



Dynamique de l'artificialisation des surfaces de la ville de Tanger à partir des images Spot et Sentinel 2

M. WAHBI, H. BOULAASSAL, M. MAATOUK, O. EL KHARKI, et O. YAZIDI ALAOUI

Equipe : Géoinformation et Aménagement du Territoire, UAE FST de Tanger



Situation géographique

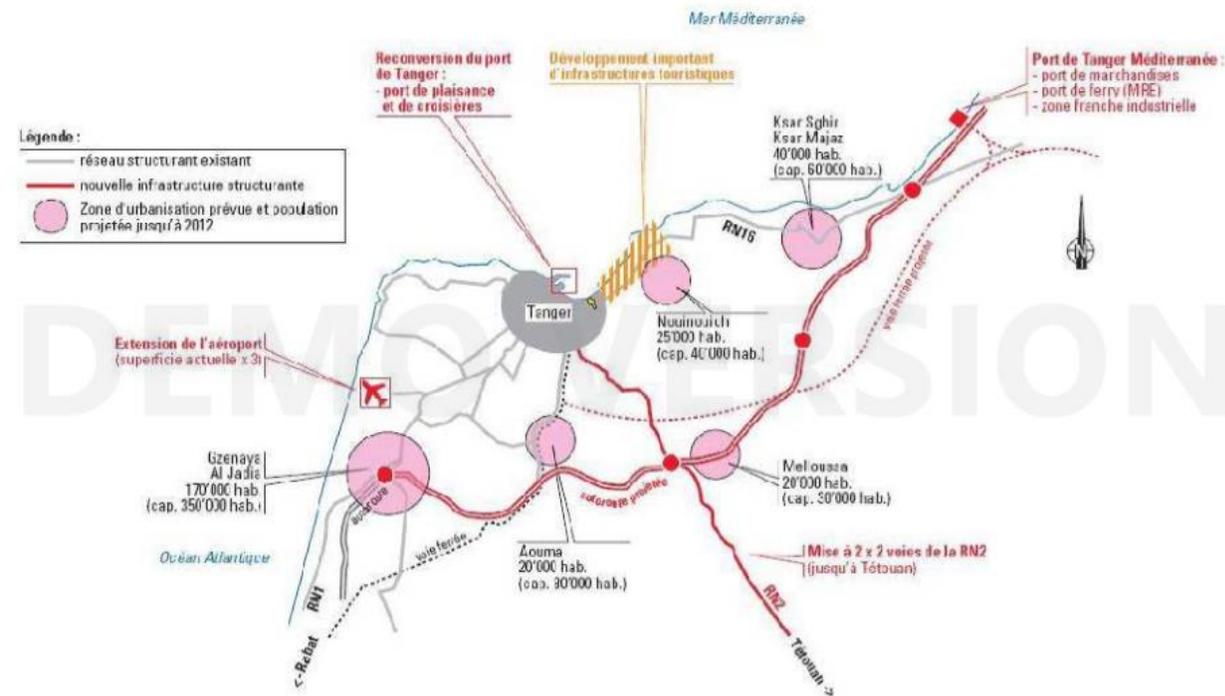
- Tanger, située à l'extrême nord ouest du Royaume sur le détroit de Gibraltar à 14 km des côtes espagnoles.
- Carrefour maritime ouvert sur l'Europe et la Méditerranée,
- Elle est dotée d'un environnement naturel riche et diversifié: forêts, montagnes et de longues plages sableuses et par endroits rocheuses,
- Autant d'atouts qui font de Tanger une destination touristique privilégiée.



Dynamique économique qui a métamorphosé la ville, avec des infrastructures:

Projets directement liés à la création du port Tanger Med (2007):

- Prolongement de la Tanger Free Zone et la zone industrielle Gueznaya à la sortie de Tanger en direction de Rabat,
- Nouvelle ville d'Ibn Battouta pour desservir les zones industrielles limitrophes,
- La nouvelle gare du TGV construite dans le prolongement de l'ancienne gare. Elle relie Tanger et Casablanca en 2h.



Bassin d'emploi intégrant l'agglomération de Tanger, le Port de Tanger Med et ses zones franches industrielles (Agam, 2010)



✓ Axes routiers:

- Désengorger la ville,
- Dédoublement des routes provinciales,
- Création de rocades des 2 mers permettant le passage de la côte atlantique à la côte méditerranéenne.

✓ Port Tanger ville:

- Transformation de l'ancien port en port de plaisance et port de pêche,
- Reconversion et réhabilitation de la corniche,
- Au niveau de la baie, les hôtels de la façade urbaine ont retrouvé leur ouverture sur la mer,

Renforcement de la position de Tanger comme pôle économique et comme destination du tourisme balnéaire par excellence.



- La population de la province Tanger-Asilah a explosé: + 40% entre 2004 et 2014 contre + 13,8% pour le reste du Maroc induisant une accélération de l'urbanisation.



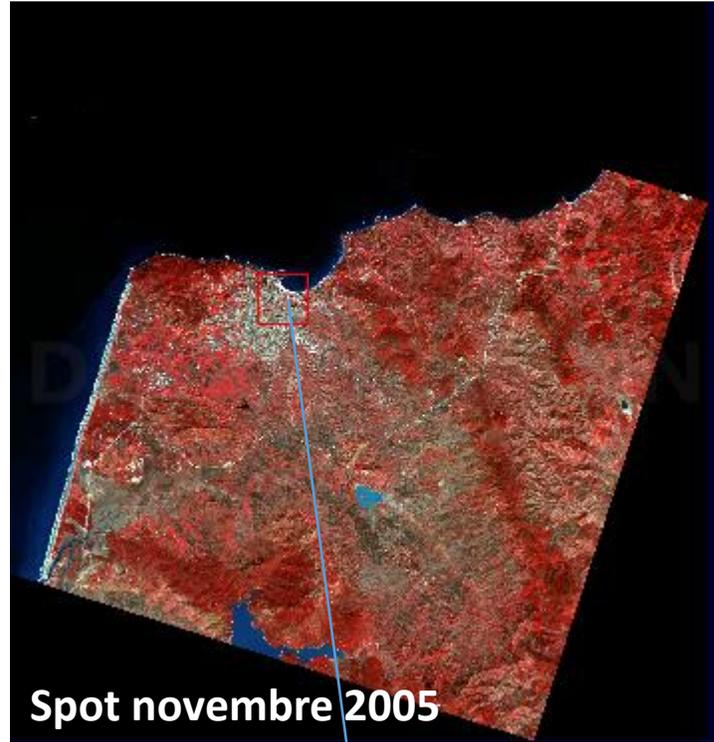
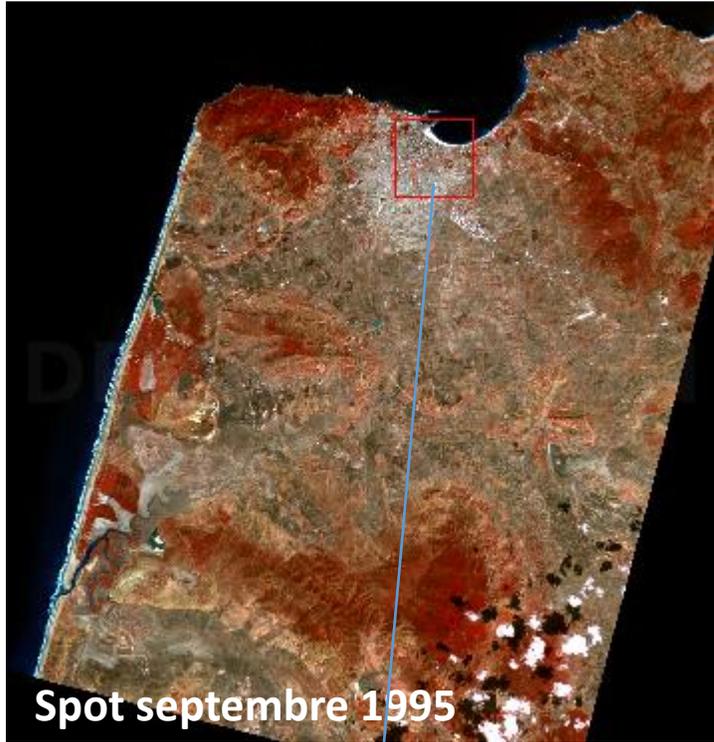
- Pour suivre la dynamique de l'artificialisation des surfaces et de l'étalement urbain à Tanger 3 images satellites ont été utilisées:
2 images Spot et une image Sentinel2A.

Image	Date d'acquisition	Résolution spatiale	Bandes spectrales
Spot 3	Septembre 1995	20 m ré-échantillonnée à 10m	XS1 (Vert), XS2 (Rouge) XS3 (PIR)
Spot 5	Novembre 2005	10 m	B1 (Vert), B2 (Rouge) B3 (PIR) B4 (MIR)



Nom de la bande	Longueur d'onde centrale (nm)	Résolution (m)
1	443	60
2	490 (Bleu)	10
3	560 (Vert)	10
4	665 (Rouge)	10
5	705	20
6	740	20
7	783	20
8	842 (PIR)	10
8a	865	20
9	945	60
10	1375	60
11	1610 (MIR)	20
12	2190	20

Bandes spectrales de Sentinel-2 (en rouge les bandes utilisées)





Traitement d'images :

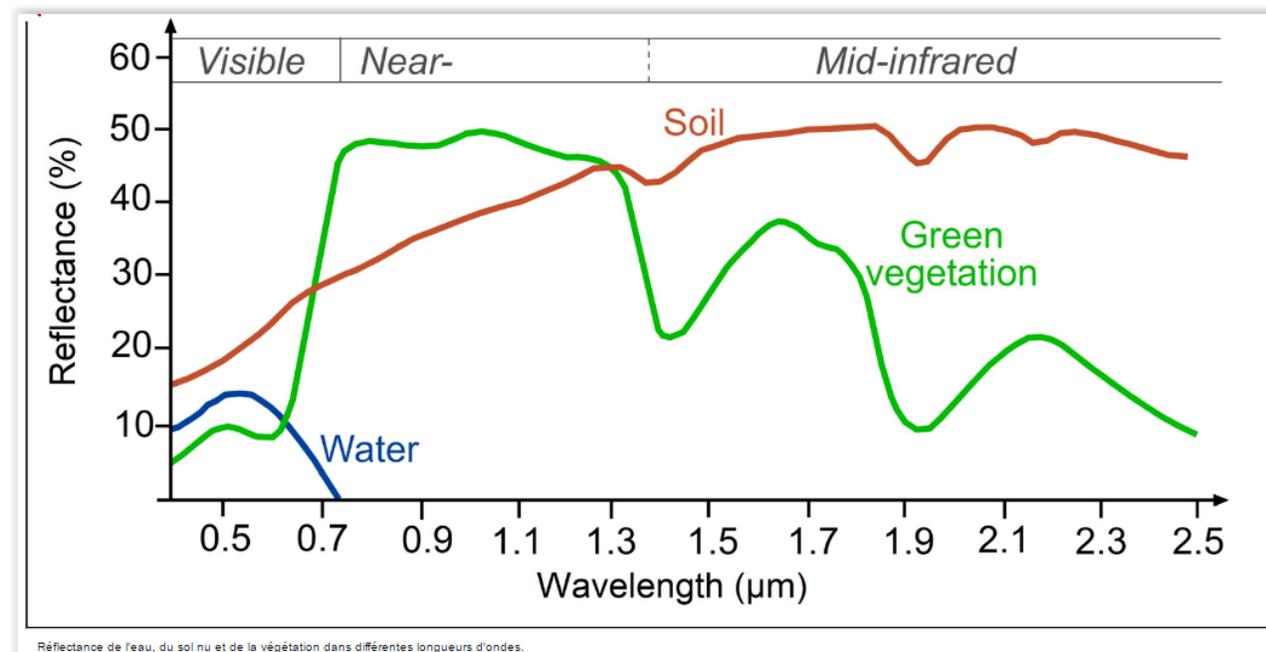
- Pour être superposables et comparables, les images ont été géoréférencées et corrigées radiométriquement.
- Différents indices multispectraux ont été créés afin de classer les pixels des images en classes d'occupation du sol:
 - NDVI
 - Indice de brillance
 - MNDWI



L'indice de végétation NDVI

$$\text{NDVI} = \frac{\text{PIR} - \text{R}}{\text{PIR} + \text{R}}$$

Le NDVI est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation. Il permet d'évaluer l'importance de la biomasse et de suivre l'activité chlorophyllienne.



Signatures spectrales des surfaces naturelles



L'indice de végétation NDVI



NDVI

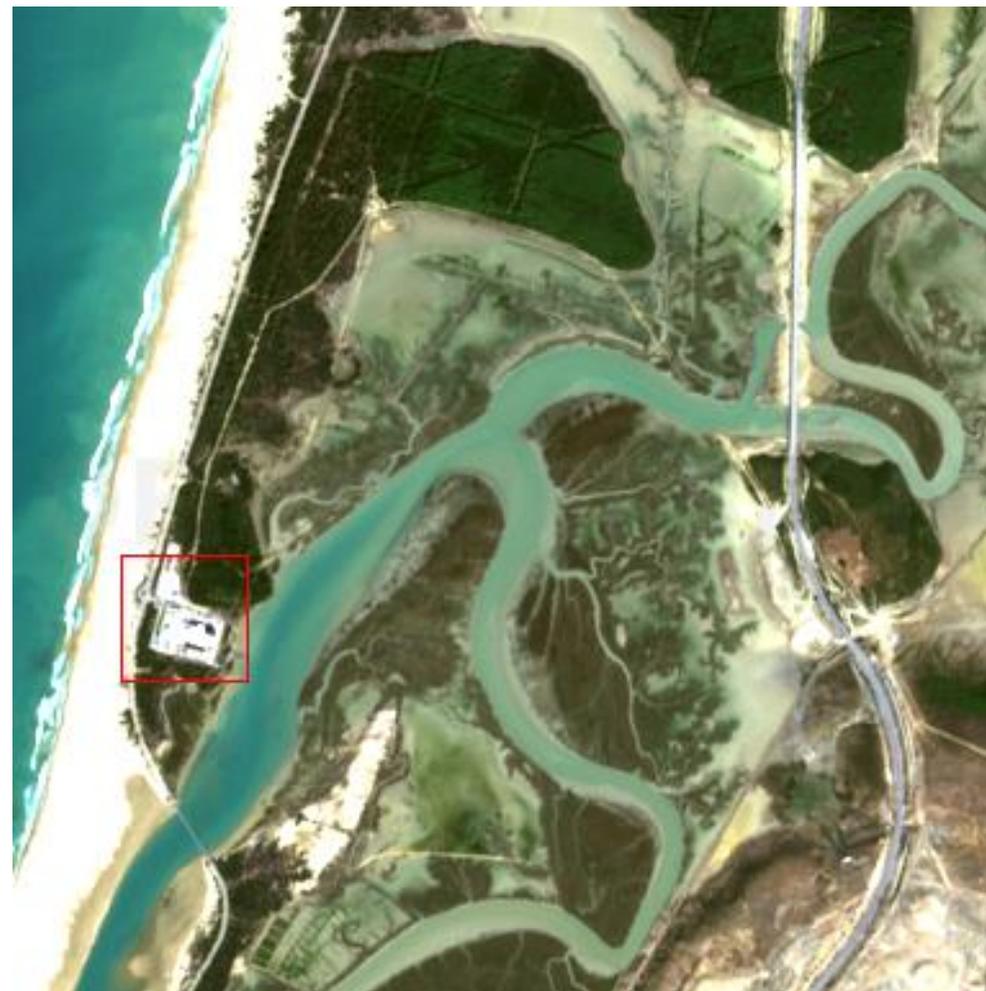


Image Sentinel2A en vraies couleurs

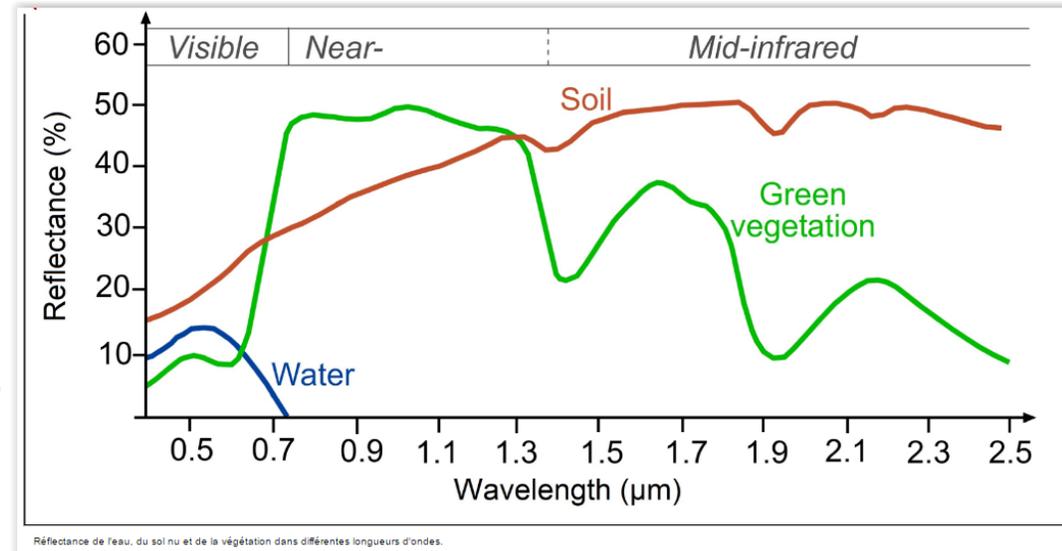


Indice de brillance ou indice de sols

- Permet de dissocier les surfaces minérales des couvertures végétales.

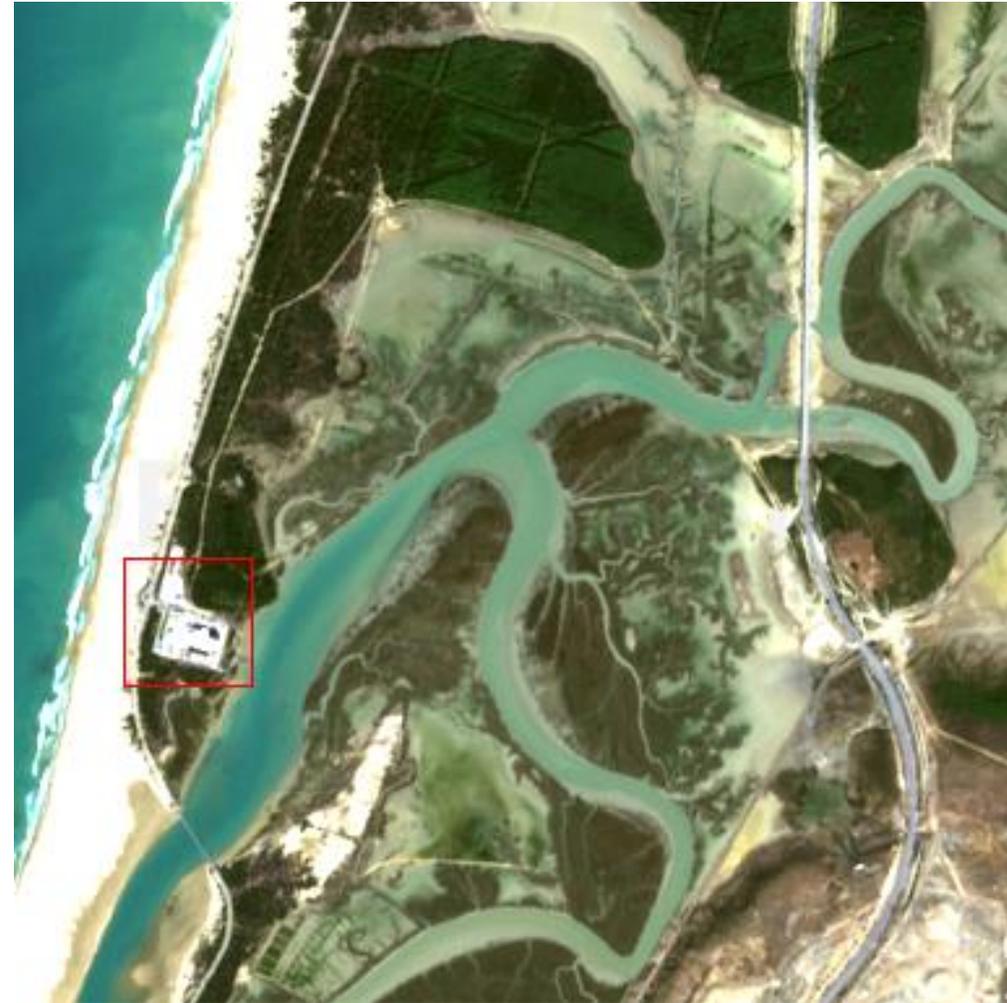
$$IB = \sqrt{R * R + PIR * PIR}$$

- Le bâti et les surfaces minéralisées sont les plus réfléchissantes.





Indice de brillance ou indice de sols



IB

Image Sentinel2A en vraies couleurs



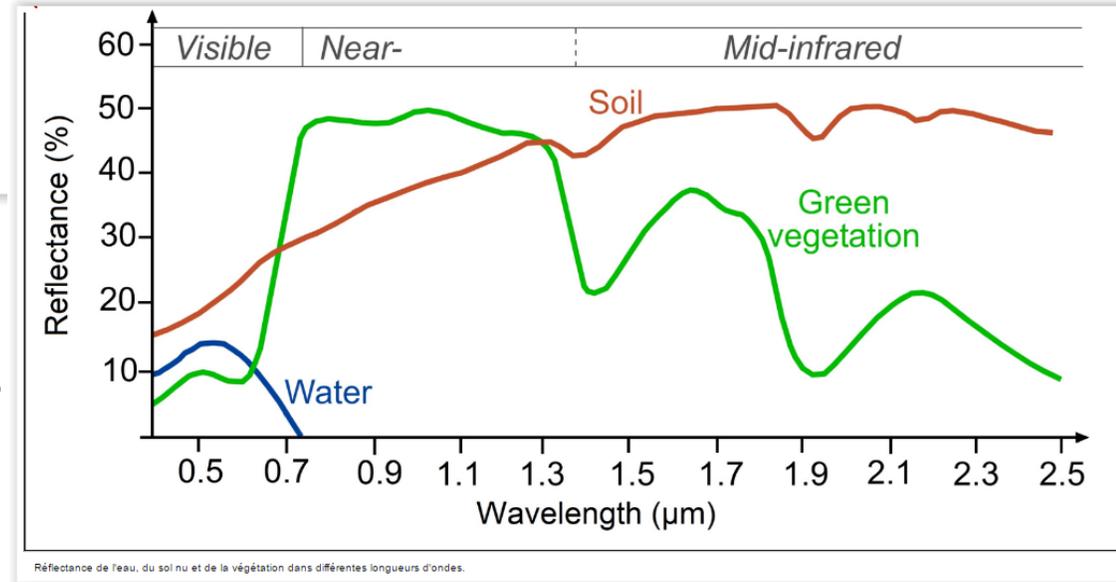
Indice de l'eau

- **MNDWI : Modified Normalized Difference Water Index**

The modified NDWI (MNDWI) can be expressed as follows:

$$MNDWI = \frac{Green - MIR}{Green + MIR}$$

- Relié aux bandes d'absorption d'eau dans le MIR.
- Met en évidence la végétation humide et les surfaces en eau.





Indice de l'eau



MNDWI



Image Sentinel2A en vraies couleurs



- Les indices ont été réunis dans un arbre de décision pour une classification hiérarchique de chacune des images par association de canaux à des seuils déduits de façon empirique à partir de leurs histogrammes.
- Afin de comparer les images classées entre elles, la nomenclature retenue pour l'occupation du sol est:
 - Surfaces en eau;
 - Végétation: Forêts et cultures;
 - Bâti;
 - Sols nus.



- Extraction des surfaces artificialisées et export des résultats sous format vectoriel.
- Après correction des polygones aberrants, La validation de la classification s'est faite par la superposition des résultats sur les images Google Earth.



Zone industrielle et ville Ibn Batouta
Image Sentinel2A

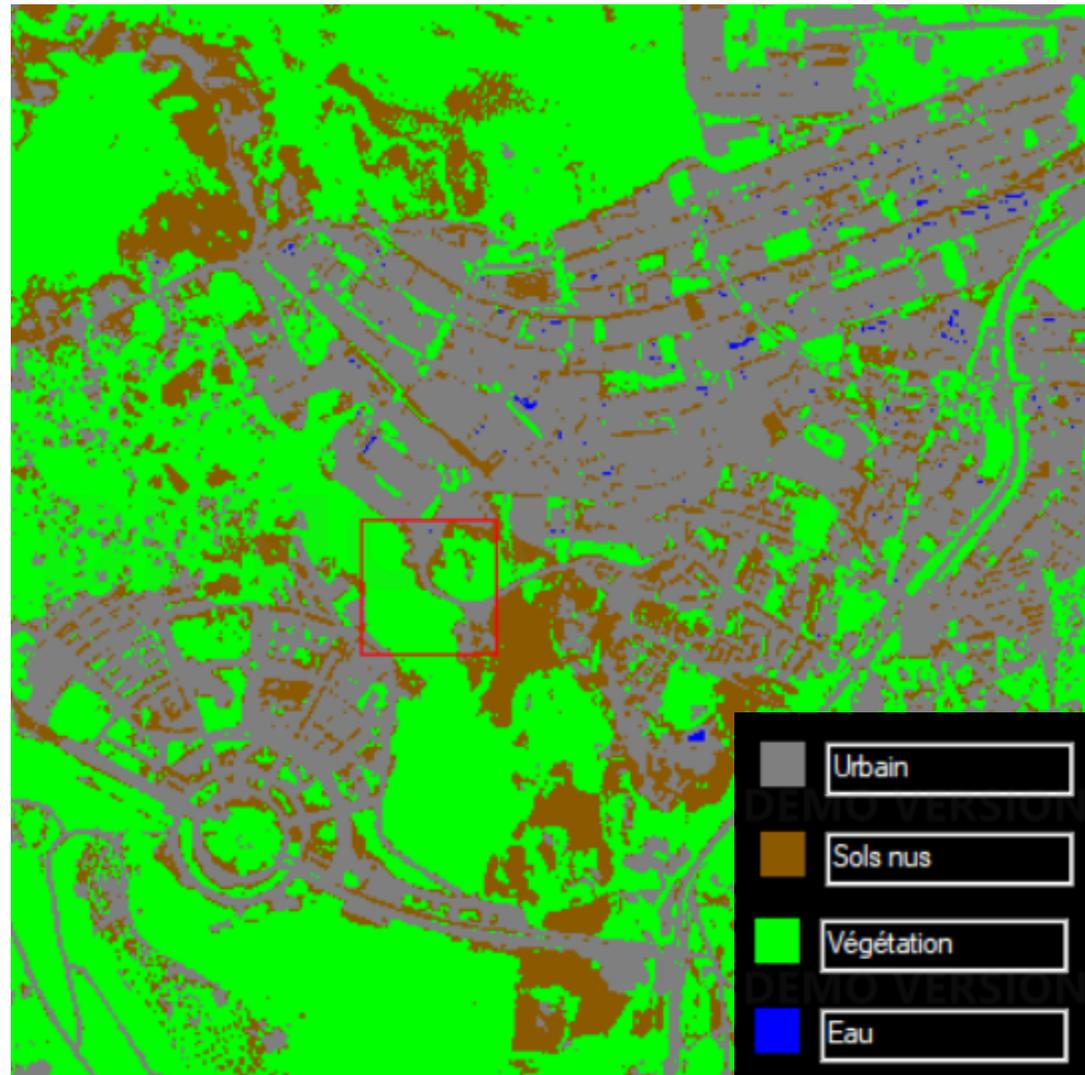
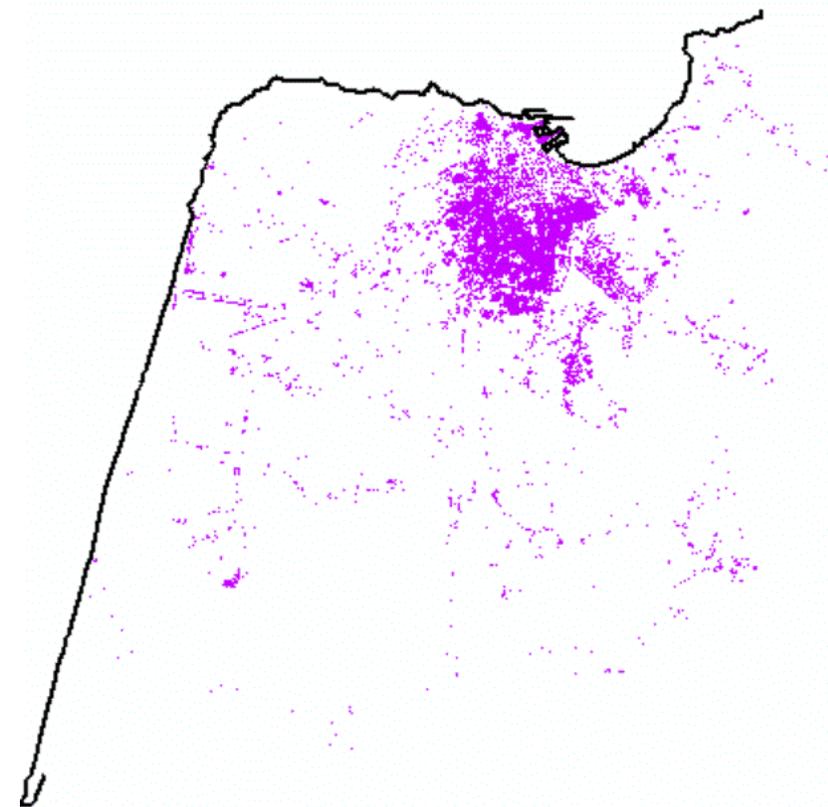
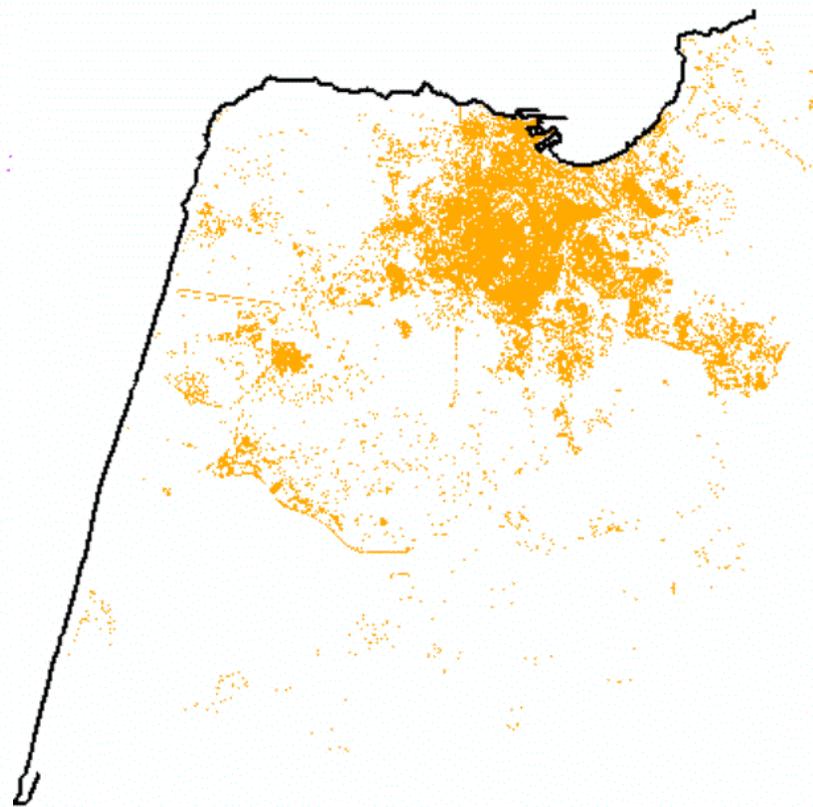


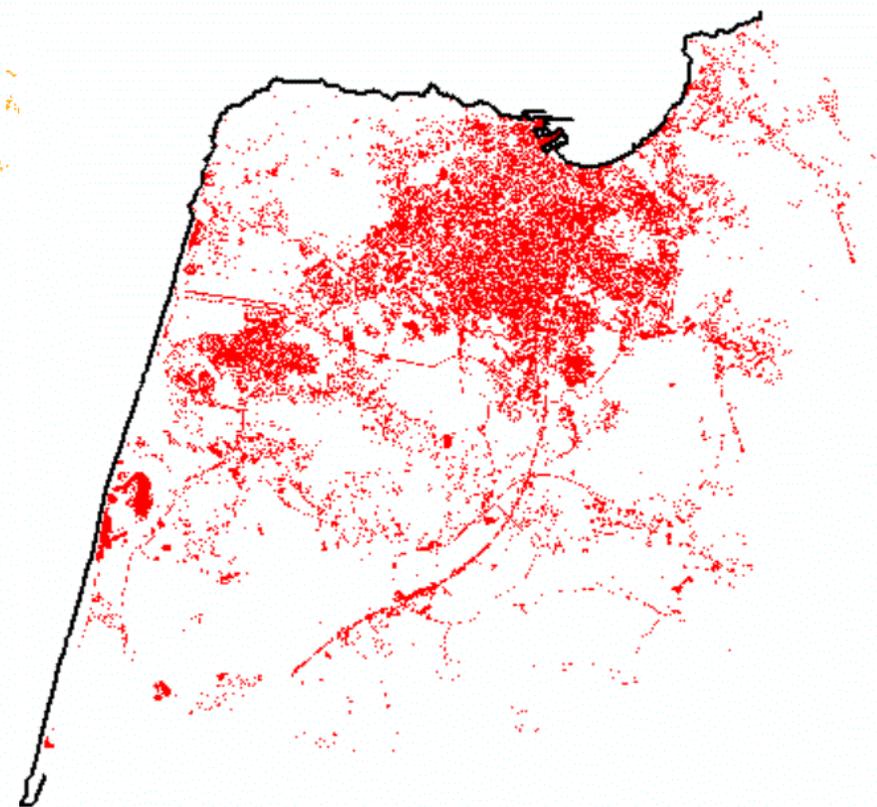
Image Sentinel2A classée



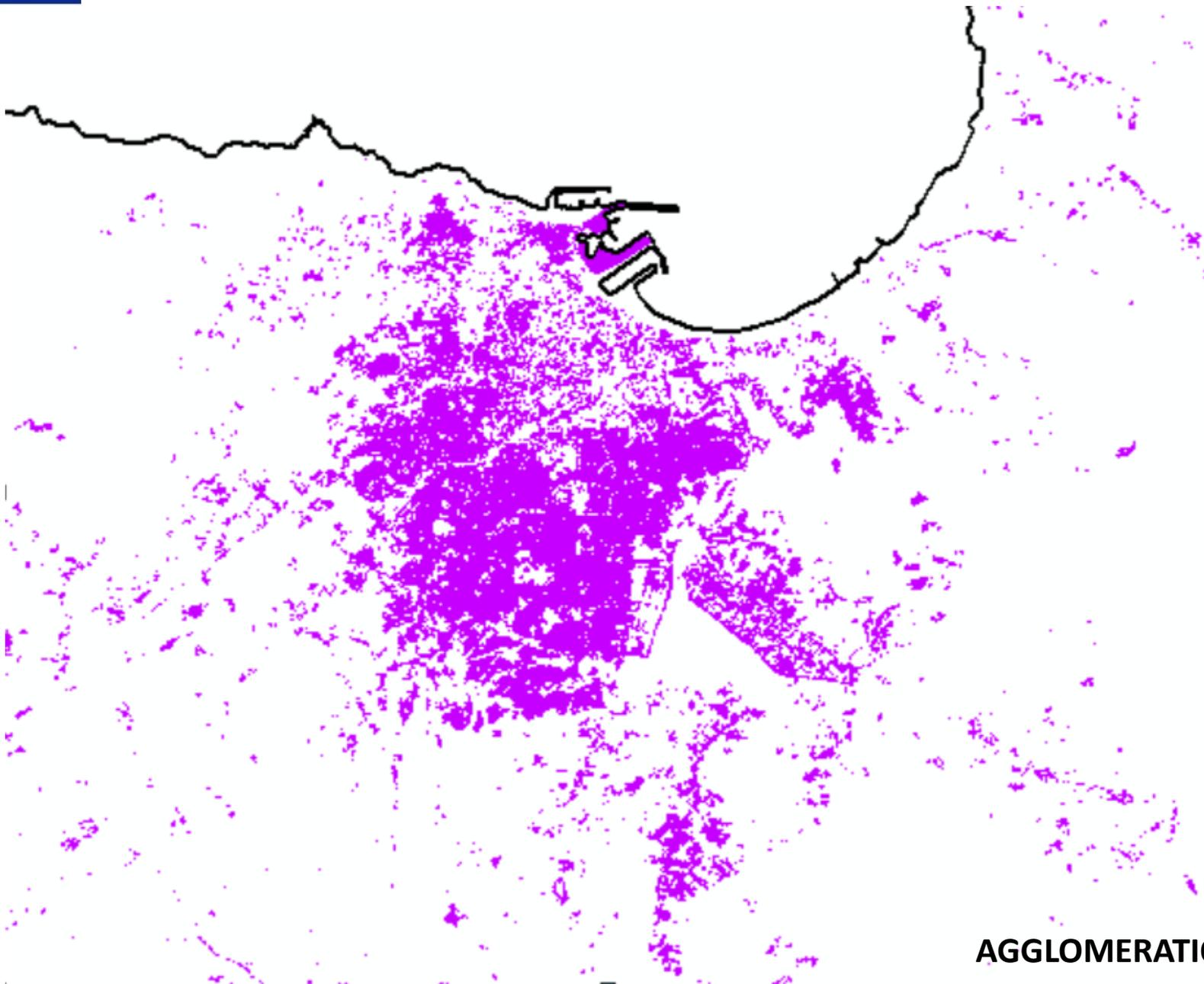
**Surfaces artificialisées
1995**



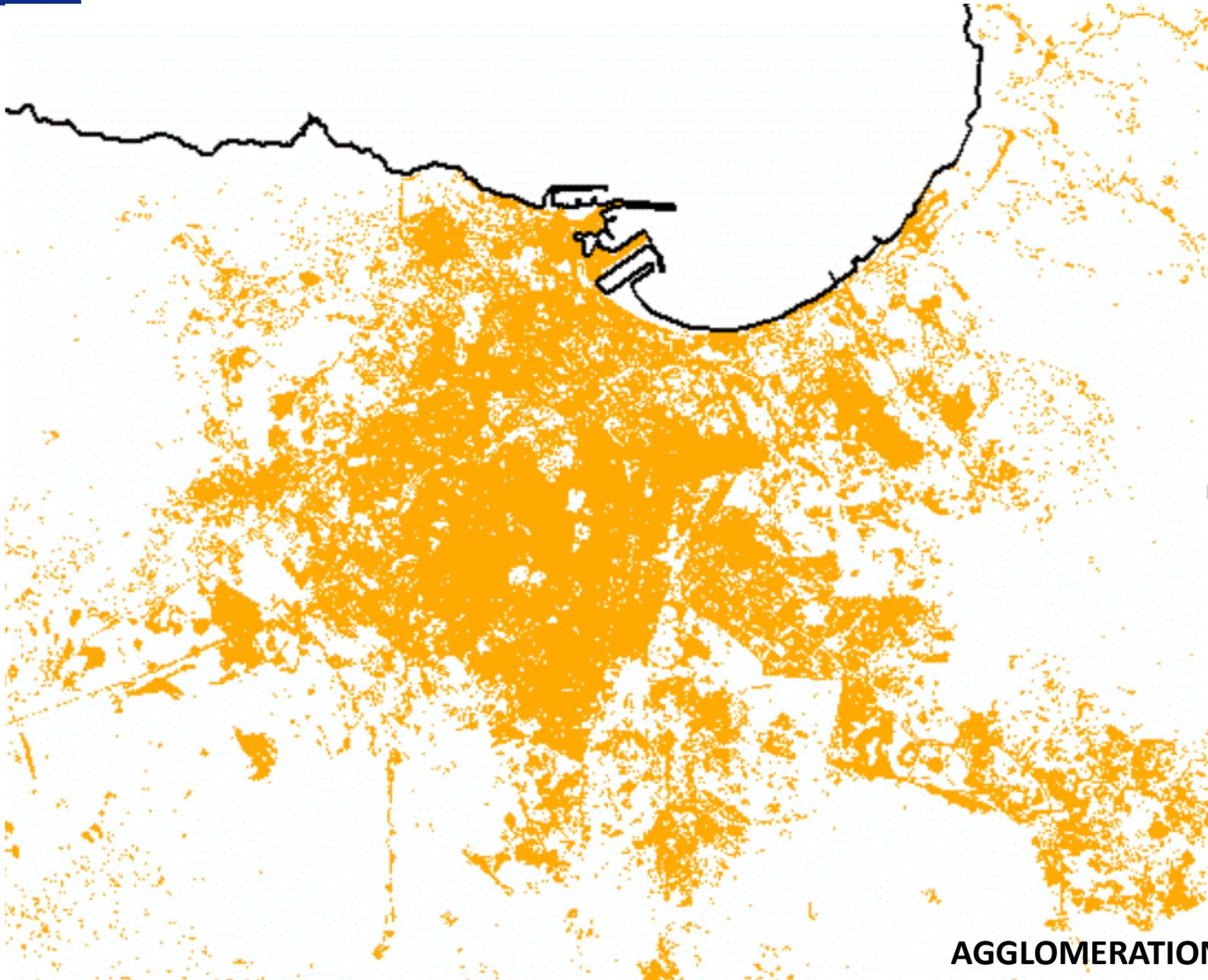
**Surfaces artificialisées
2005**



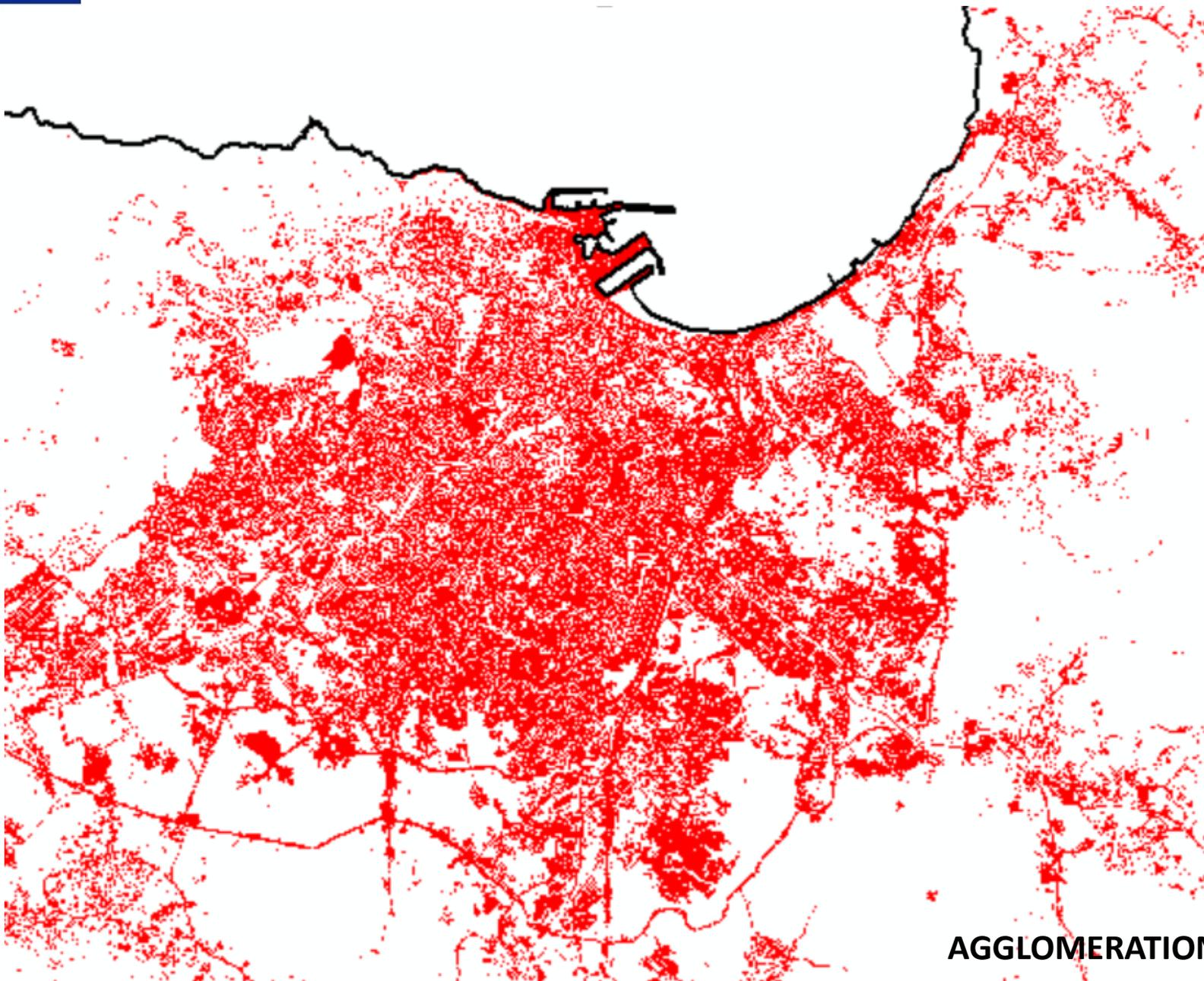
**Surfaces artificialisées
2018**



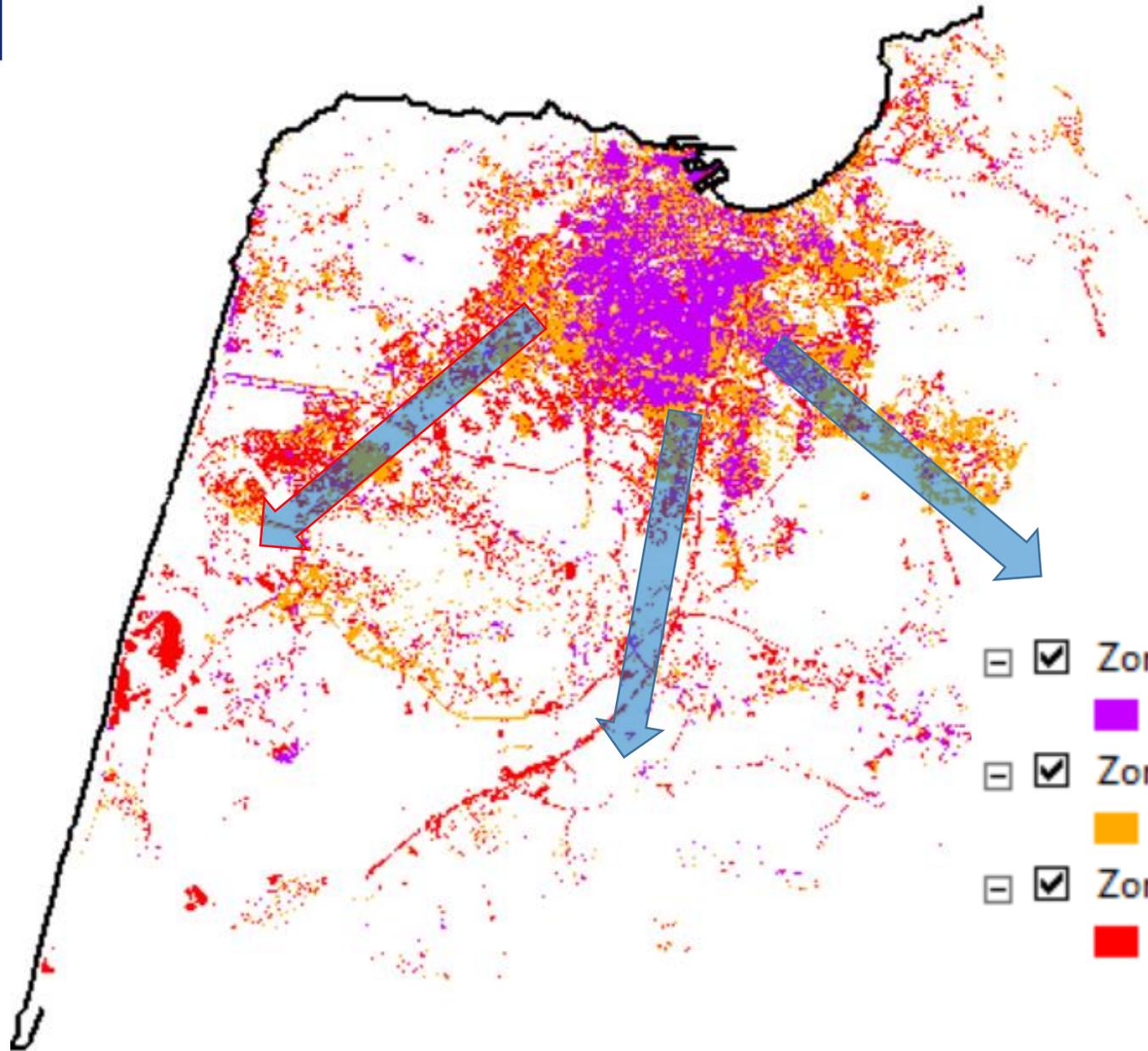
AGGLOMERATION DE TANGER en 1995



AGGLOMERATION DE TANGER en 2005



AGGLOMERATION DE TANGER en 2018



- Zones Artificialisées (en 1995) ■
- Zones Artificialisées (en 2005) ■
- Zones Artificialisées (en 2018) ■



■ Le durcissement de la côte

✓ Baie de Tanger:

L'urbanisme se densifie et s'étale vers l'est de la baie:

- lieu de la nouvelle zone d'aménagement touristique: zone touristique Ghandouri
- et plus à l'est sur les reliefs surplombant la baie.,



Complexes immobiliers à l'est de la baie de Tanger Ghandouri (Image Google Earth)



La zone touristique Ghandouri : où se côtoient hôtels étoilés et complexes résidentiels.



Le Palais du Calife Riad Spa & Clubbing



La zone touristique Ghandouri : où se côtoient hôtels étoilés et complexes résidentiels.



Colina Del Mar



La zone touristique Ghandouri : où se côtoient hôtels étoilés et complexes résidentiels.



Complexe résidentiel



Si de nombreux travaux ont démontré l'érosion du trait de côte au niveau de la baie de Tanger suite aux réaménagements successifs du port, l'érosion se poursuit et s'intensifie avec la disparition quasi-totale de la plage de Ghandouri. On assiste aussi à l'accentuation de l'érosion au niveau des ouvrages de protection. Lors de la tempête de mars 2017, la zone a connu une submersion marine.



Plage Ghandouri



Vue sur la plage Ghandouri à partir de l'hôtel Farah



Autre résultat direct du réaménagement du port de Tanger:
ensablement au niveau de la marina de la baie de Tanger.



Ensablement Marina de Tanger



Du côté Atlantique, l'artificialisation est plus remarquable

- l'industrie y est localisée en bordure de mer:
 - Metragaz, centrale électrique, ...





- Ancienne zone d'extraction de sable servant à la construction lors du boom immobilier qu'à connu Tanger en 2 sites:

- Plage Sidi Kacem dans les années 80;
- Puis plus au sud, Plage de Haoura dans les années 90, activité qui s'arrêtera en 2006.

Plage Houara





- Ancienne zone d'extraction de sable servant à la construction lors du boom immobilier qu'à connu Tanger en 2 sites:
 - Plage Sidi Kacem dans les années 80;
 - Puis plus au sud, Plage de Haoura dans les années 90, activité qui s'arrêtera en 2006.

Exploitation de sable



Figures d'érosion de la plage de Haoura au sud de Tanger





- Sur la côte atlantique s'implantent aussi plusieurs projets touristiques et résidentiels
 - « Resort à Al Houara” : outre les composantes touristiques (2.786 lits) et résidentielles, plusieurs centres d'animation et de loisirs (un golf de 18 trous, un centre de conférences, etc.).
 - Projets immobiliers « **pied dans l'eau** ».



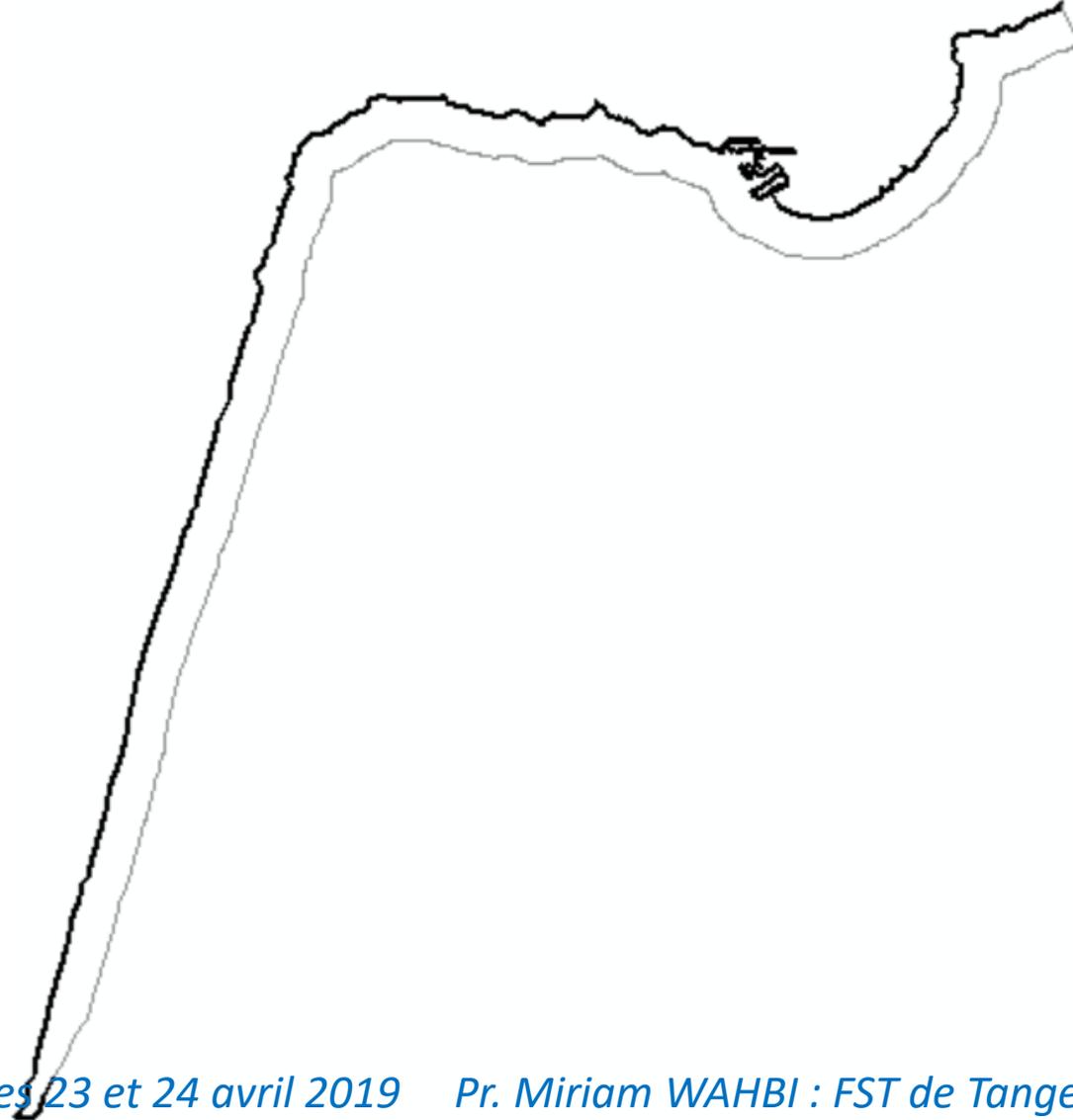


- Sur la côte atlantique s'implantent aussi plusieurs projets touristiques et résidentiels
 - « Resort à Al Houara” : outre les composantes touristiques (2.786 lits) et résidentielles, plusieurs centres d'animation et de loisirs (un golf de 18 trous, un centre de conférences, etc.).
 - Projets immobiliers « **pied dans l'eau** ».



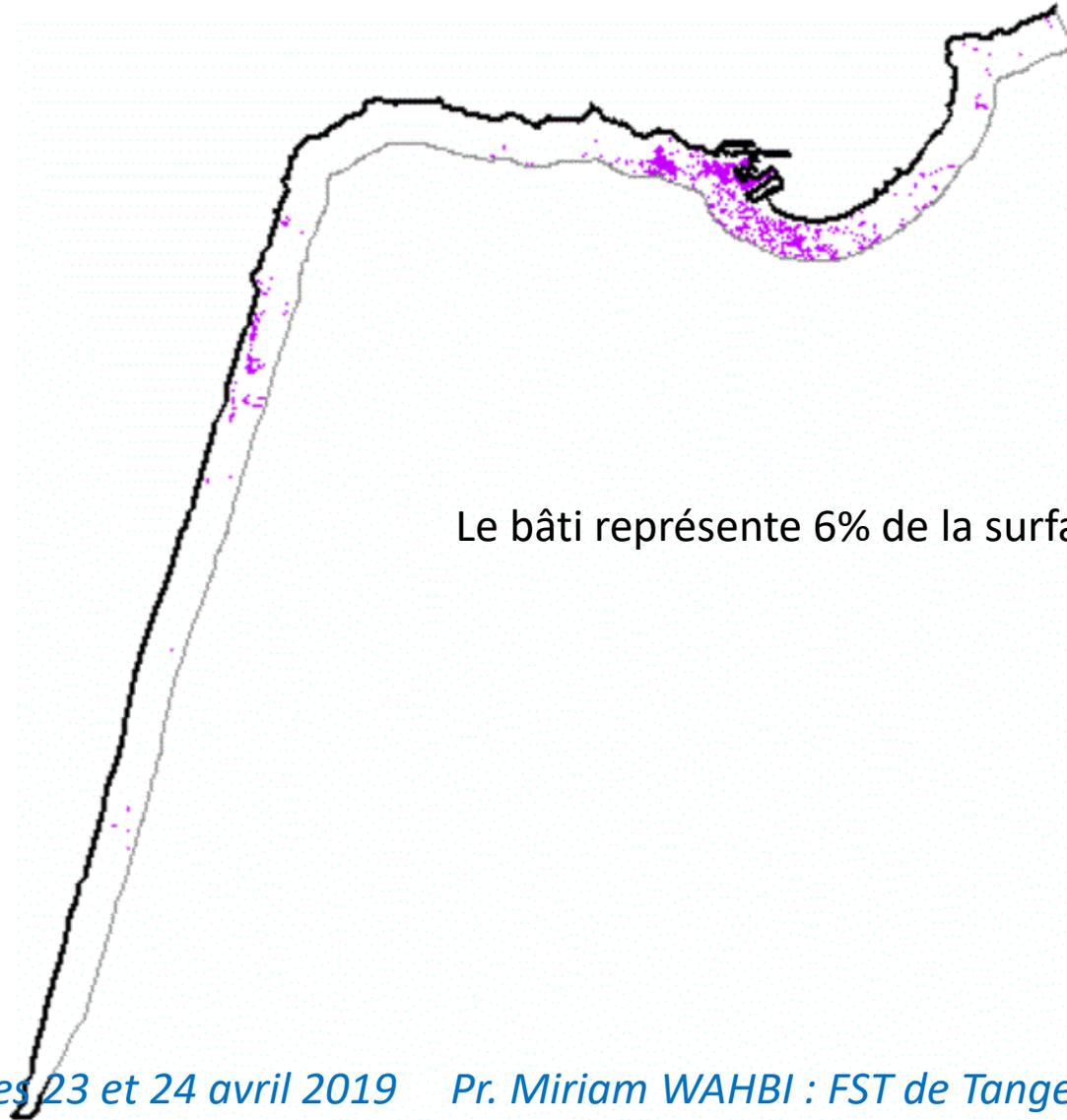


Pour estimer le degré de littoralisation entre 1995 et 2018 une distance de 10km a été retenue.





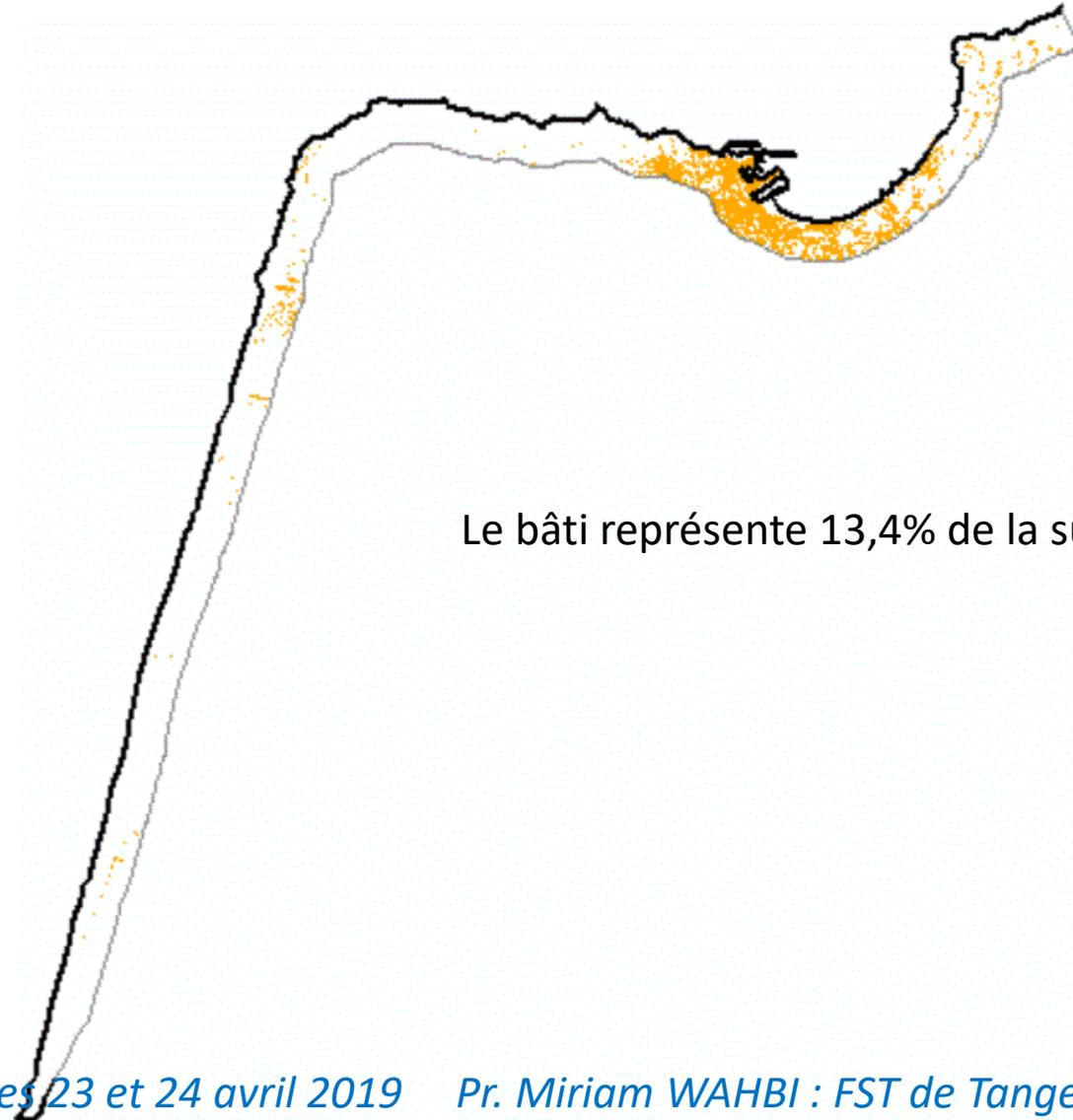
En 1995



Le bâti représente 6% de la surface



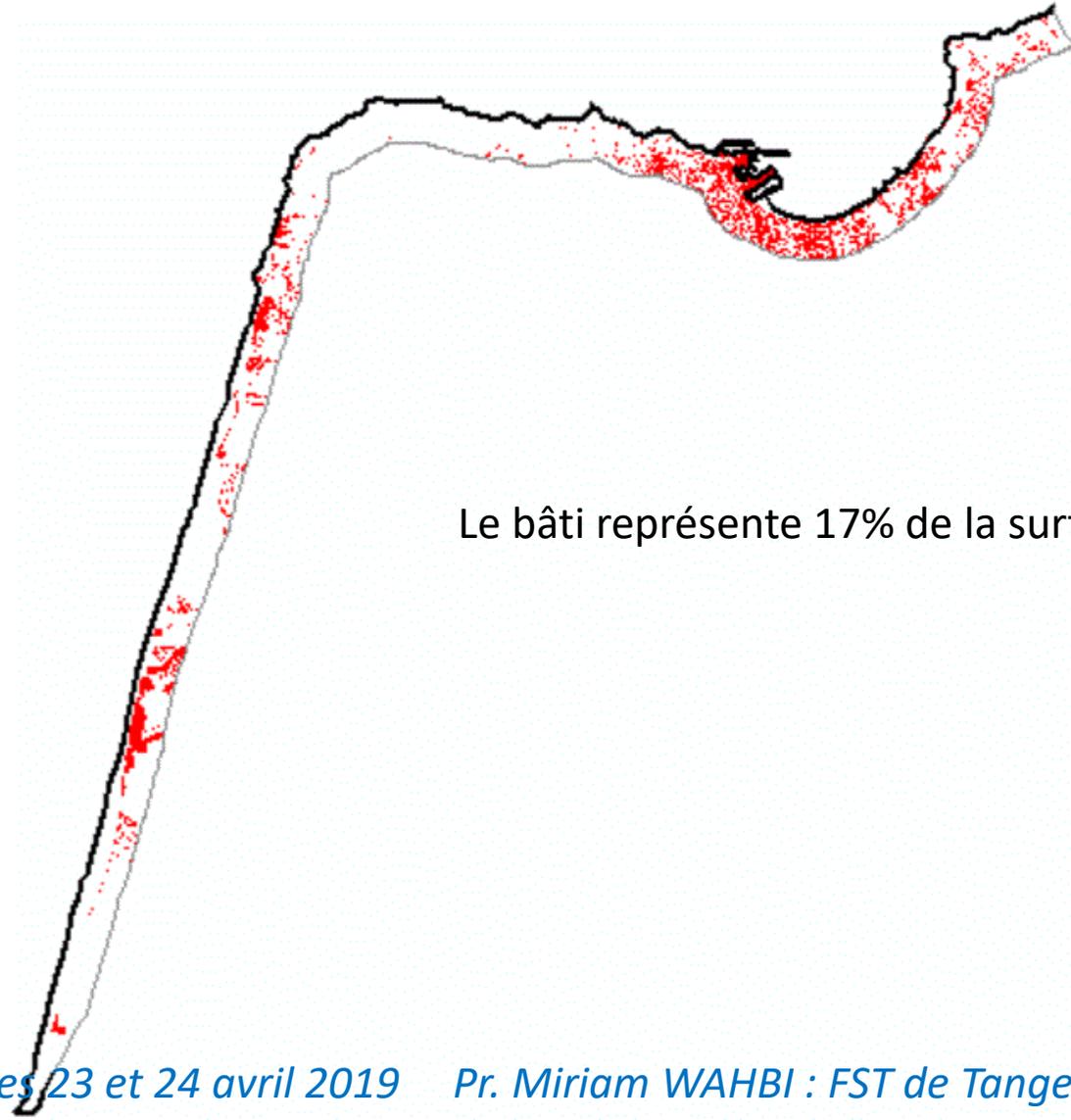
En 2005



Le bâti représente 13,4% de la surface



En 2018



Le bâti représente 17% de la surface



- Exposition du littoral aux risques d'érosion aggravé par l'urbanisation linéaire.
- Pour renforcer la destination de Tanger dans le tourisme balnéaire, plusieurs projets touristiques et immobiliers « vue sur mer et pied dans l'eau » souvent haut de gamme et réservé à une clientèle privilégiée ont vu le jour sur le littoral tangérois, conduisant dans certains cas à sa privatisation .



Des constructions en dur sont édifiées sur des zones fragiles voire sur des dunes bordières.



Plage Sidi Kacem



Conclusion :

- L'étude diachronique sur les images satellites de 10m de résolution a permis d'estimer la dynamique de l'étalement urbain de Tanger;
- Sur les 23 ans que couvrent les images, la littoralisation a triplé: déferlement urbanistico-touristique au niveau du littoral;
- L'urbanisation du littoral conduit à sa vulnérabilité avec le phénomène de recul du trait de côte surtout dans un contexte mondial d'élévation du niveau marin.

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



MERCI DE VOTRE ATTENTION

