'Donky

<sup>4</sup>Extrait d'image SPOT 5 de 2007 en saison humide - résolution 2,5m - MIR 10m - Traitements classification supervisée avec canaux texturés - Laboratoire d'aérologie, V. Machault, C. Vignolles et JP. Lacaux - Décembre 2011.

<sup>1</sup>Reconnaissance des éléments sur trichromie classique RGB et analyse de la matrice de co-occurrence par canaux texturés (variance et hétérogénéité)

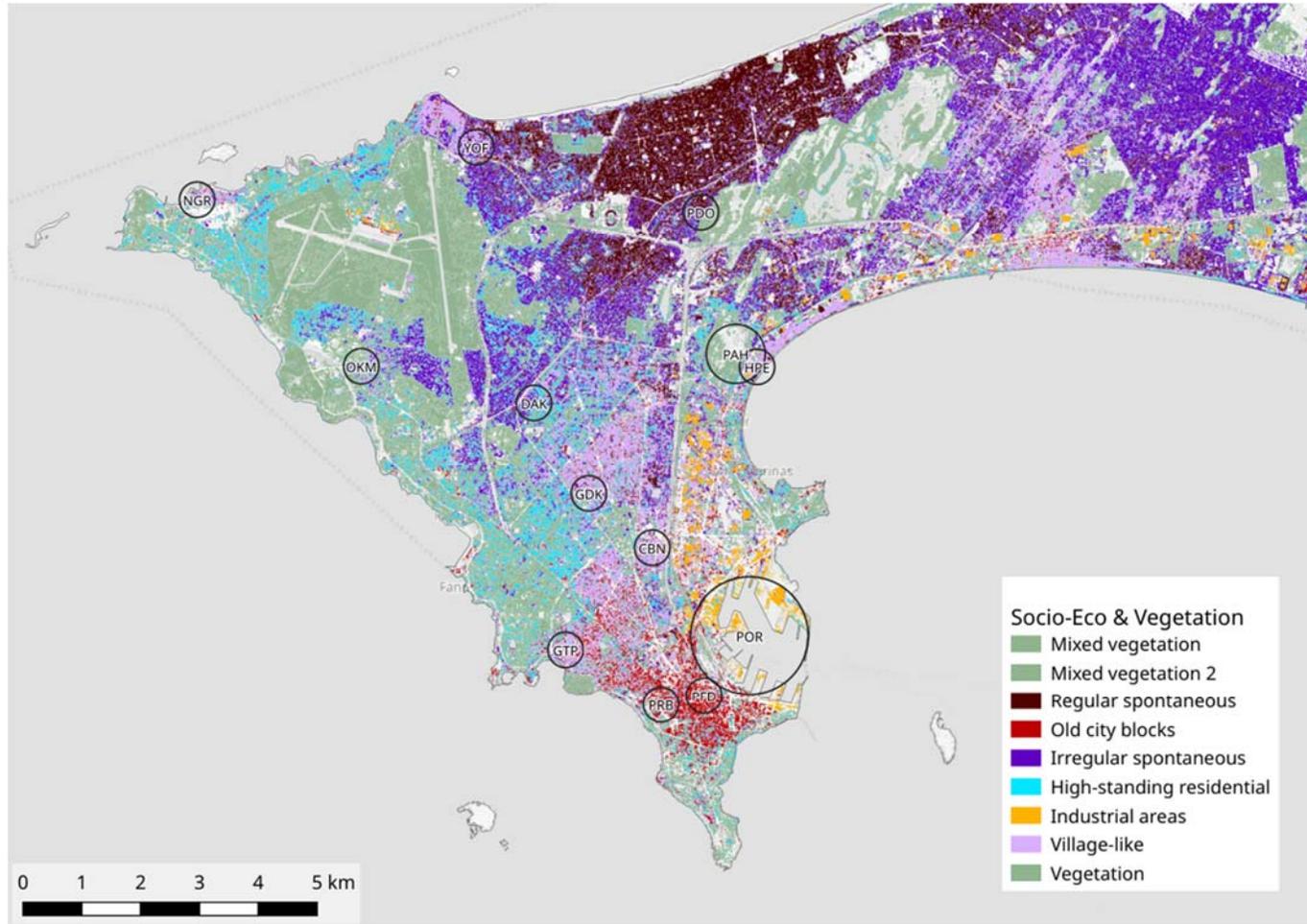
<sup>2</sup>D'après la typologie proposée par l'ONU -Habitat dans son rapport « Sénégal: Profil urbain de Dakar » sur le thème « Bidonvilles », 2008 - 36p.

<sup>3</sup>D'après les résultats issus de la classification ascendante hiérarchique des inégalités de richesse, réalisée d'après l'analyse de variables du RGPH financiers par l'ANSD. À sélectionner par analyse exploratoire des données RGPH 2002 sur les 2000 Districts de Recensement (DR) de l'agglomération dakaraise. Classification mise en relation avec les profils urbains extraits de l'image SPOT 5 fournie par le CNES au laboratoire d'aérologie. Voir les résultats de la matrice de corrélation et ceux du kh II.

# Choix des variables

- Données historiques :
  - Âge du bâti
  - Âge de la connexion à la première fondation
- Données socio-économiques et de “landcover”
  - Six classes d'habitat urbain
    - 1: Habitat spontané régulier (Regular spontaneous habitat)
    - 2: Cité historique (Old city blocks)
    - 3: Habitat spontané irrégulier (Irregular spontaneous habitat)
    - 4: Résidentiel (High standing residential)
    - 5: Zones industrielles (Industrial areas)
    - 6: Habitat de type villageois (Village-like habitat)
  - Végétations

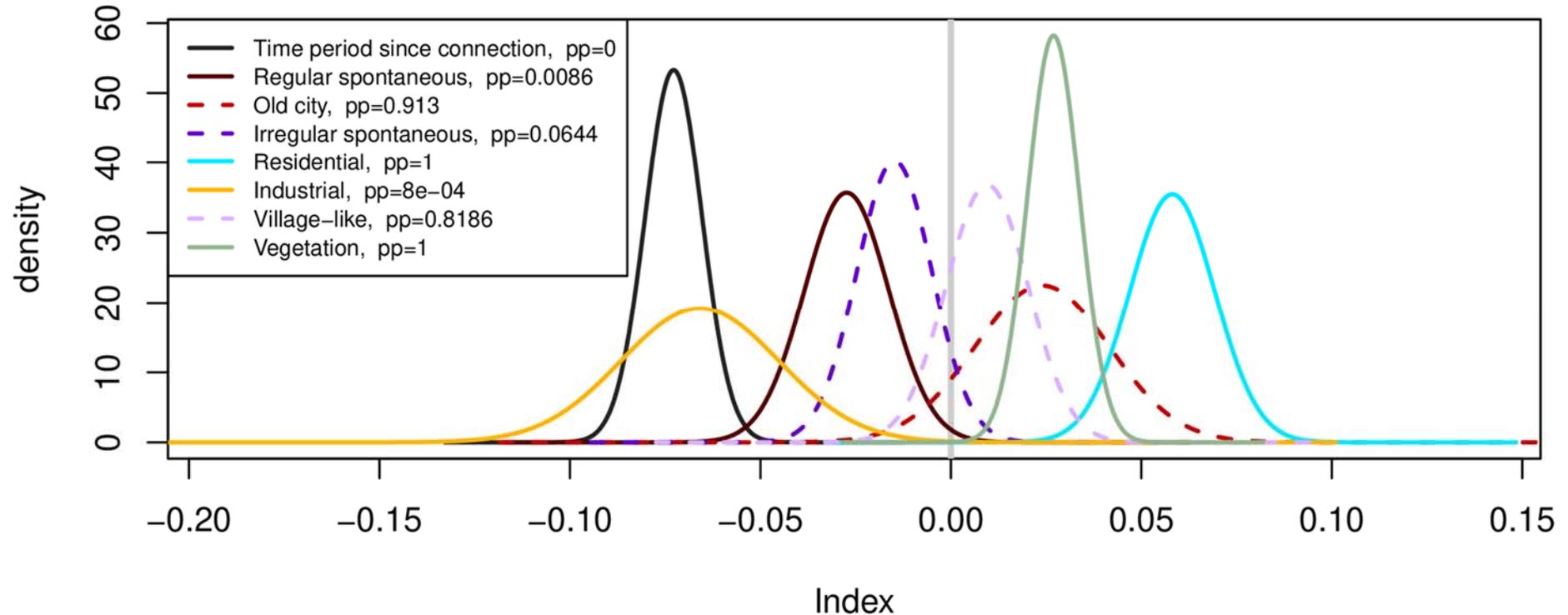
# Carte Socio-économique + végétation



# Estimation de l'effet des variables

## Modèle auto-régressif conditionnel estimé en bayésien

- Modèle linéaire avec prise en compte de l'autocorrélation spatiale
- Probabilité postérieure de chaque variable



# Première version...

- Dépôt du pré-print sur



- ... et soumission à



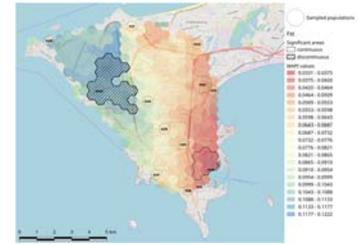
... jusqu'au retour des reviews !

# ... peut mieux faire !

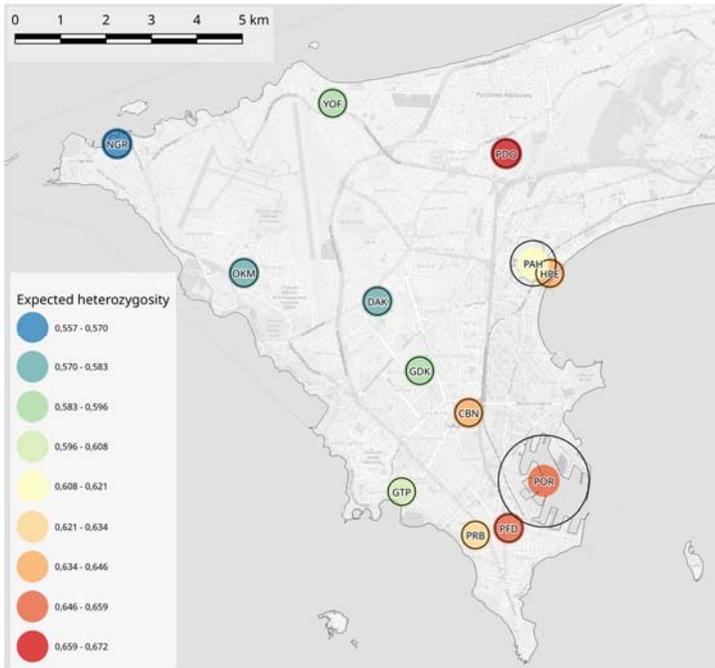
- Pertinence de l'échantillonnage ? (13 populations continentales)
- Analyse plus classique des populations
- Prise en compte de la collinéarité
- Séparation des effets historiques et contemporains



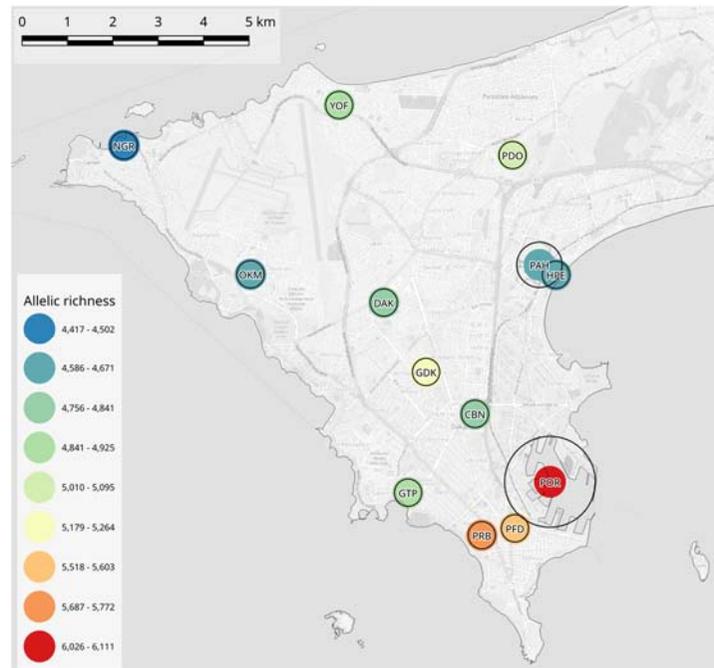
# Analyses population-centrées



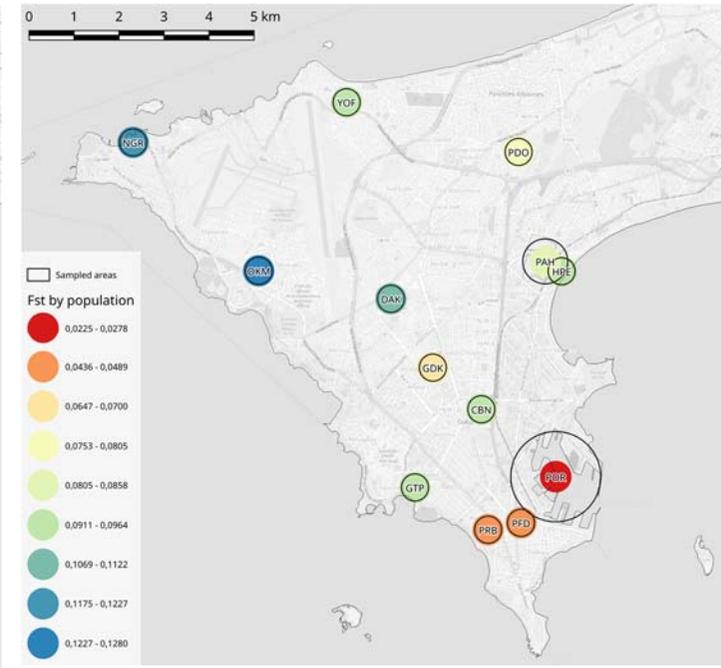
## Hétérozygotie



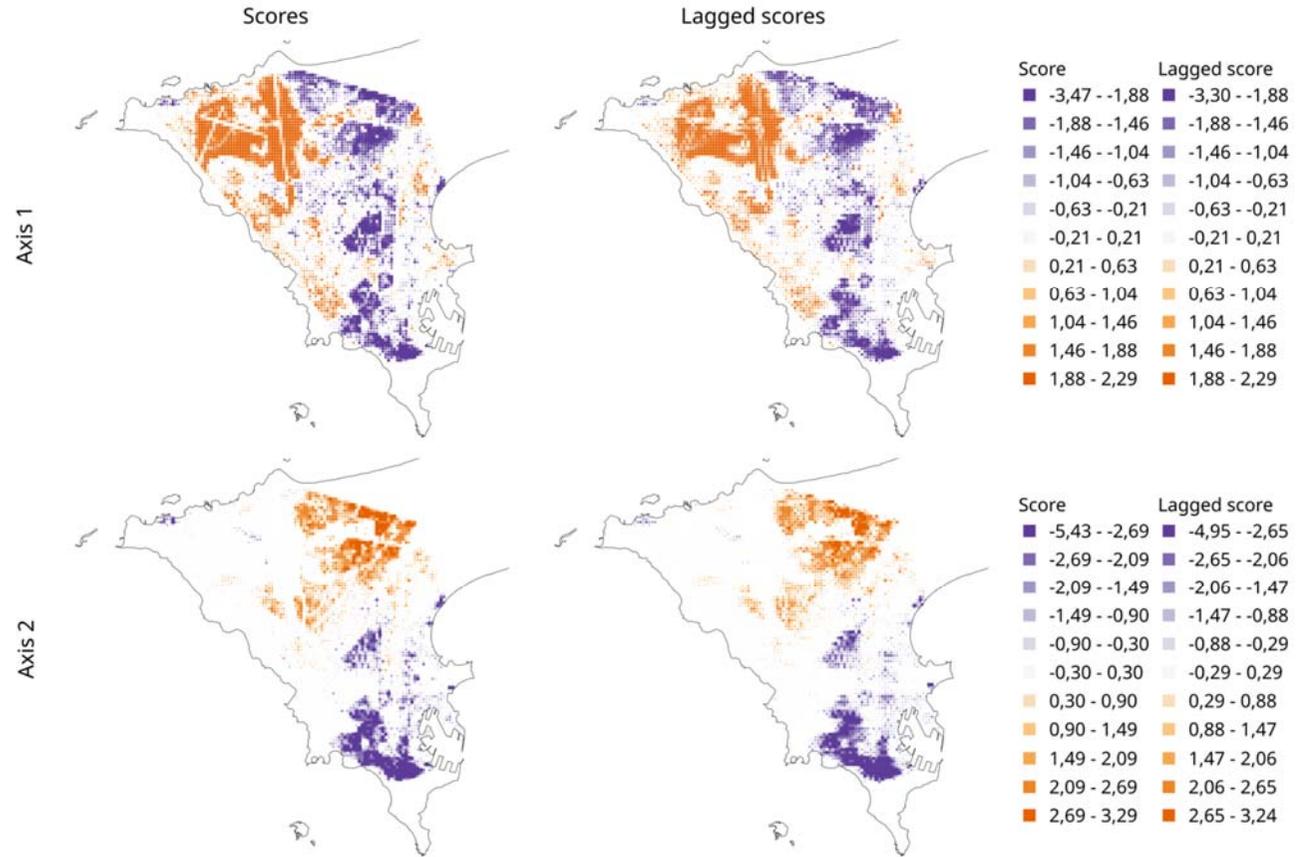
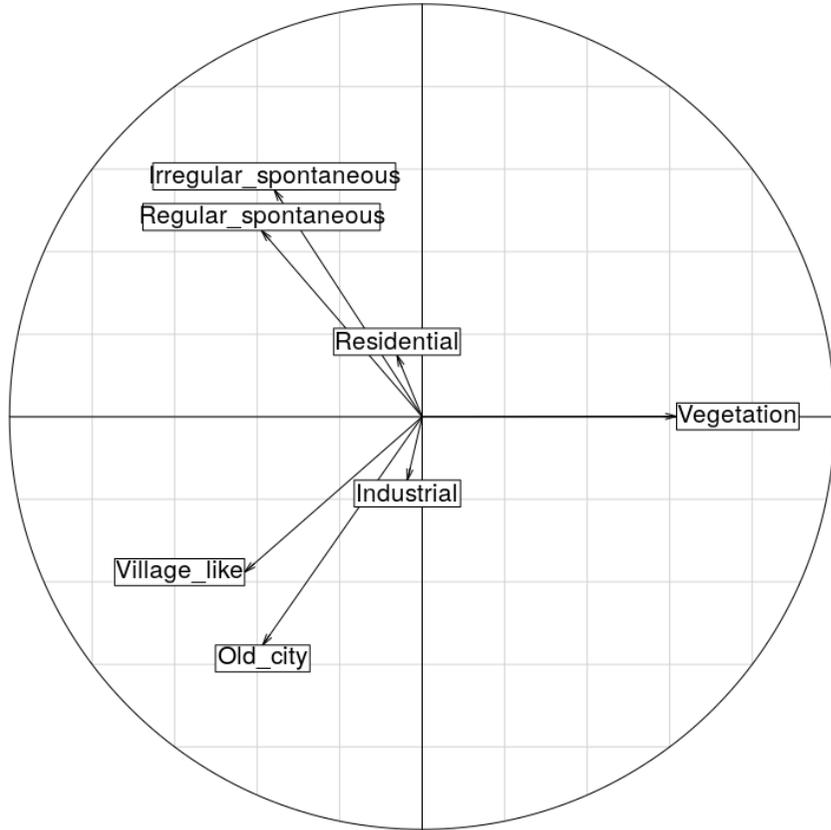
## Richesse allélique



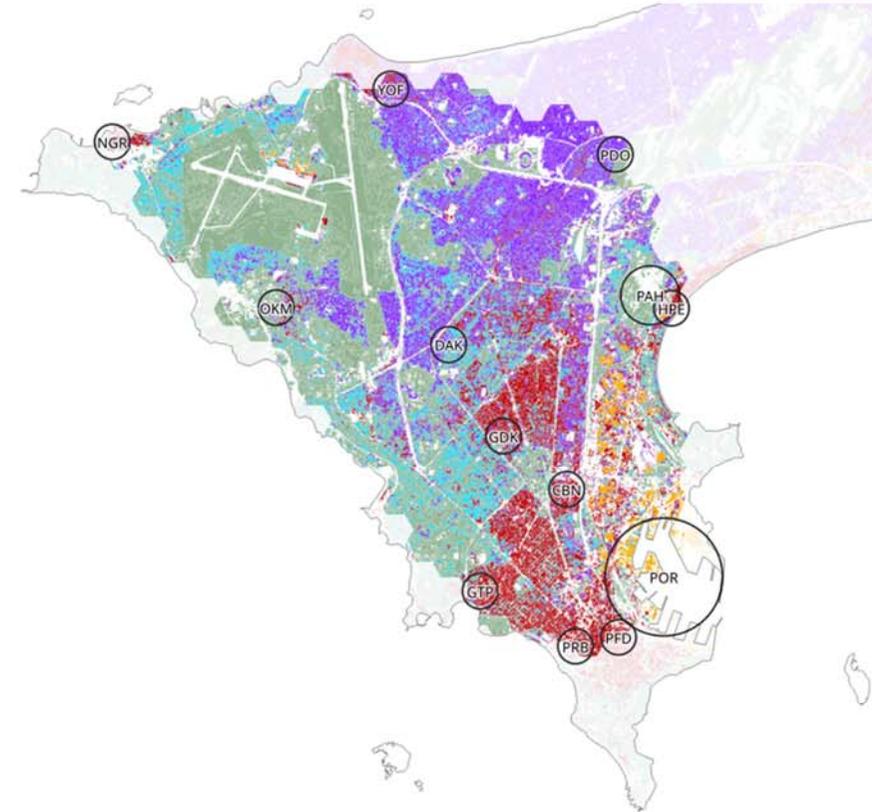
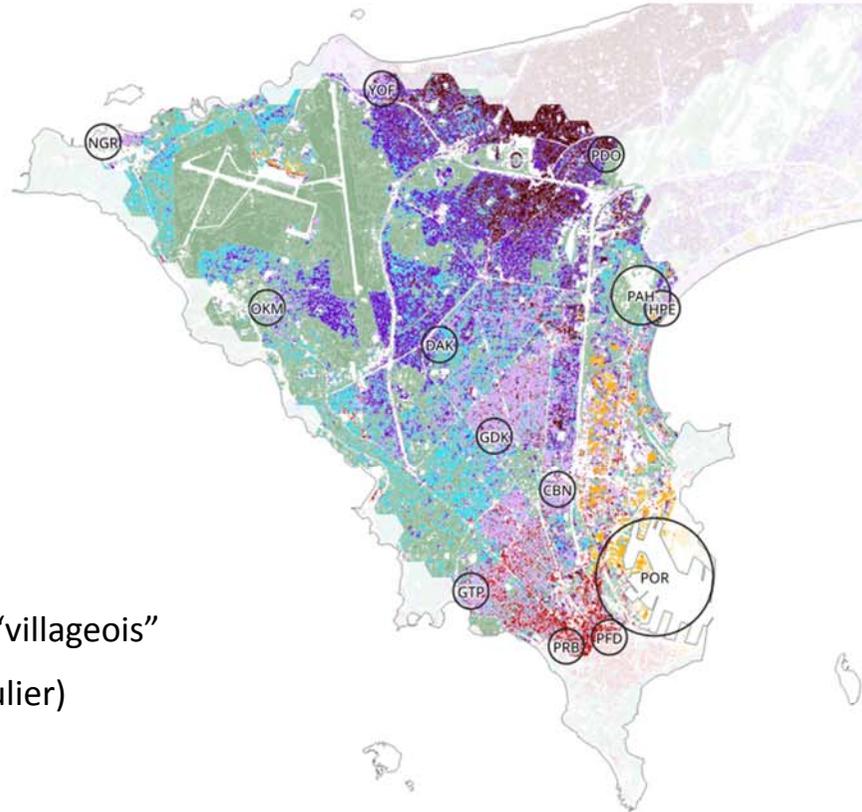
## $F_{st}$ par pop ("geste")



# Collinéarité entre variables : ACP spatiale



# Agrégation des variables paysagères



- Vieille ville + habitat type “villageois”
- Spontané (régulier + irrégulier)

Original main landcover classes

Red	Regular spontaneous	Yellow	Industrial areas
Red	Irregular spontaneous	Green	Vegetation
Purple	High-standing residential		

0 1 2 3 4 5 km

Merged main landcover classes

Cyan	Residential
Red	Old city
Yellow	Industrial areas
Purple	Spontaneous
Green	Vegetation

# Approche “Random Forest” (RF)

- Classification automatique (“machine learning”)
- Version “conditionnelle” (package cforest)
  - Attendue être moins sensible à la collinéarité
  - Importance de chaque variable (permutations)
  - Extraction de la contribution (non linéaire) de chaque variable
  - Validation : apprentissage sur une partie des données, comparaison des prédictions sur l'autre
  - Sensibilité à l'auto-corrélation spatiale ?

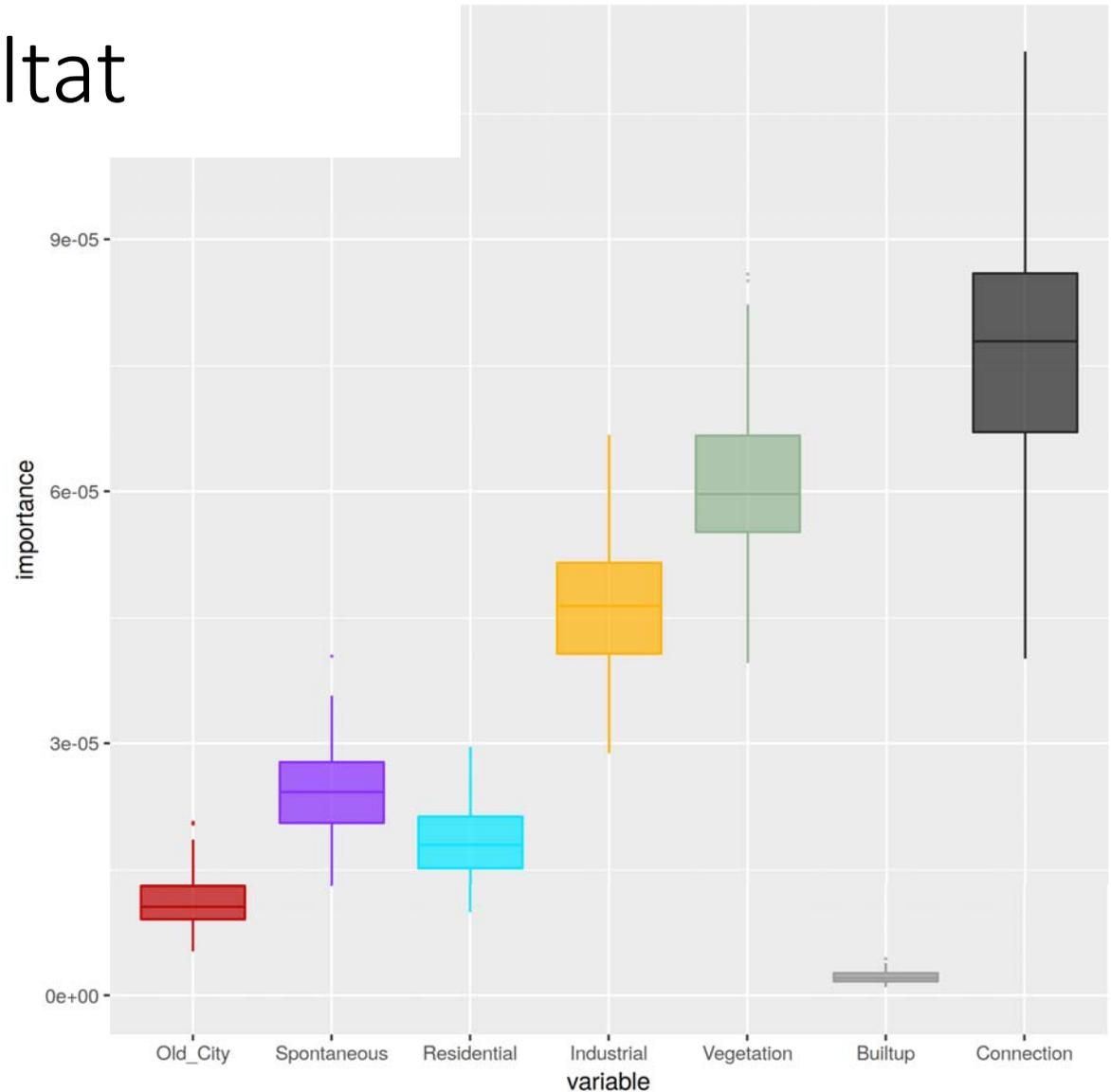
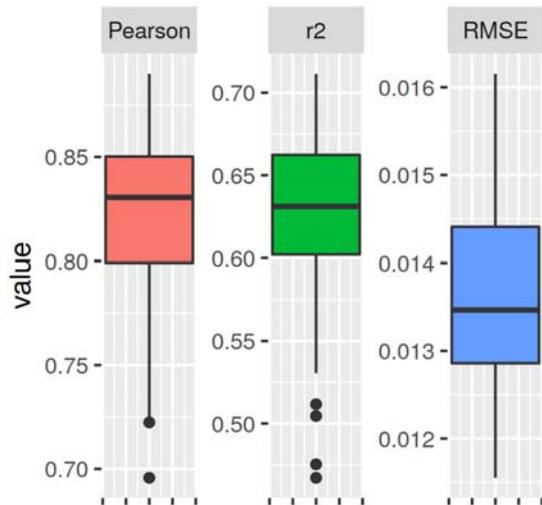


# RF : Exemple de résultat

- 100 retirages de 70% de données pour l'apprentissage
- [plusieurs valeurs de mtry] ici mtry=2

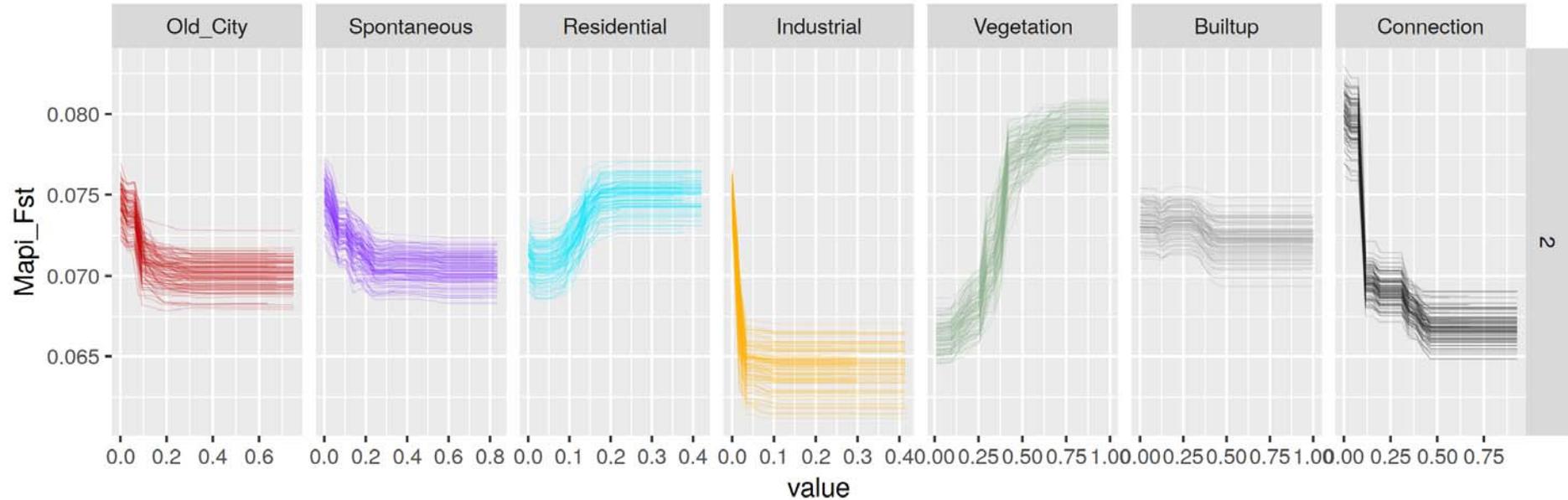
--> Importance des variables

--> Prédiction sur les 30% restants et vérification de la régression (Pearson : 83%)



# RF : Dépendance partielle aux variables

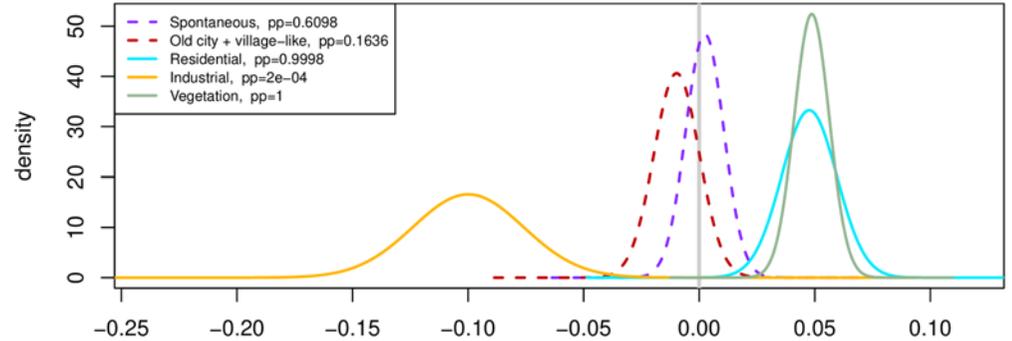
(mtry=2, 100 tirages de 70% des données)



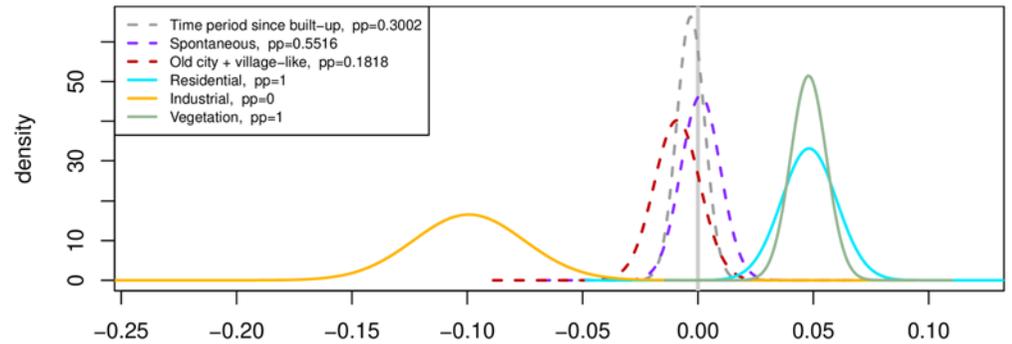
- Non-linéaire
- Pas de modèle mathématique
- Faible sensibilité à la collinéarité (à vérifier)

# Comparaison de modèles “CAR”

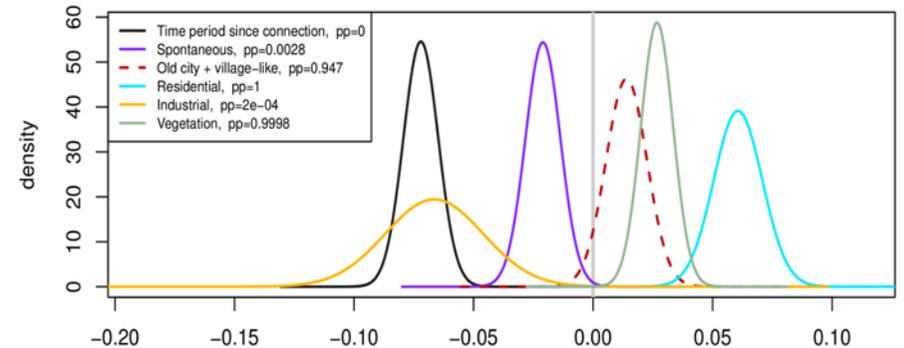
**Cas 1** : Environnement actuel seul  
waic= -1556.2



**Cas 2** : Environnement + âge du bâti  
waic= -1556.0

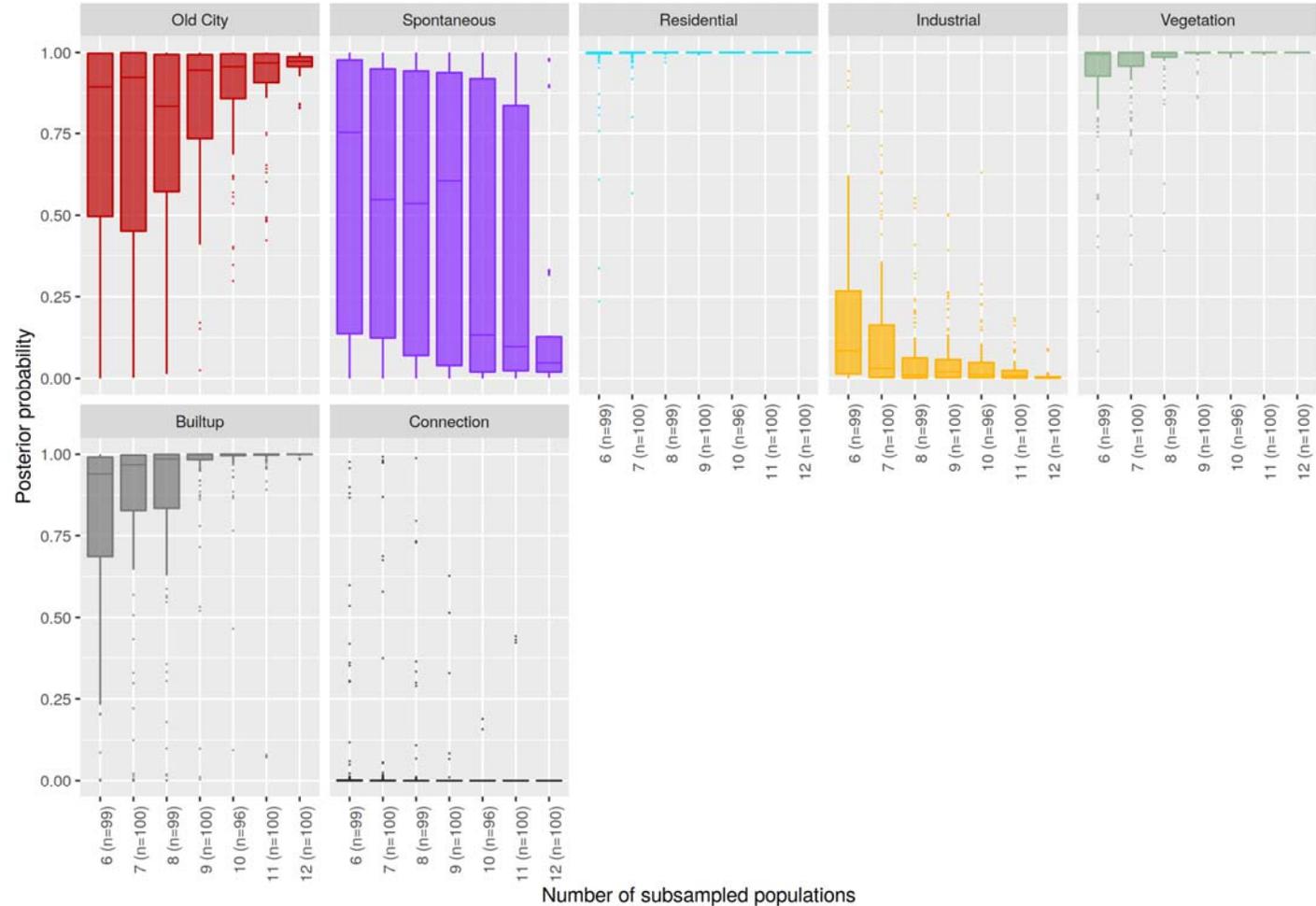


**Cas 3** : Environnement + âge de connexion  
waic= -1583.8



# Validation de l'échantillonnage (1) : sous-échantillonnage

- Ré-échantillonnage (100 fois) de 6 à 12 pops, et mesure des effets de chaque variable (modèle "CAR")



(Bon, quand-même, s'il y avait eu plus de points ou plus de dispersion au sein des pops, ça aurait aidé à être plus fin...)

# Validation de l'échantillonnage (2) : simulations

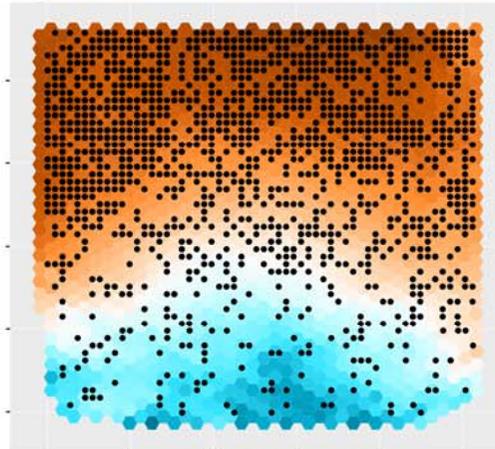
- 10 tirages de 13 pops de 40 individus dans 20 simulations en gradient de favorabilité
- > détection de l'effet attendu (modèle "CAR") dans 97.4 % des cas !

Gradient landscape



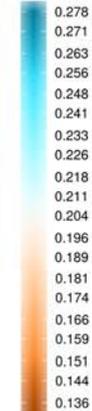
favourable habitat in black (carrying capacity=20)  
unfavourable habitat in white (carrying capacity=2)

sim\_033102389

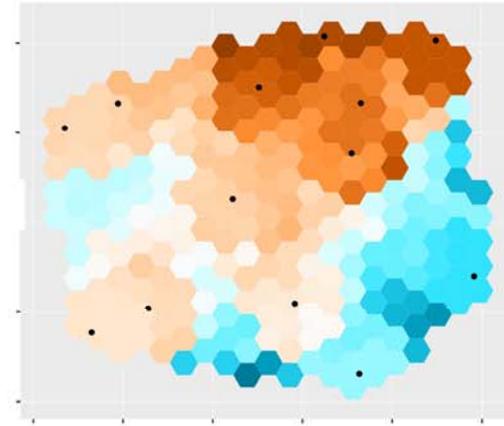


• Sampling points  
(2000 individuals)

MAPI values (Rousset's "a")

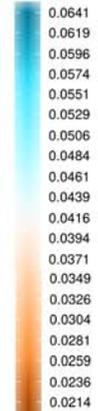


sim\_033102389\_01



• Sampling points  
(13 populations)

MAPI values (Fst)



# Conclusions écologiques



1. Les souris ne traversent pas la mer en nageant ; - )

2. Les villages Lébous ne semblent pas avoir été massivement envahis de souris avant d'avoir été rejoints par la métropole

3. L'invasion a donc manifestement suivi le développement de la ville

4. Les zones industrielles sont plus favorables (denrées : arachide ?)

5. La végétation et l'habitat résidentiel (jardins ?) sont moins favorables

Dakar. Dans le village des pêcheurs Lébous. François-Edmond Fortier (1862-1928)



Building a new house in the suburbs of Dakar, Senegal (West Africa). John Atherton, ~1981



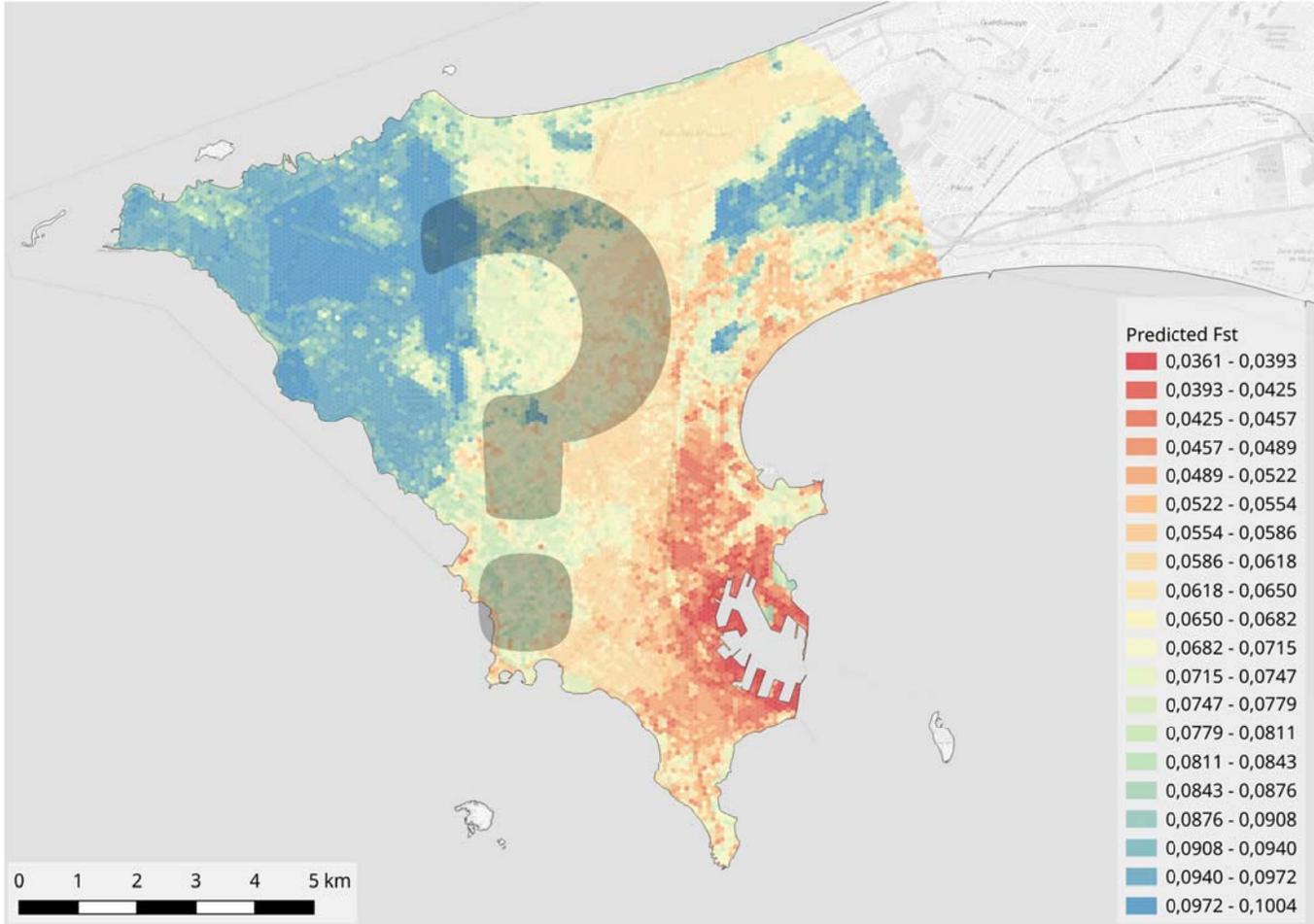
Le port et la gare primitive de Dakar vers 1905. Carte postale ancienne, François-Edmond Fortier (1862-1928)

Vue aérienne de Dakar (Sénégal) - Au fond, en bleu, la piscine olympique. Ji-Elle, 2008

# Perspectives & applications ?

- RF, modèle bayésien :
  - Projections pour la gestion...  
exemple : RF, apprentissage  
+ prédiction en maille fine
- Est-ce “vrai” ??
  - Aide à l'échantillonnage

--> validation !



# Tous ensemble !



## à Montpellier :

Carine BROUAT  
Laurent GRANJON  
Jean-Marc DUPLANTIER  
Christophe DIAGNE  
Philippe GAUTHIER  
Anne LOISEAU  
Caroline TATARD

## à Avignon :

Karine BERTHIER  
Thomas OPTIZ

## à Dakar :

Claire STRAGIER  
Mbacké SEMBENE  
Mamoudou DIALLO  
Mamadou KANE  
Aliou SOW  
Youssoupha NIANG  
Nathalie SARR  
Arame NDIAYE  
Khalilou BA  
Anaïs CHAILLEUX  
Thierry BREVAULT  
Laurent VIDAL  
Yasmin BOUAITA  
Fatou DIOUF  
Joanna SCHLESINGER

L'ensemble des chefs de quartiers,  
les autorités de Dakar :

*Responsable service d'hygiène*

M. NGOM

*Ministre de la santé*

Awa Marie COLL SECK

*Directeur des eaux et forêt*

Abba SONKO

Les habitants de Dakar ...

... ainsi que leurs souris !

