

# Analyse des paysages urbains par approches texturales et apports à la compréhension des mécanismes de transmission de la dengue

**Claire Teillet**

Thibault Catry, Benjamin Pillot, Laurent Demagistri, Renaud Marti, Jean-François Faure, Loïc Marie-Louise, Salomé Sodrich, Mouad Omari, Renaud Alric, Nadine Dessay

# Contexte général

Incidence mondiale de la dengue en augmentation ces dernières années

Progression de la maladie en zones urbaines

Le Brésil a notifié plus de 1.5 millions de cas de dengue en 2014

Peu de données environnementales disponibles dans les pays du sud



# APUREZA : Analyse par télédétection des relations entre paysages urbains, dengues et Zika

Caractériser l'environnement urbain des maladies à transmission vectorielle (moustiques aedes) par des méthodes de télédétection

2017-2020  
Tosca/CNES

Villes brésiliennes :

- **Brasilia**
- Rio
- Leticia

Échelles d'analyse :

- Tâche urbaine
- Intra-urbain

Classification des paysages urbains

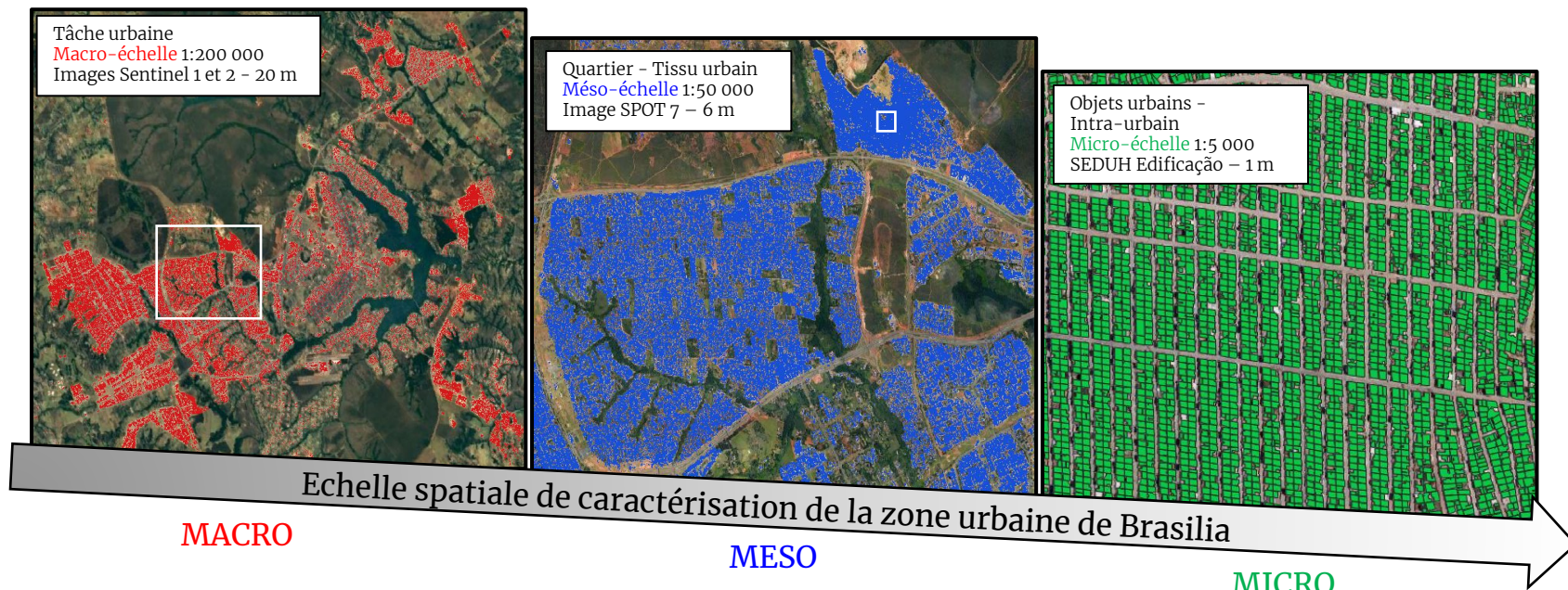
- multi-capteur (optique et RADAR)
- multi-résolution (HR, THR)



Comment la typologie urbaine peut affecter la distribution des cas de dengues ?



# Intégration au CES URBAIN

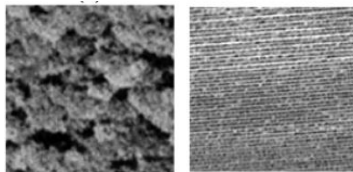


Comprendre la structure urbaine à différentes échelles

Données et méthodes de télédétection diverses

# Objectif : Typologie urbaine par une approche texturale en lien avec la transmission des maladies vectorielles

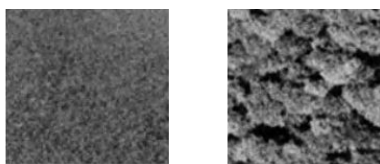
## (a) Isotrope / Anisotrope



Forêt  
isotrope

Vigne  
anisotrope

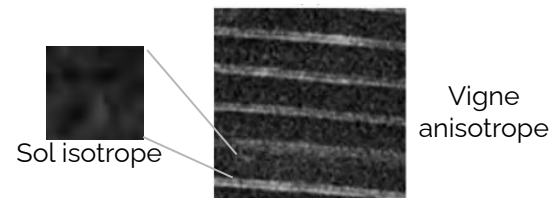
## (b) Micro-macro échelle



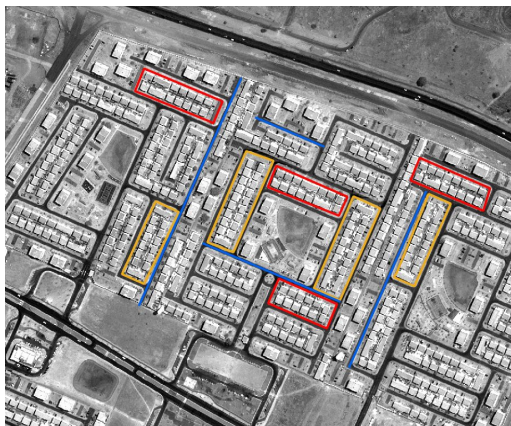
Micro Texture  
isotrope

Macro Texture  
isotrope

## (c) Échelle et résolution



(d)



1: 3 000



1: 2 000



1: 1 000



1: 500



1: 250



Échelle





# Cas d'étude : San Sebastiao, Brasilia, Brésil

San Sebastiao

1993

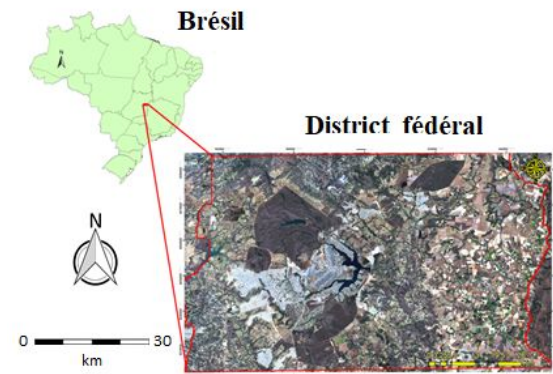
Forte croissance

2004

X 60

Cas de dengue

2015



Inauguration

1961



# Images très hautes résolution Pléiades

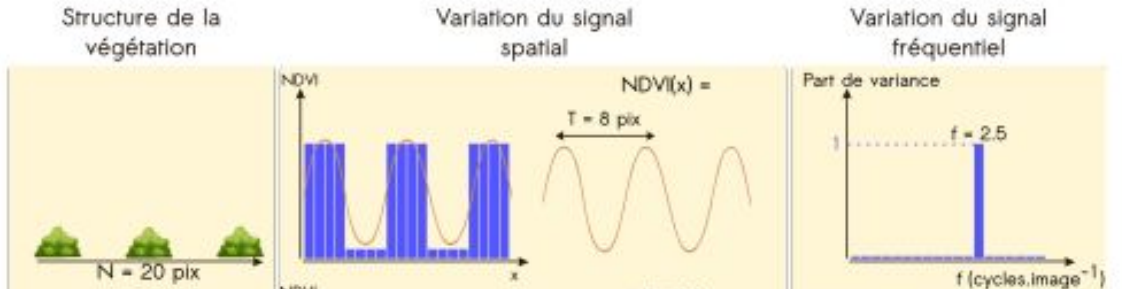




# Méthode FOTO *FOurier based Textural Ordination*

Développée par Couteron et Proisy (2006,2007) pour  
la végétation  
Testé l'application de FOTO sur de l'urbain

Passage du domaine spatial au domaine fréquentiel (a)



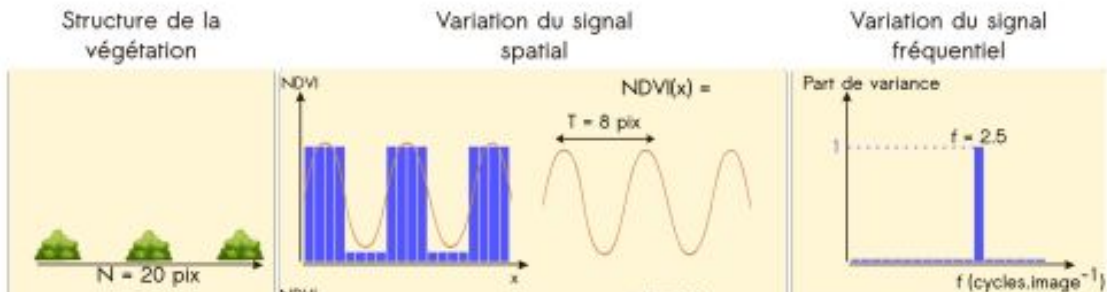
Lang, 2019



# Méthode FOTO *FOurier based Textural Ordination*

Développée par Couteron et Proisy (2006,2007) pour la végétation  
Testé l'application de FOTO sur de l'urbain

Passage du domaine spatial au domaine fréquentiel (a)



Lang, 2019

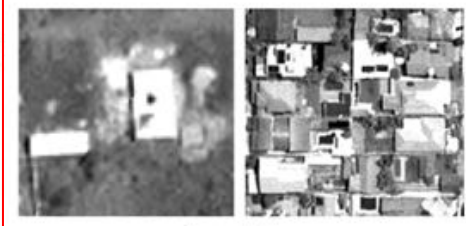


Différents motifs observables liés à la **variation spatiale du signal.**

(a) Basses fréquences

Matifs qui se répètent peu

Texture plus grossière



(b) Hautes fréquences

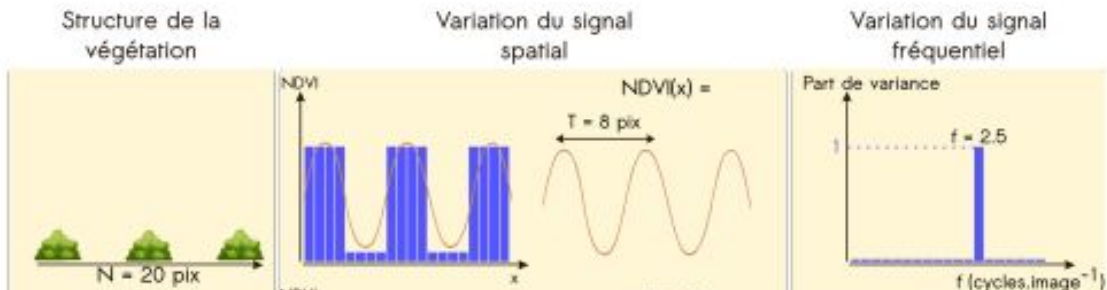
Matifs qui se répètent beaucoup

Texture plus fine

# Méthode FOTO *Fourier based Textural Ordination*

Développée par Couteron et Proisy (2006,2007) pour la végétation  
Testé l'application de FOTO sur de l'urbain

Passage du domaine spatial au domaine fréquentiel (a)



Lang, 2019



Différents motifs observables liés à la **variation spatiale du signal**.

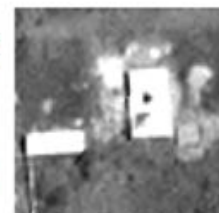
$\Sigma$

Transformée de Fourier :  
décomposition du signal  
sous forme d'une **somme de  
fonction sinusoïdales**

(a) Basses fréquences

Matifs qui se répètent peu

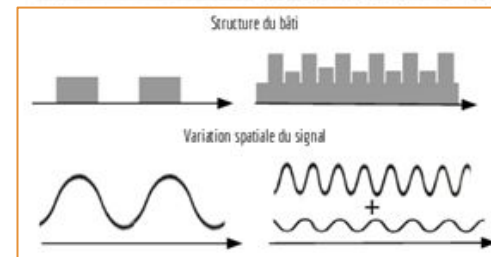
Texture plus grossière



(b) Hautes fréquences

Matifs qui se répètent beaucoup

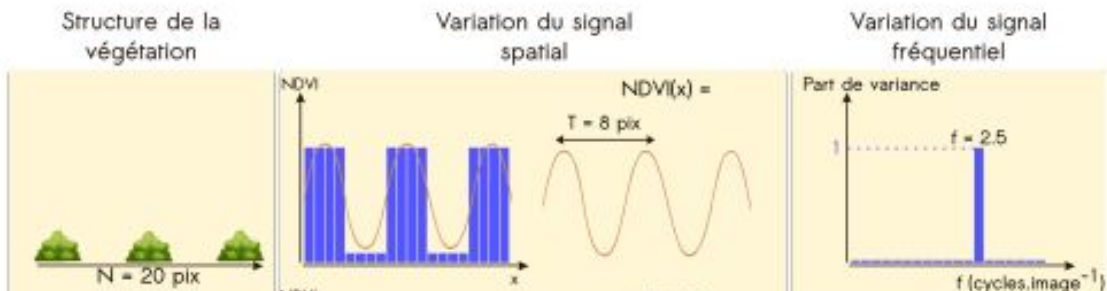
Texture plus fine



# Méthode FOTO *FO*urier based *TEXT*ural *ORD*ination

Développée par Couteron et Proisy (2006,2007) pour la végétation  
Testé l'application de FOTO sur de l'urbain

Passage du domaine spatial au domaine fréquentiel (a)



Lang, 2019



Différents motifs observables liés à la **variation spatiale du signal**.



Transformée de Fourier : décomposition du signal sous forme d'une **somme de fonctions sinusoïdales**



Chaque fonction est caractérisée par une **fréquence spatiale  $f$** : nombre de fois qu'un motif se répète dans l'image

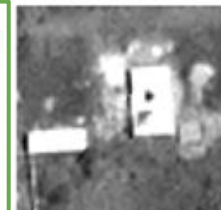
$$f = 1/T \times \text{Nombre de pixel}$$

(a) Basses fréquences

(b) Hautes fréquences

Matifs qui se répètent peu

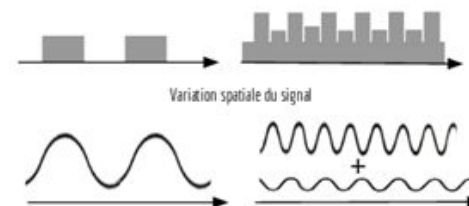
Texture plus grossière



Matifs qui se répètent beaucoup

Texture plus fine

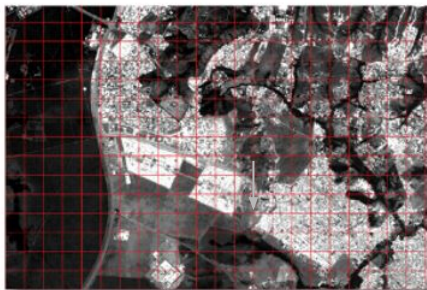
Structure du bâti



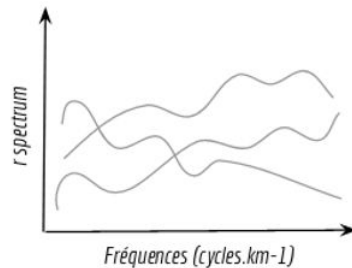


# Fonctionnement de l'algorithme FOTO

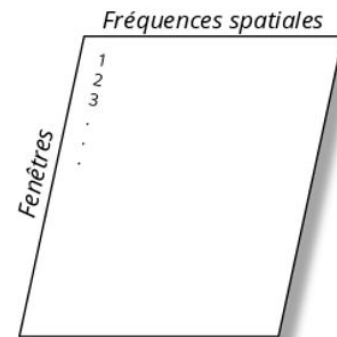
(A) Découpage en fenêtre



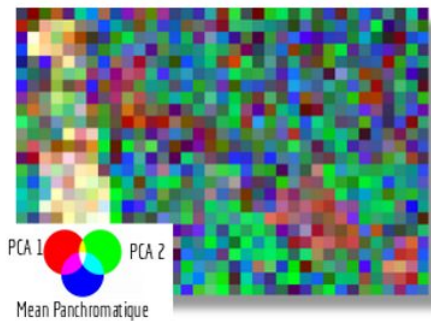
(B) Transformée de Fourier



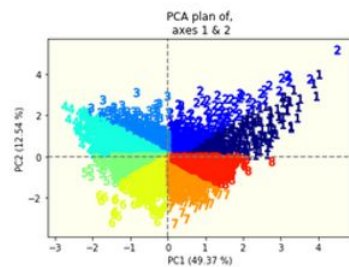
(C) R-Spectre



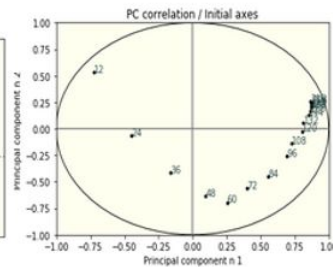
(E) FOTO Maps (RGB Composite)



(D) Analyse en composante principale



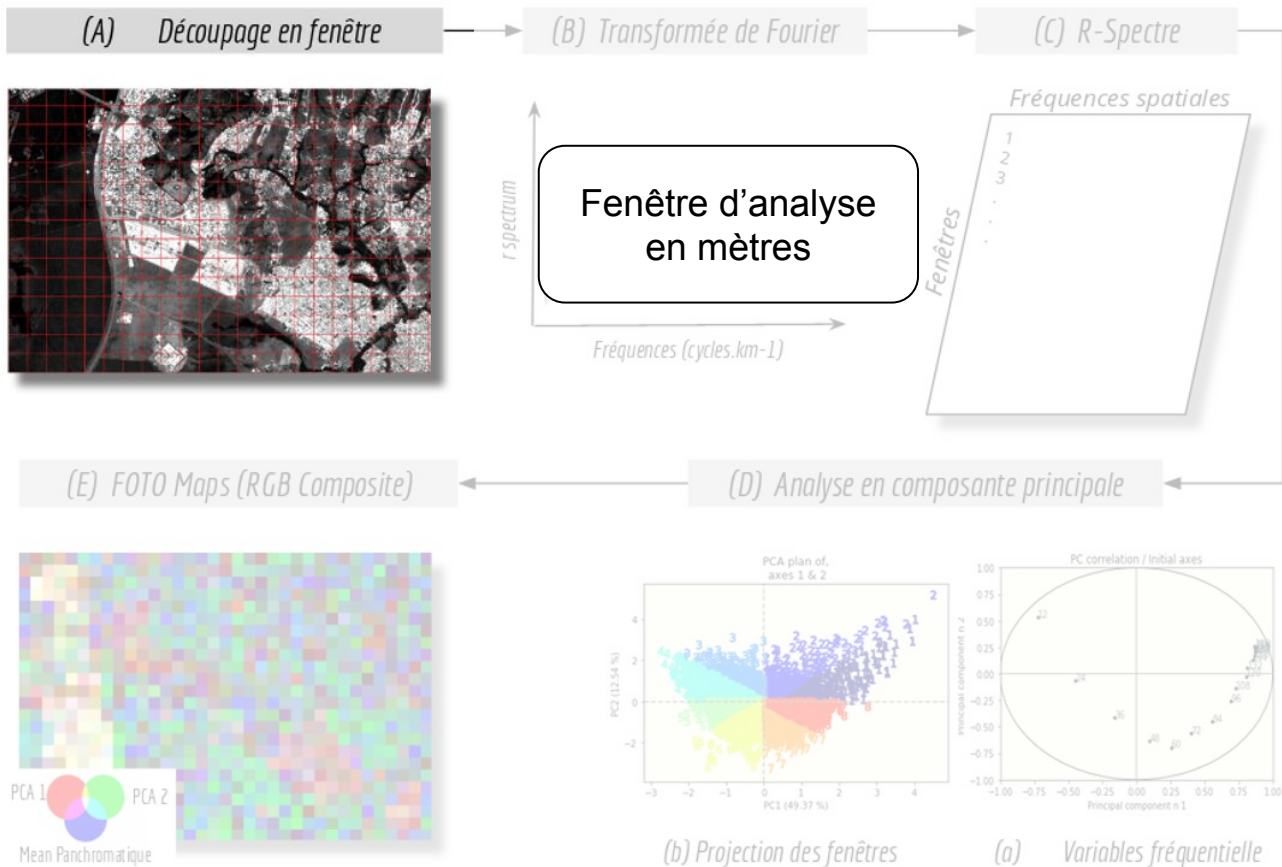
(b) Projection des fenêtres



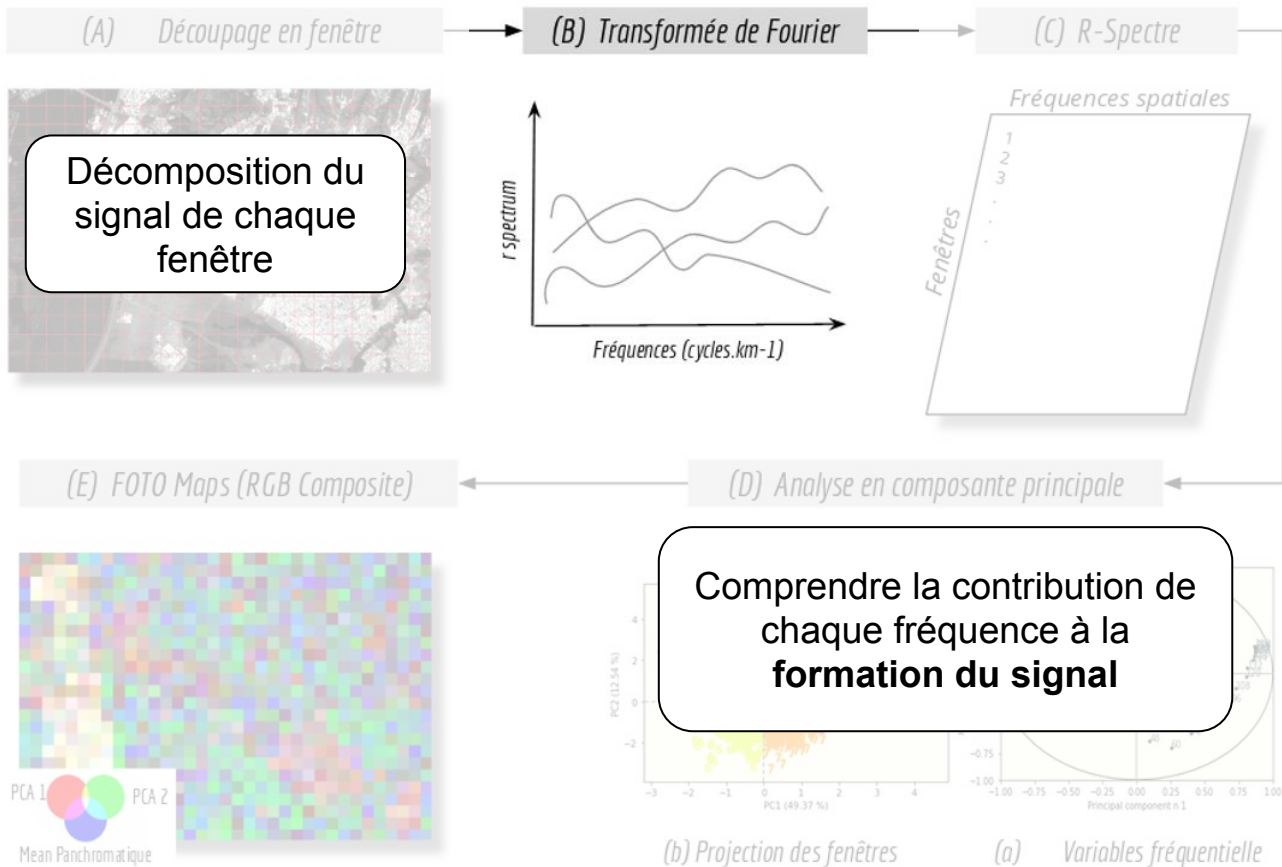
(a) Variables fréquentielle

» Objectif :  
distinguer les motifs (basses ou hautes fréquences) qui composent l'image

# Fonctionnement de l'algorithme FOTO

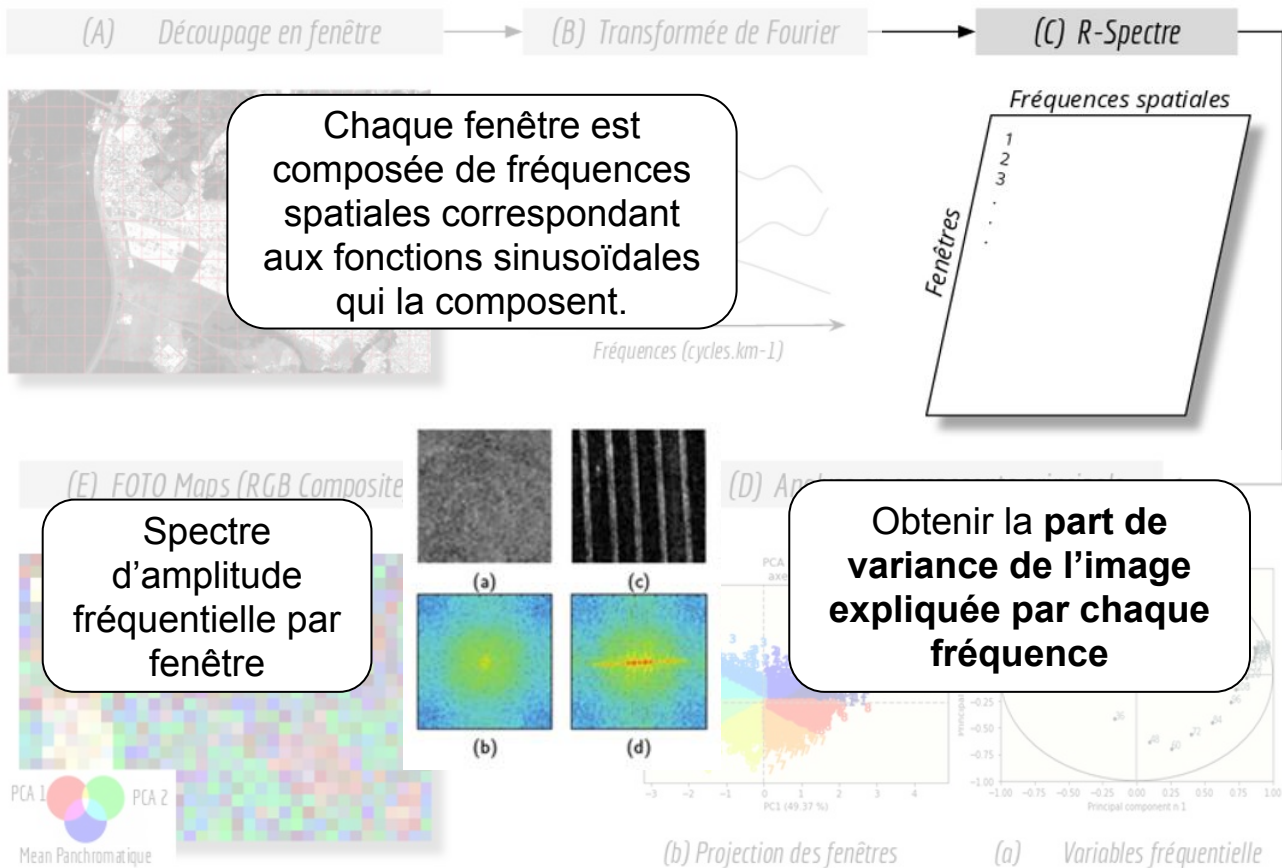


# Fonctionnement de l'algorithme FOTO

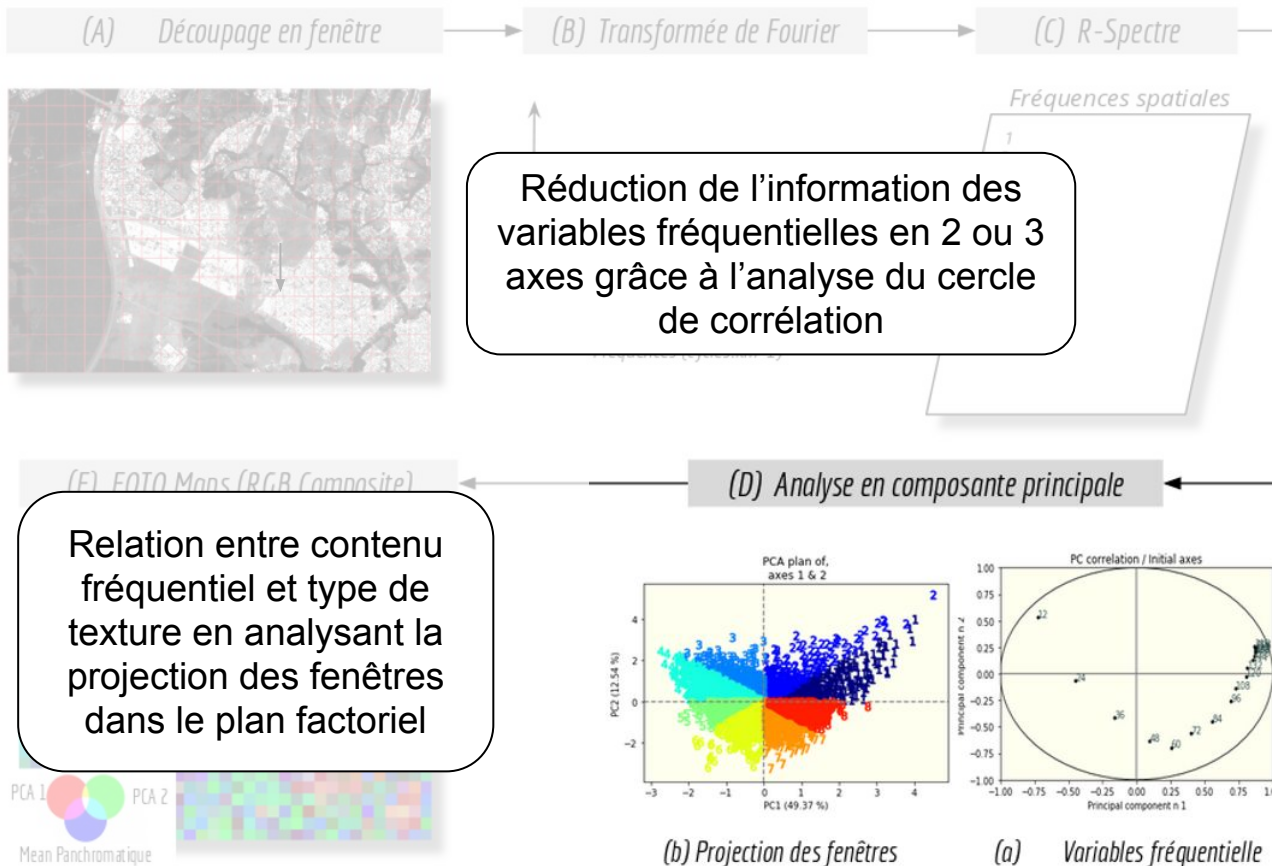




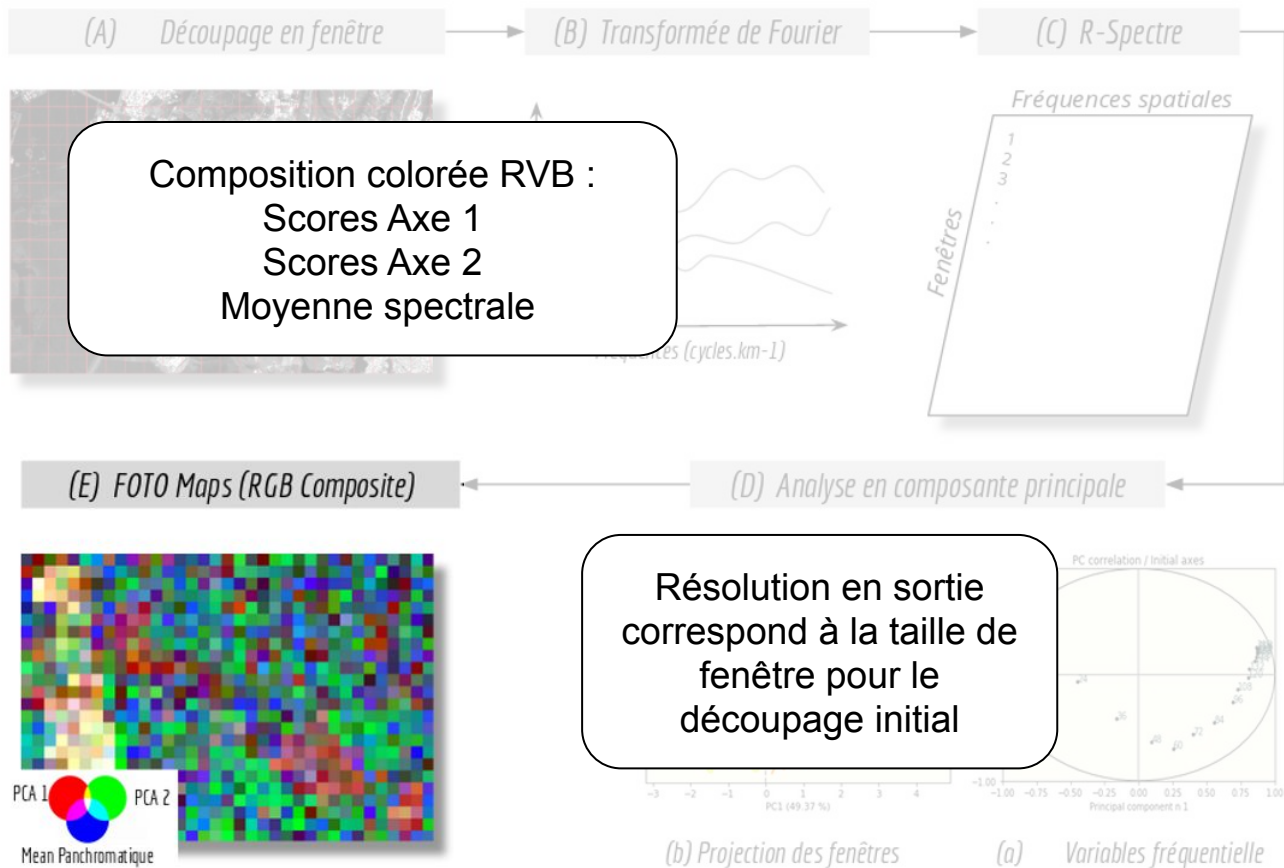
# Fonctionnement de l'algorithme FOTO



# Fonctionnement de l'algorithme FOTO



# Fonctionnement de l'algorithme FOTO





## Interprétation des ACP en termes de contenus fréquentiels

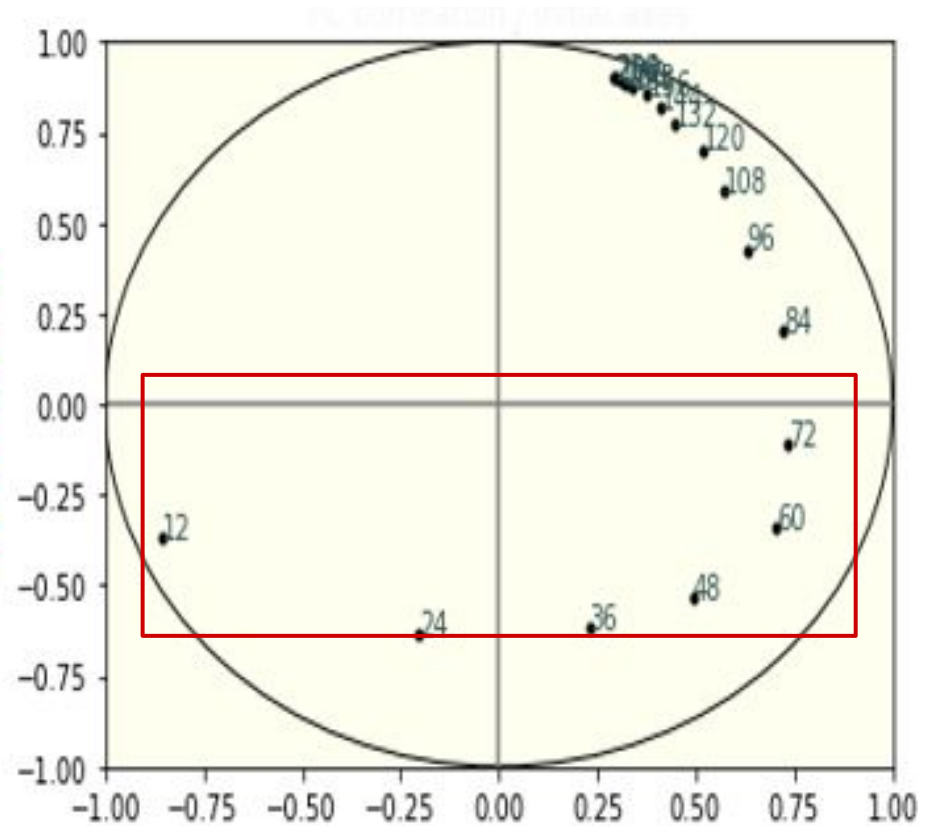
Gradient de fréquence identifiable :

### Axe 1

56, 68 % de la variabilité de l'image  
Gradient des basses fréquences aux  
fréquences intermédiaires (inférieur à  
80 cycles.km<sup>-1</sup>)

### Axe 2

15.3 % de variabilité de l'image  
Hautes fréquences (supérieurs à 120  
cycles.km<sup>-1</sup>)



## Interprétation des ACP en termes de contenus fréquentiels

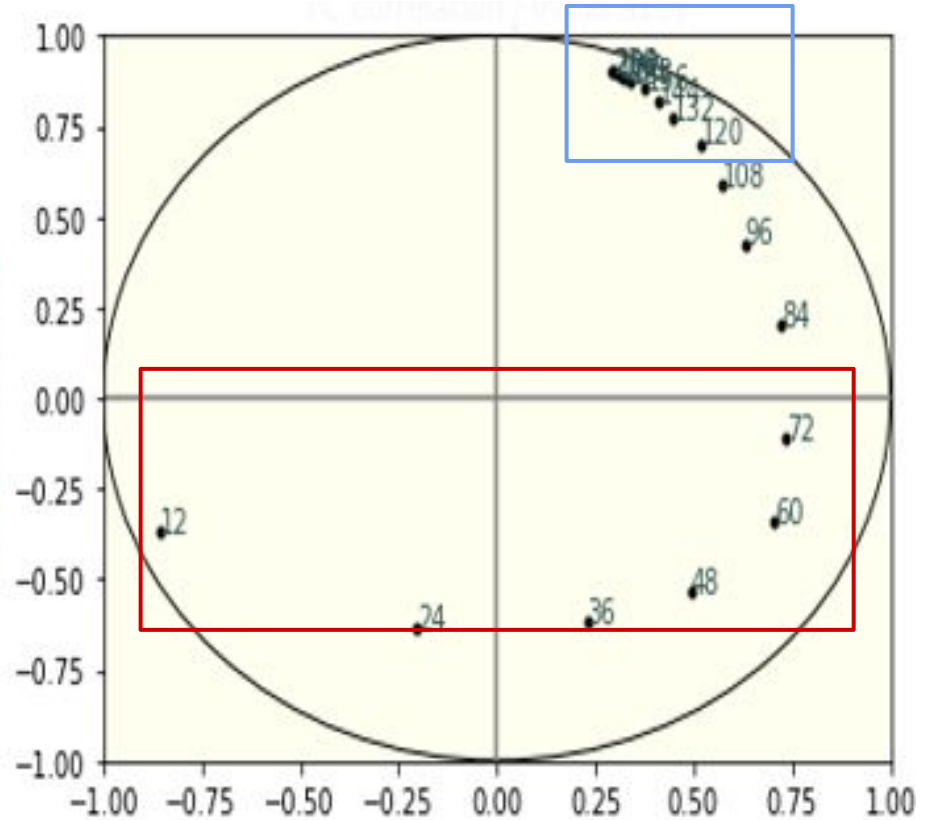
Gradient de fréquence identifiable :

### Axe 1

56, 68 % de la variabilité de l'image  
Gradient des basses fréquences aux  
fréquences intermédiaires (inférieur à  
80 cycles.km<sup>-1</sup>)

### Axe 2

15.3 % de variabilité de l'image  
Hautes fréquences (supérieurs à 120  
cycles.km<sup>-1</sup>)

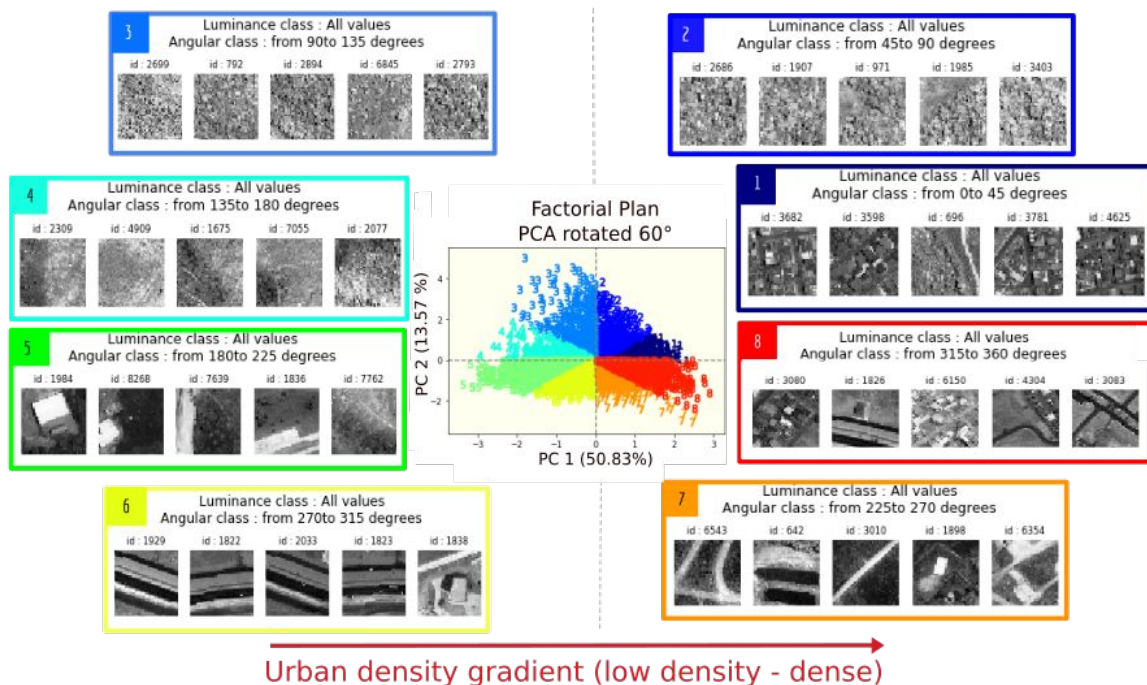


# Position des fenêtres sur le plan factoriel des premiers axes

Fenêtres les plus représentatives de l'information texturale

**Axe 1**

Groupes texturaux 5 à 8 motifs bâti à basses fréquences (routes, bâtiments isolés) et fréquences intermédiaires (tissu bâti peu dense).





# Position des fenêtres sur le plan factoriel des premiers axes

Fenêtres les plus représentatives de l'information texturale

## Axe 1

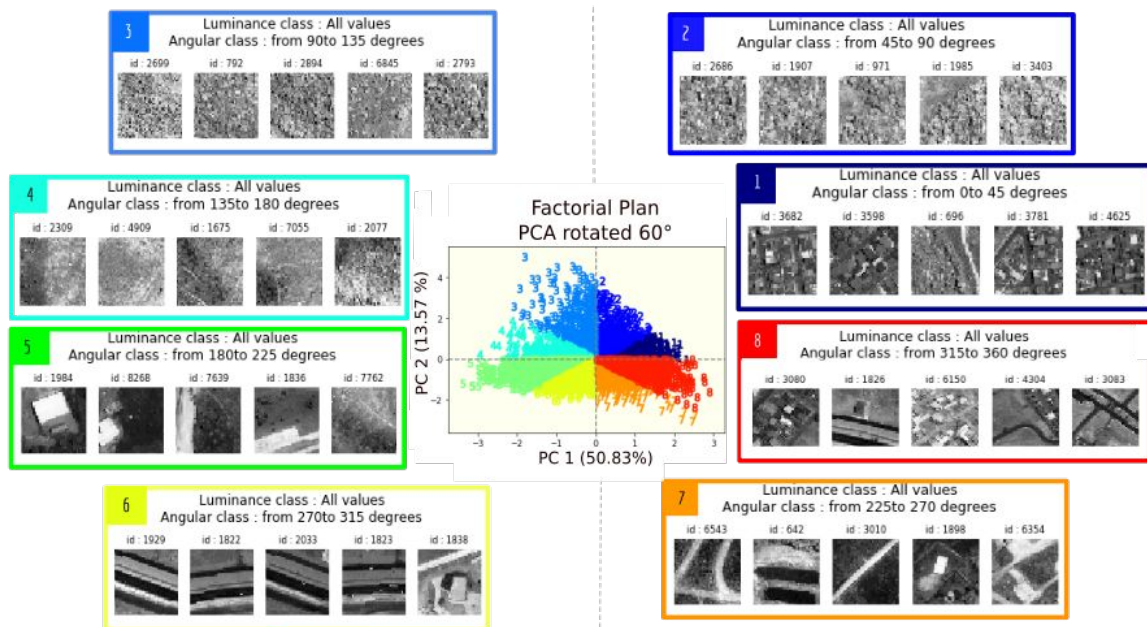
Groupes texturaux 5 à 8 motifs bâti à basses fréquences (routes, bâtiments isolés) et fréquences intermédiaires (tissu bâti peu dense).

## Axe 2

Groupe textural 1 à haute fréquences (tissu bâti dense)

motifs très fins

Urban density gradient (dense - very dense)

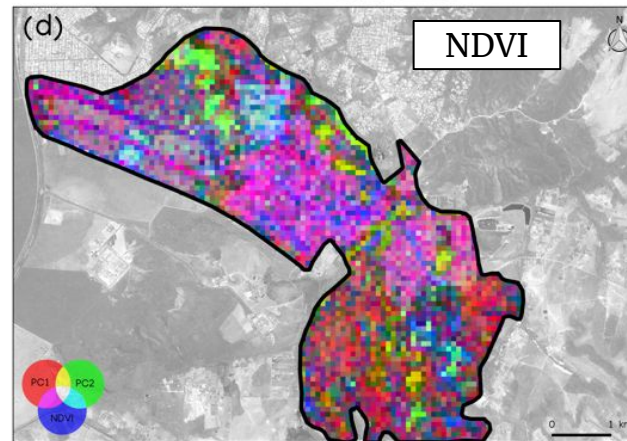
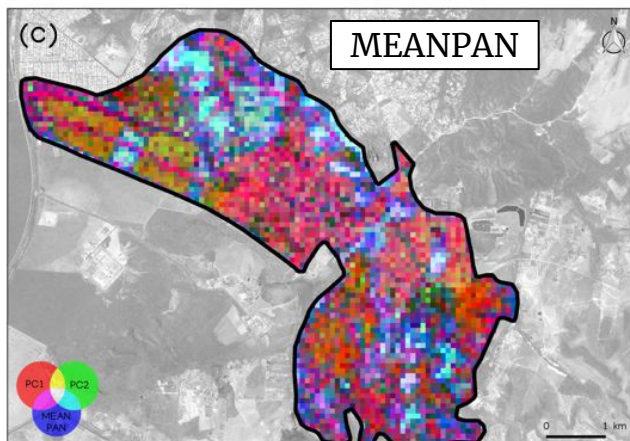
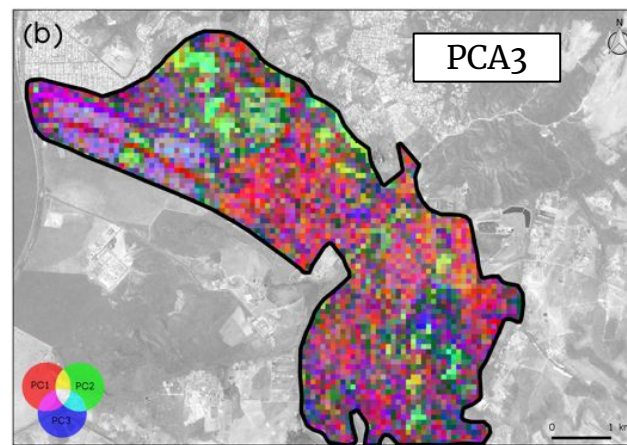


Urban density gradient (low density - dense)

motifs grossiers

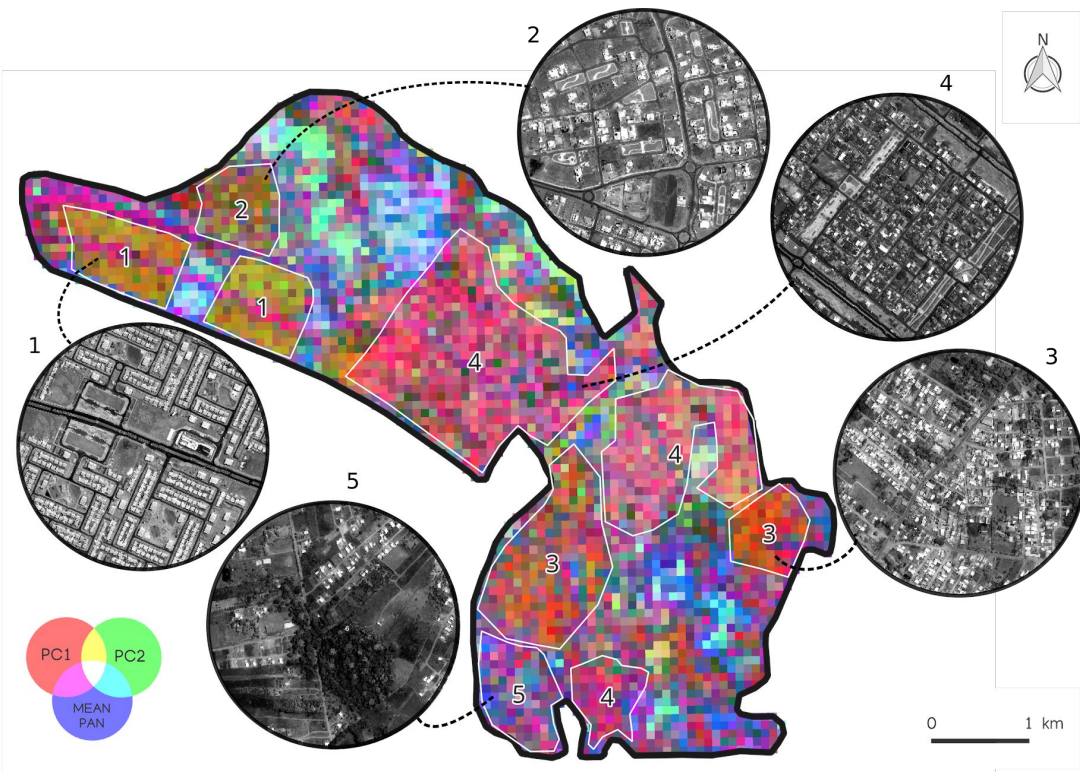
motifs plus fins

# Extraction des compositions colorées à partir des axes de l'ACP



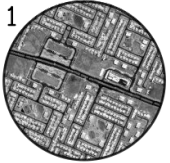

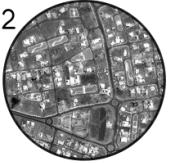

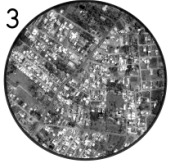
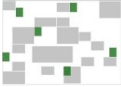
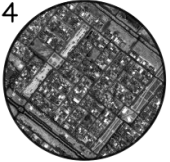
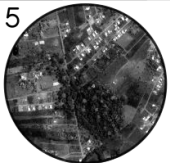
# Relation texture - terrain

Photo de terrain ???

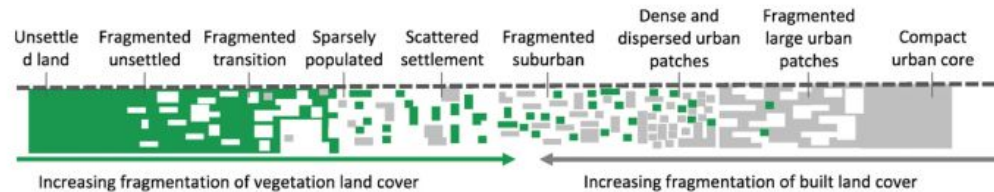




# Relation texture – terrain

Scale 1	URBAN	LINEAR	SOIL VEGETATION	HOMOGENEITY	FRAGMENTATION
1 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 floors buildings</li> <li>- 2 floors houses</li> <li>- Uniform architecture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asphalt road</li> <li>- 1 or 2 lane roads</li> <li>- Width of 3/5 m</li> <li>- Sidewalk of 1/2m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bare soil with a little vegetation (isolated trees)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dense</li> <li>- Homogeneous</li> <li>- Organized</li> </ul>	 Fragmented large urban patches
2 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enclosed 2 floors houses with garden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asphalt road</li> <li>- 1 or 2 lane roads</li> <li>- Width of 6/7 m</li> <li>- Sidewalk of 1/2 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bare soil (classification confusion with roof tops)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fragmented urban</li> <li>- Low density</li> <li>- Heterogeneous</li> </ul>	 individual urban patch with vegetation
3 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adjoining 1 or 2 floors houses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dirt road</li> <li>- 1 lane</li> <li>- Width of 3/5 m</li> <li>- No sidewalk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolated trees between some houses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dense patch</li> <li>- Heterogeneous</li> </ul>	 Dense and dispersed urban patches
4 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adjoining 2 floors houses</li> <li>- Max 4 floor buildings</li> <li>- Commercial buildings</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asphalt road</li> <li>- 1 or 2 lane roads</li> <li>- Width of 5/7 m</li> <li>- Sidewalk of 1/2 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bare soil with rough vegetation and isolated trees</li> </ul>	256	
5 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adjoining 1 or 2 floors houses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dirt road</li> <li>- 1 lane</li> <li>- Width of 3/5 m</li> <li>- No sidewalk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolated trees between some houses</li> </ul>		

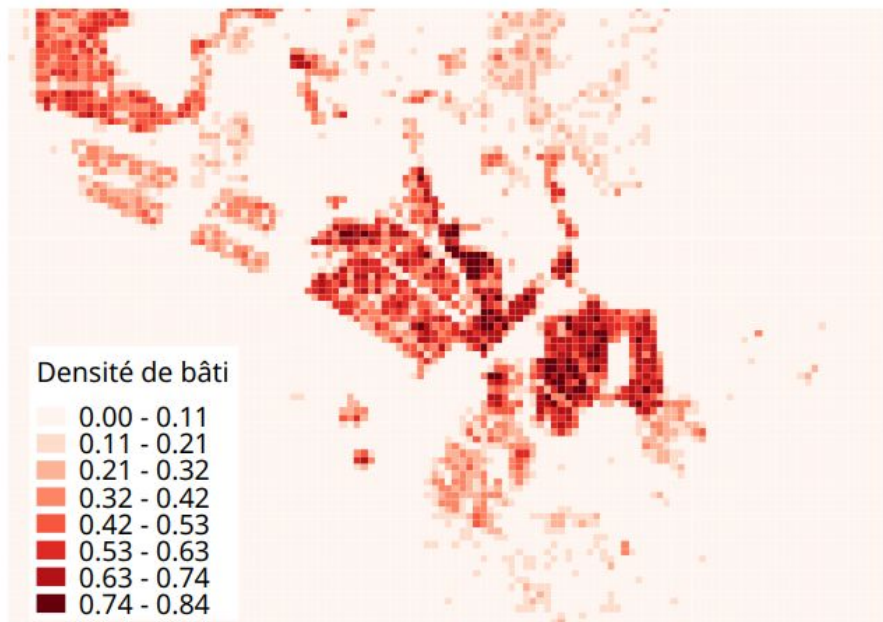
M. Benza et al. / Remote Sensing of Environment 183 (2016) 250–264



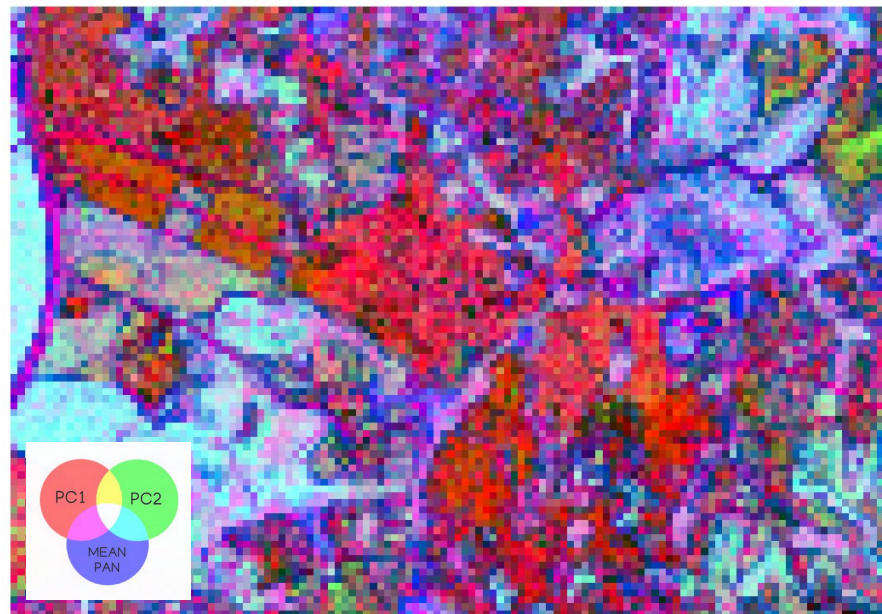
**Fig. 5.** Urban context classification scheme. On the most urban end compact and dense built land cover dominates, fragmentation increases in both built and vegetation land cover as classes transition towards rural environments. On the most rural end of the scheme compact and dense vegetation land cover dominates.

# Relation texture - densité de bâti

## Densité de bâti

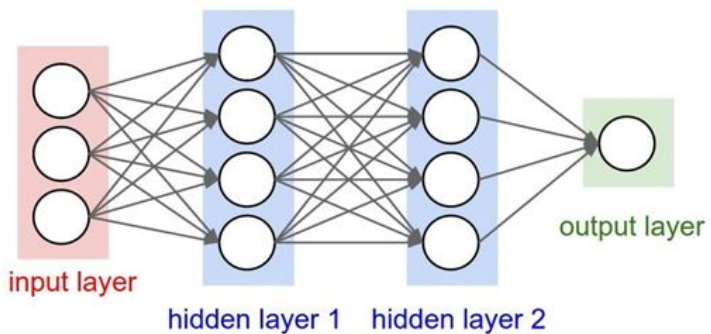
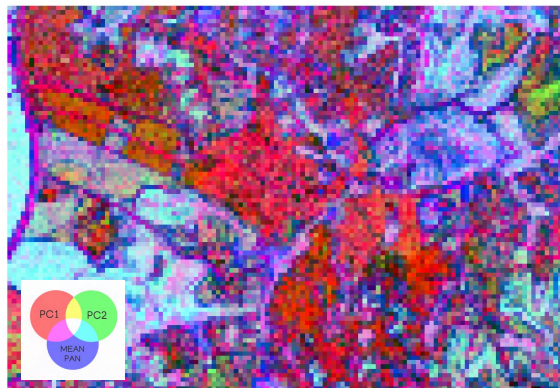


## Composition colorée avec rotation

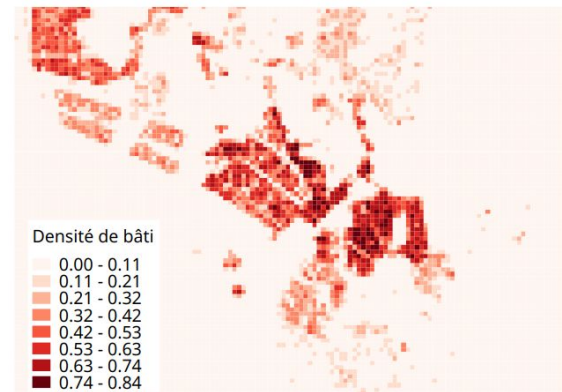


## Relation texture – densité de bâti

Composition colorée avec rotation



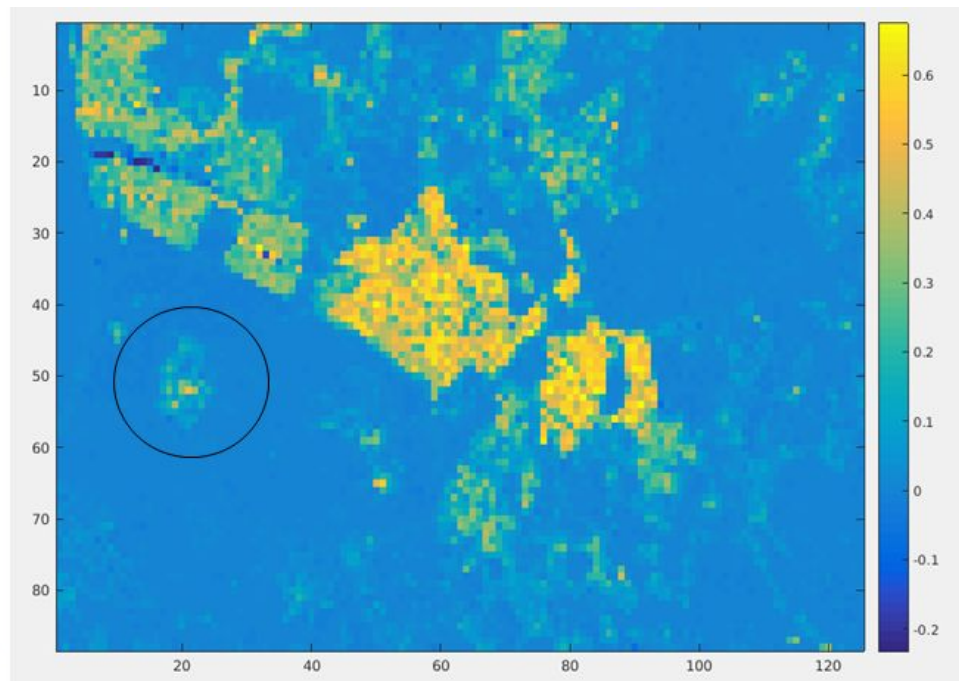
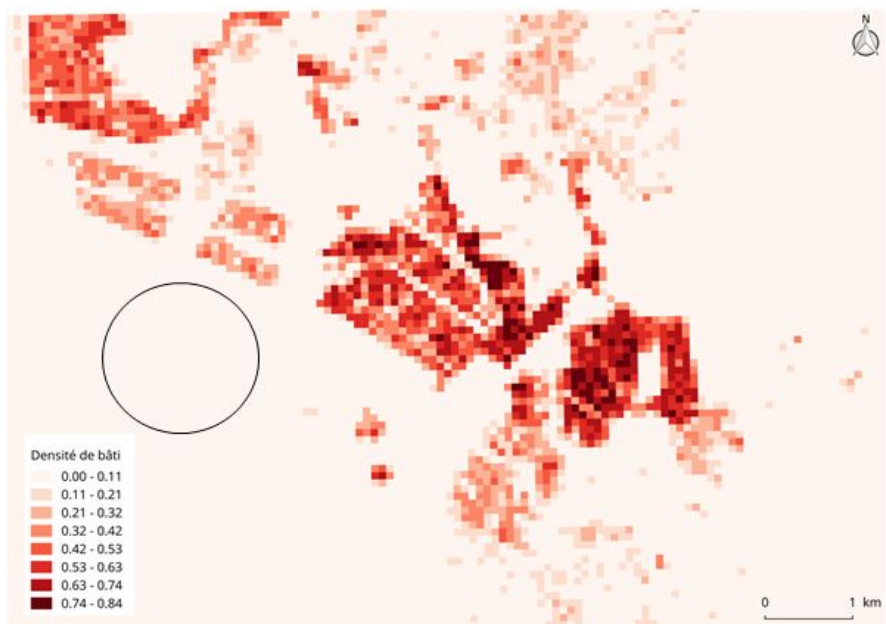
Densité de bâti



**50% entraînement**  
**40% validation**  
**10% test**

	RMSE	Correlation
Valid	0.0854	0.8519
Train	0.0783	0.8719
Test	0.0844	0.8651

# Relation texture - densité de bâti



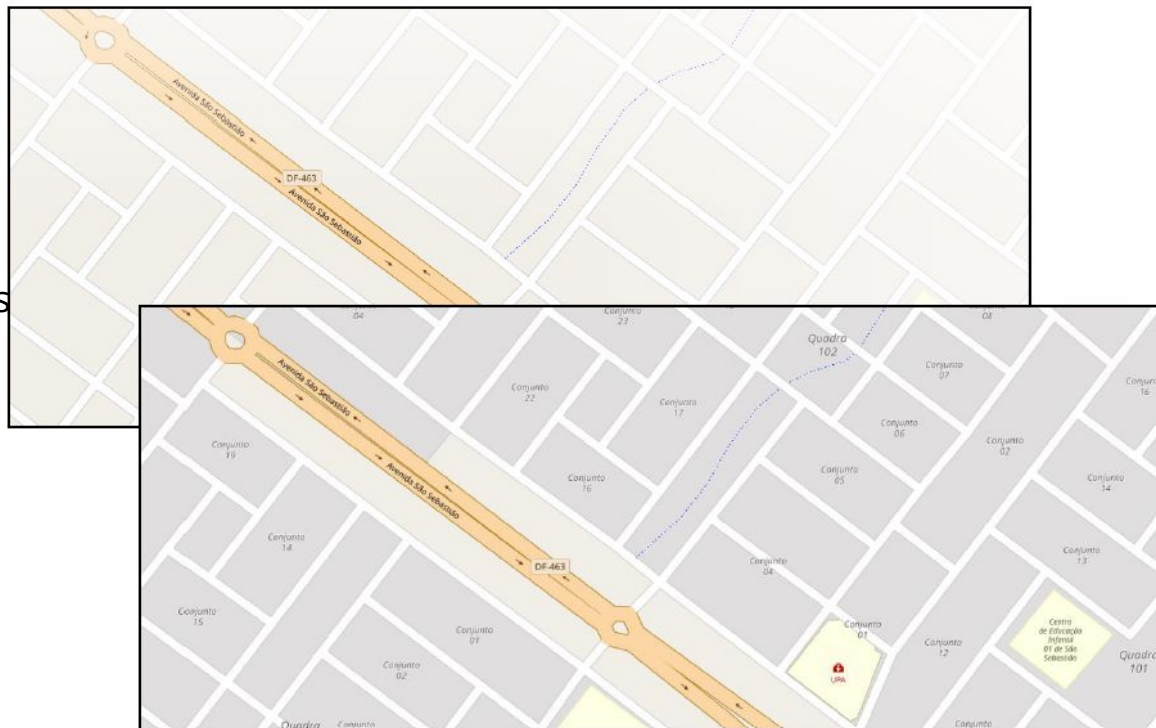


## Géocodage des cas de dengues

Base de données SINAN centralise cas de maladies Brésil

Géocodage : Conversion des adresses SINAN en coordonnées (latitude/longitude)

1. Importer une base de données géographiques avec des informations d'adresse depuis OSM
2. Formater la base de données SINAN par rapport au format d'adressage OSM:
3. Création d'un fichier dictionnaire correspondant à différents formats d'adresse SINAN avec des formats uniques d'adresse

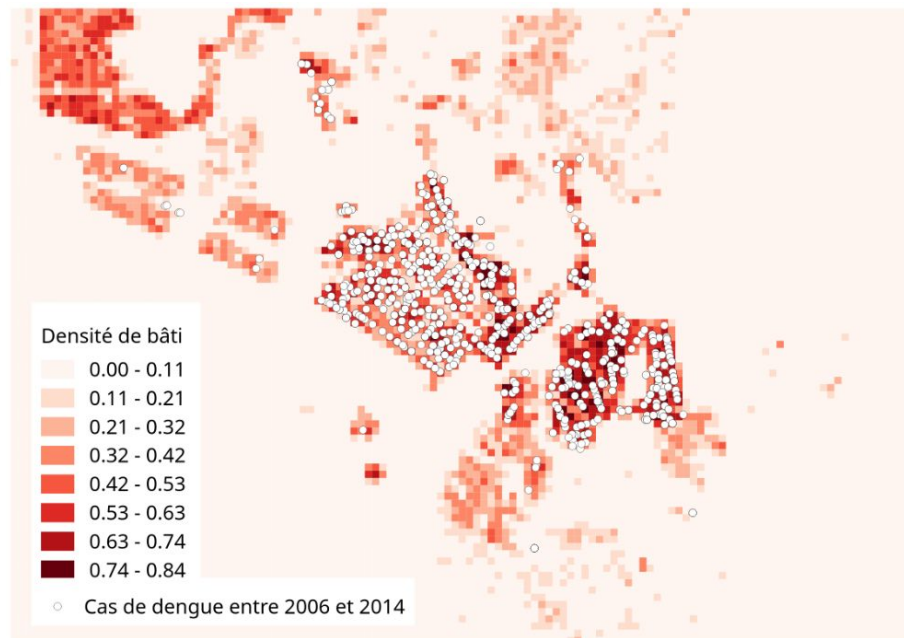
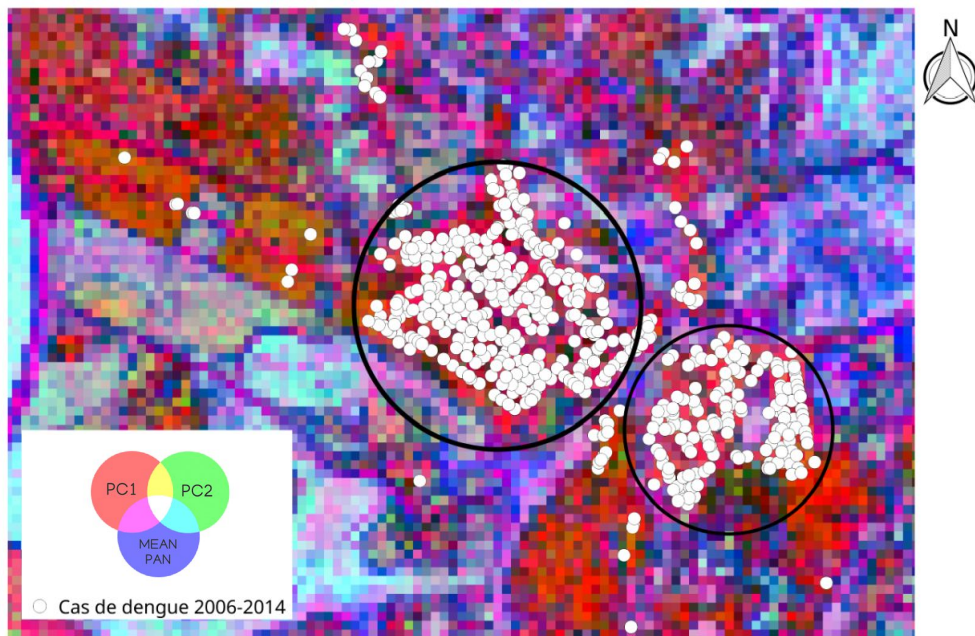


## Relation texture – santé – densité de bâti

Concentration des cas de dengue associés à un type de texture (rose/rouge) correspondant aux fréquences du bâti de l'axe 1



Concentration des cas de dengue dans les quartiers à forte densité de bâti identifiés par la texture



0 1 km



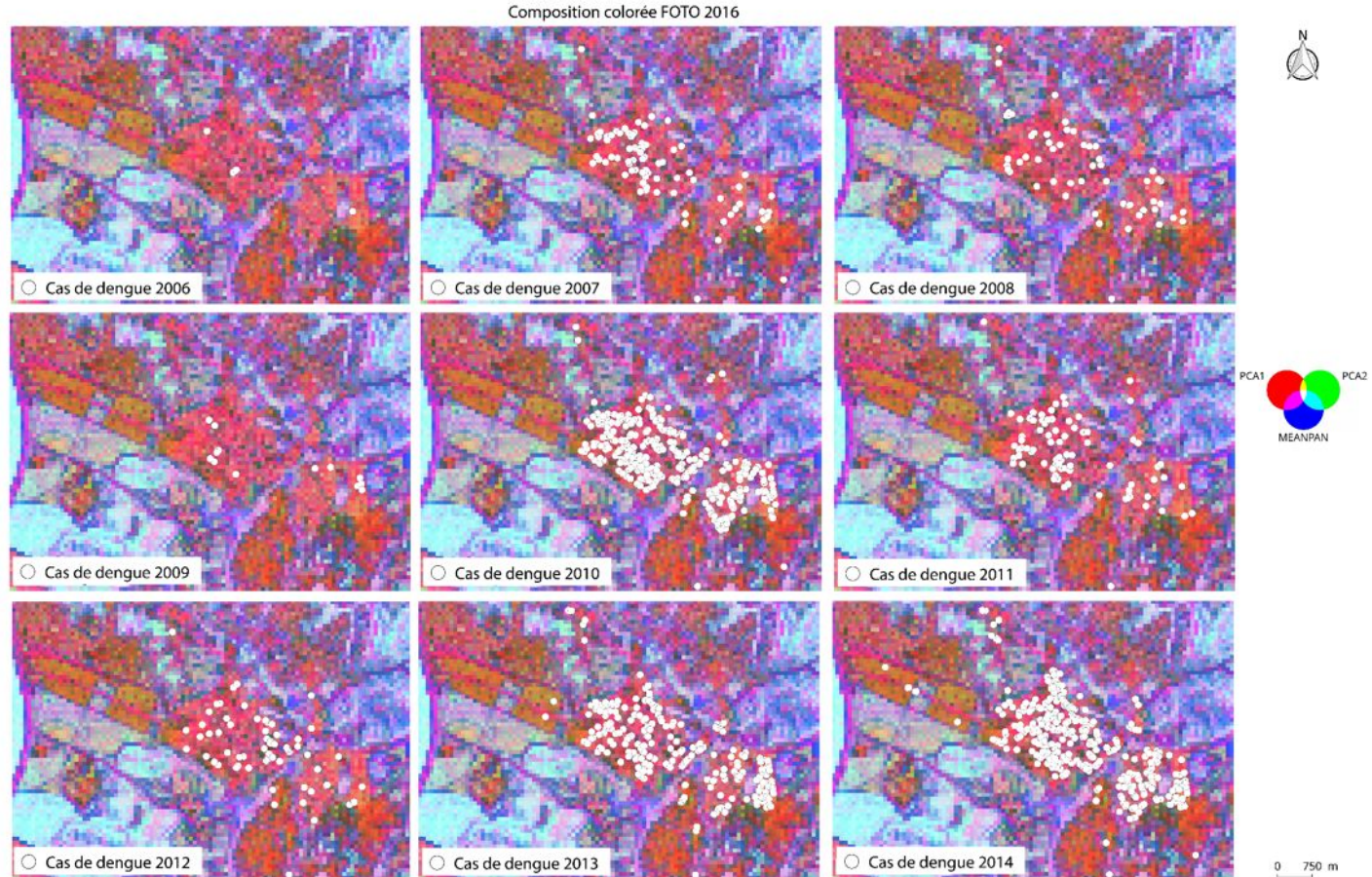
# Relation texture – santé – densité de bâti

Augmentation globale

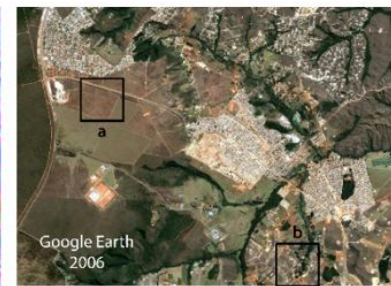
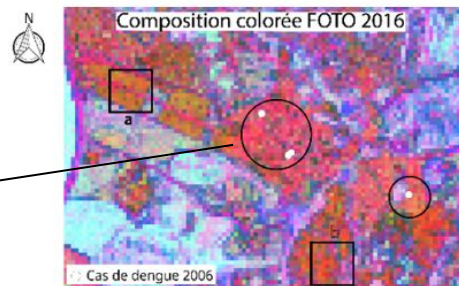
Concentration dans les  
mêmes quartiers

Nouveaux quartiers  
touchés

Distribution des cas de  
dengues associées à des  
textures urbaines



# Relation texture – santé – densité de bâti

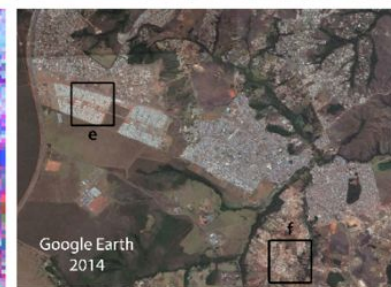
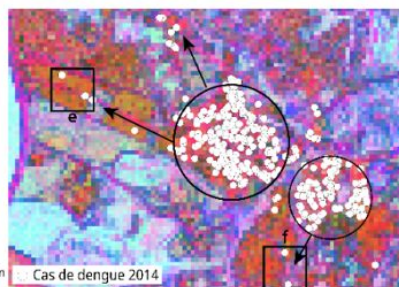
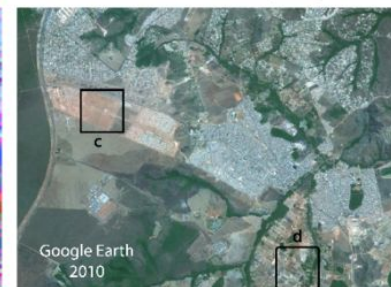
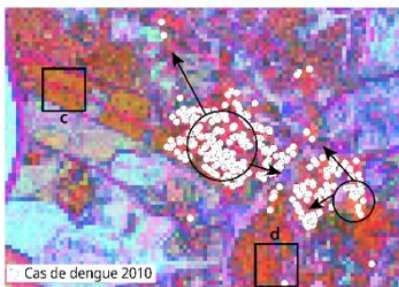


Mise en évidence d'une relation entre texture, densité de bâti et cas de dengue.

Hots spots pouvant être des départs de propagation (hub)



Processus d'urbanisation pouvant être un facteur d'explication de la présence de nouveaux cas de dengue

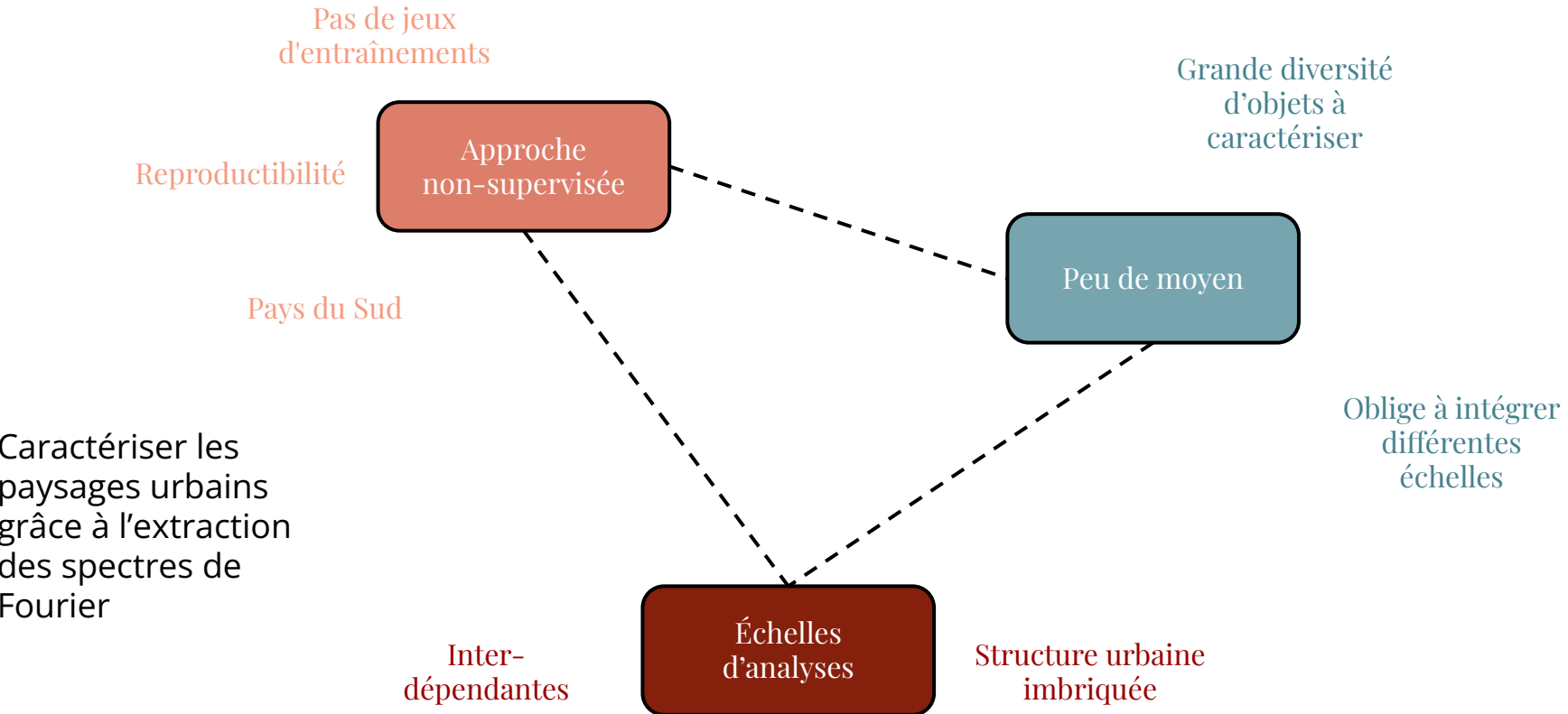




# Conclusion

- Non supervisée / Pas de données d'entraînements
  - Peu couteux en ressource et en temps de calcul
  - Extraction de la tâche urbaine et d'informations intra-urbaine
  - Peu de paramètres a spécifier
- Pas de prise en compte de l'anisotropie

# Conclusion



**Etapes de réalisation :**

- utilisation d'images à très haute résolution spatiale < à un pixel de 4 m,
- masquage des surfaces non-forestières,
- découpage en imagerie,
- analyse de sa transformée de Fourier + ACP,
- représentation d'une carte de répartition,
- estimation de paramètres forestiers.