



**HAL**  
open science

# Théories générales de l'écologie du paysage et étude de cas adaptés aux fonctions ville/agriculture

Michel Mouléry

► **To cite this version:**

Michel Mouléry. Théories générales de l'écologie du paysage et étude de cas adaptés aux fonctions ville/agriculture. Collaboration Université MOULAY ISMAIL (MEKNES) et INRAE Ecodéveloppement - 05 - 06 Mars 2020 - L'intensification en question, Université MOULAY ISMAIL (Meknes), Mar 2020, Meknes, France. hal-02544832

**HAL Id: hal-02544832**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02544832v1>**

Submitted on 16 Apr 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Université Moulay Ismail- MEKNES

## Rencontre 4-7 Mars 2020



### Théories générales de l'écologie du paysage et étude de cas adaptés aux fonctions ville/agriculture



© Etienne de Malglaive/ Rea, champs de céréales dans plaine de la Beauce



Michel Mouléry – PHD Candidate  
[Michel.moulery@inrae.fr](mailto:Michel.moulery@inrae.fr)



# PLAN

- **Le paysage ?**
- **l'Ecologie du paysage ?**
- **Aspect fonctionnel**
- **Théories de l'écologie du paysage**
- **Métriques paysagères**
- **THEORIES Associés au territoire**
- **Quelques exemples de projet**

« Le paysage est une **mosaïque** qui résulte d'une association de différents éléments (habitat, urbain ou autres) et qui interagissent les uns avec les autres »



« Le monde est une mosaïque de taches d'habitats, que l'on appelle paysage »  
(Ricklefs et Miller, 2005).

« L'écologie du paysage est la partie de l'écologie qui étudie les interactions entre l'organisation de l'espace et les processus écologiques. ....»

1. «Etudier les relations entre les processus écologiques et l'organisation spatiale et temporelle de l'environnement »
2. « Evaluer les causes et le rôle de l'hétérogénéité à de multiples échelles »
3. « Mettre au point les concepts, les techniques et les outils permettant d'appréhender la complexité spatiale et temporelle des systèmes écologiques »

(Thierry Taton)

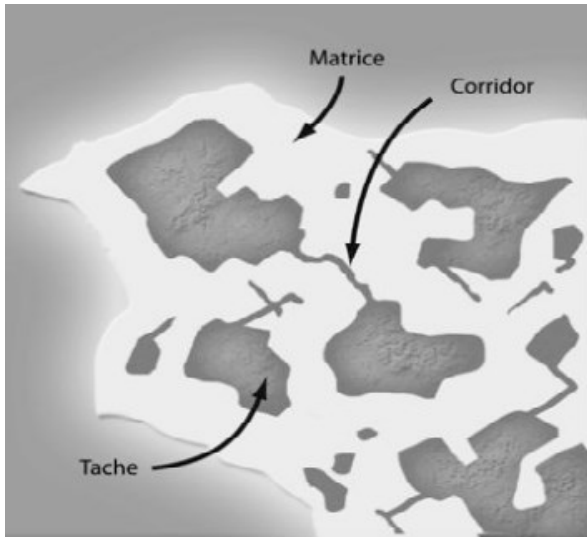


- Naissance du terme **Ecologie du paysage** : Carl Troll (botaniste et géographe) 1899 - 1975
- Universitaire allemand, enseignant et chercheur, botaniste et géographe
- Utilisation photographie aérienne pour ses recherches, notamment pour l'étude des interactions entre végétation et environnement, à l'échelle des paysages. (création du terme *Landschaftökologie*)
- 1926 à 1929, il étudie divers types de milieux andins en Amérique du Sud, là où l'agriculture s'est développée en haute-altitude, avec d'importantes concentrations humaines, notamment autour du Lac Titicaca (cordillère des Andes)

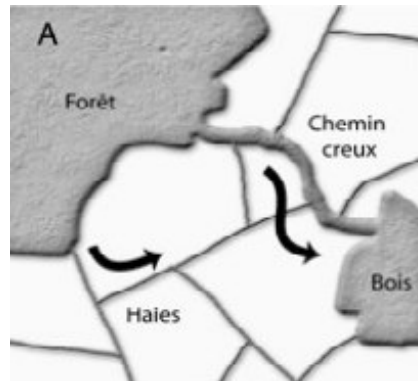


- 1950 (France) botanistes et géographes s'intéressent à la structure spatiale (bocage et cartographie végétation) -> modèle -> Mesure du paysage
  - 1976, loi du 10 juillet relative à la protection de la nature précise dans son article premier que "la protection des espaces naturels et des paysages est d'intérêt général".-> F.Burel on doit chercher des méthodes d'analyse ...
  - 1980 (informatique spatialisation, télédétection ,SIG et groupe international IALE)
- 
- 
- 1987 (Crumley, Marquart) -> Le paysage est la manifestation spatiale entre les relations **humaines** et leur environnement.....
  - 1989 Turner → **Métriques spatiales**  
Turner M., 1989, "Landscape ecology: the effect of pattern on process", *Annual Review Ecological Systems*, Vol.20, No.1, 171-197. (occupation du sol, utilization du sol)

*L'écologie du paysage s'intéresse aux aspects fonctionnels de la structure du paysage, et pour cela à la nature, la taille, l'agencement et à la connectivité des « taches » du paysage, par exemple ici : milieux fermés et ouverts*



Le modèle Tache-Corridor-Matrice (Forman et Godron 1986)



Milieux ouverts (prairies et cultures) et milieux fermés (forêts) peuvent dessiner de nombreux motifs et taches dont la forme influe sur leurs fonctionnalités écopaysagères. Ici les boisements restent relativement connectés.



# Exemple sur le cas de la connectivité

« On distingue deux types de **connectivité écologique** : »

1.« une **connectivité spatiale** (structurelle, physique) : « fait que deux taches de même type soient adjacentes, jointes, dans l'espace »

2.« une **connectivité fonctionnelle** qui lie ou relie des éléments éco-paysagers physiquement connectés ou non (habitats naturels ou semi-naturels, zones-tampon, corridors biologiques) »



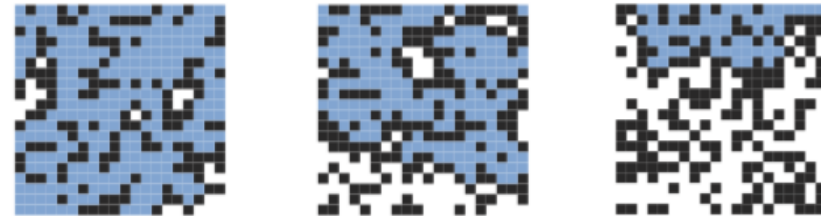
Les bocages français normand ou breton, tels qu'ils existaient encore dans les années 1930-1940 offraient de remarquables milieux de substitutions aux espèces de lisières forestières et des milieux ouverts, tout en maintenant une forte connectivité écologique.

# THEORIE DE L'ECOLOGIE DU PAYSAGE

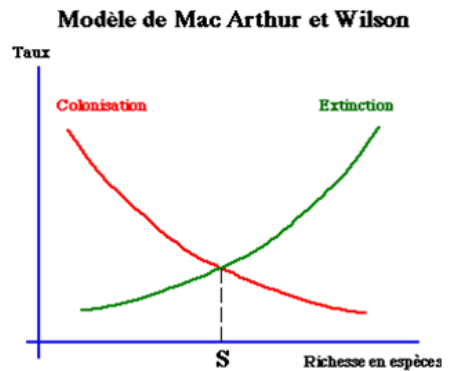
Théorie des perturbations (Pickett & White 1985) → **Fragmentation**



Théorie de la percolation (De Gennes 1990) → **Connectivité**



Théorie biographique des îles (Mac Arthur & Wilson 1963) → **Connectivité, isolation** des habitats, effet de forme, effet de taille



S = le nombre d'espèces sur l'île qui résulte de l'équilibre entre taux de colonisation et taux d'extinction



La théorie postule que plus une île (un « patch ») est isolée du continent et plus elle est petite, moins vite les espèces pourront la coloniser et moins elles auront de chance d'y survivre.



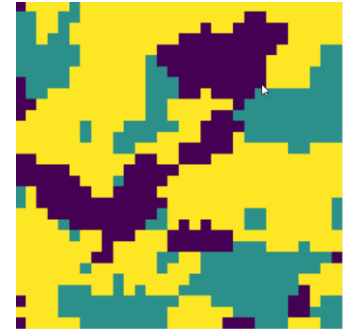
Un boisement isolé dans un contexte d'agriculture intensive (eutrophisation, labour, pesticides) présente des caractéristiques d'insularisation écologique, pour de nombreuses espèces non-volantes.

« Depuis 1980 une offre d'outils (modèles, indicateurs, cartographies, outils) »

Le patch : une entité

Les Classes : (couleur verte ou violette, ou jaune)

Le paysage : toute classes confondues



### Huit classes d'indices (\*) :

1. Surface, densité, bordure (*Area, density, edge metrics*)
2. Forme (*Shape metrics*)
3. Noyau (*Core area metrics*)
4. Isolement, proximité (*Isolation, proximity metrics*)
5. Contraste (*Contrast metrics*)
6. Contagion, interspersion (*Contagion, interspersion metrics*)
7. Connectivité (*Connectivity metrics*)
8. Diversité (*Diversity*)

F Calatayud – S Ladet

# DETECTION DE LA SIGNATURE SPATIALE DE L'AGRICULTURE PAR LES METRIQUES PAYSAGERES

## Formes spatiales du paysage changent suivant l'usage du sol agricole :

- la signature spatiale de l'agriculture multifonctionnelle connectée à la ville est plus **fragmentée** (du fait de voies de communication, tailles des parcelles, canaux d'irrigation et drainage, haies et bordures des champs (cf defontaines) ... ( petite surface, Forman a travaillé sur le morcellement parcellaire)
- Agriculture intensive mono-spécifique qui tend à s'abstraire des contraintes locales en générant un **espace isotrope** (Otthoffer et Arrojo, 2012 ; Sanz Sanz, 2012), grande surface ...

Perimeter-area ratio (PARA) → complexité des contours (simple ratio of patch perimeter to area)

Related circumscribing circle (CIRCLE) → Mesure de l'allogement

Contiguity index (CONTIG) → effet de continuité



- Le paysage agricole est façonné par les directives européennes (prime PAC par exemple ). Exemple agriculture intensive (céréale) → exemple ST SATURNIN LES AVIGNON

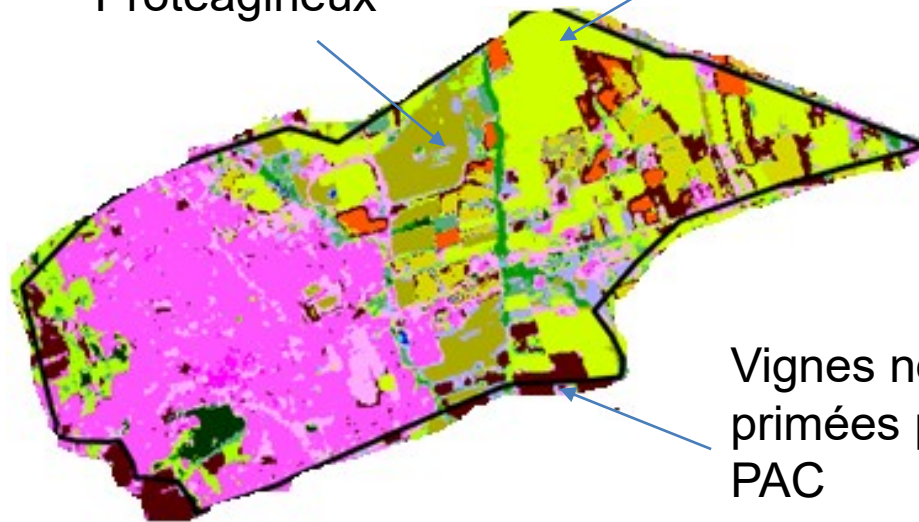


## SIGNATURES SPATIALES

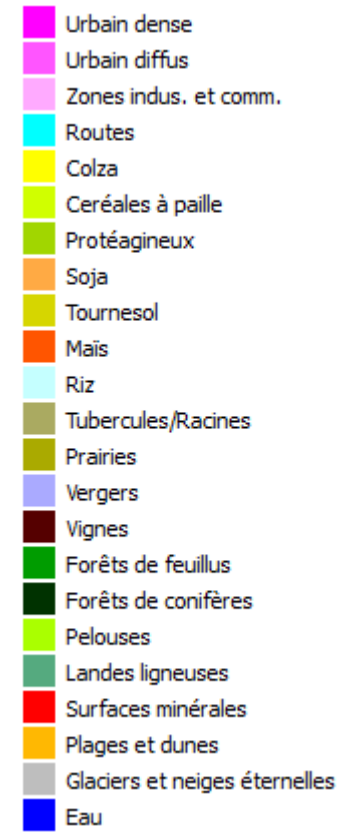
Bing aériel

Proteagineux

Céréales



Vignes non primées par la PAC



Base de données OSO – CESBIO - 2018

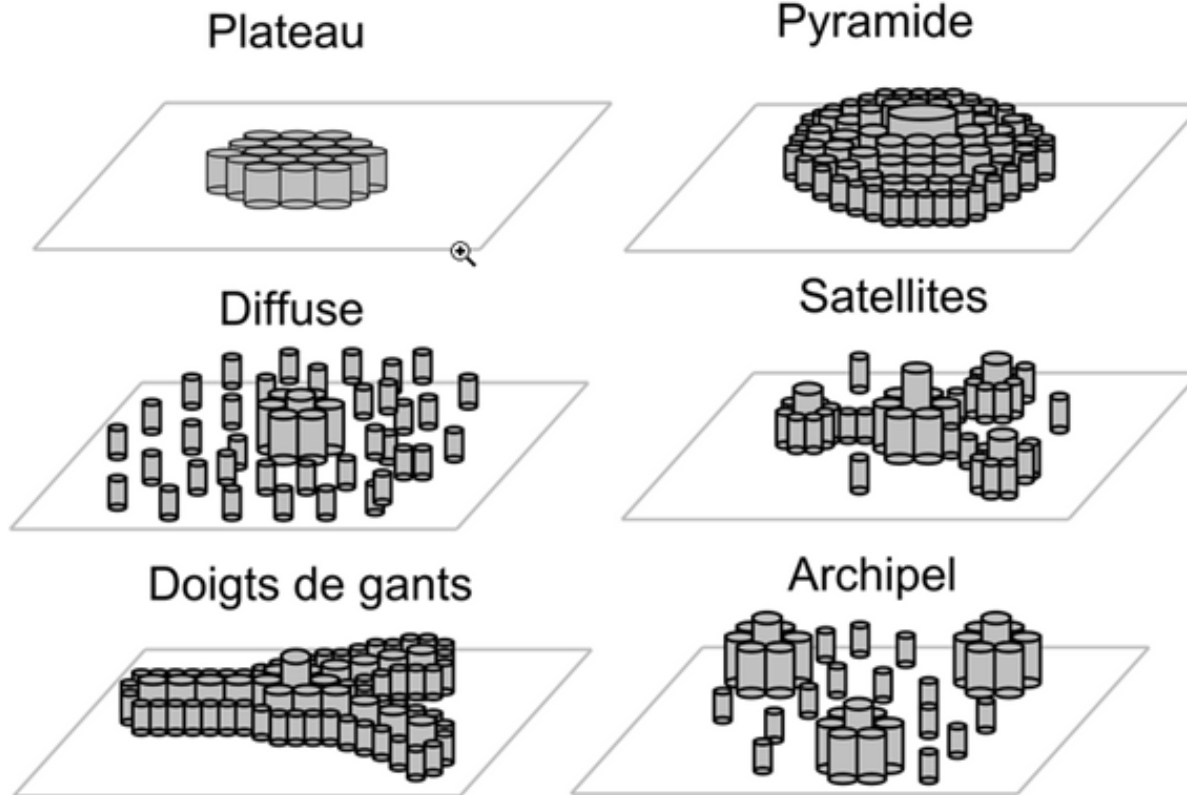
**Etude de cas adaptés aux fonctions  
ville/agriculture via les notions de l'écologie du  
paysage**

# **Deux cas d'études**

- 1) Forme de la ville (présentation Berlin)**
- 2) Cas d'un projet de recherche en Méditerranée (périurbain)**



# Rappel : Importance de la forme de la ville VS Agriculture (Impact positif?)



Néchet, F.L.E., 2015.

# Un exemple forme de la ville

## Deux terrains de test AVIGNON/MADRID

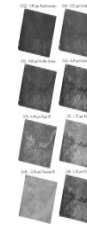
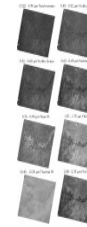
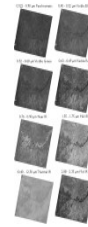
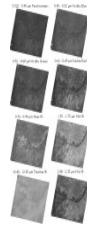
Madrid juin 1987

Madrid juin 2011

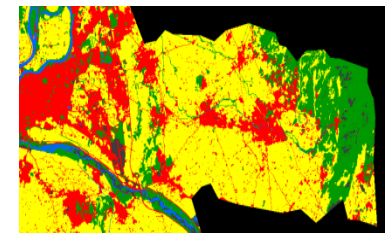
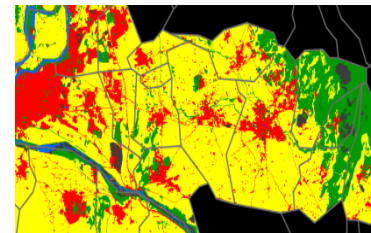
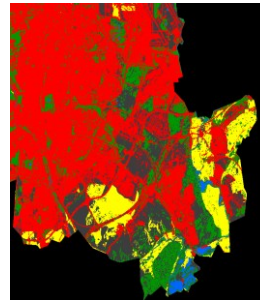
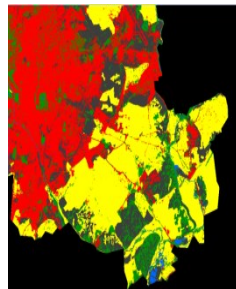
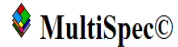
Avignon juin 1987

Avignon juin 2011

IMAGE LANDSAT



CLASSIFICATION SUPERVISE



Urbain & infrastructure



Agriculture



Foret



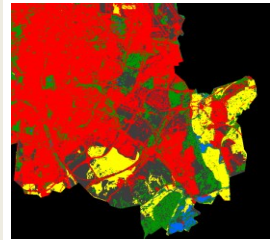
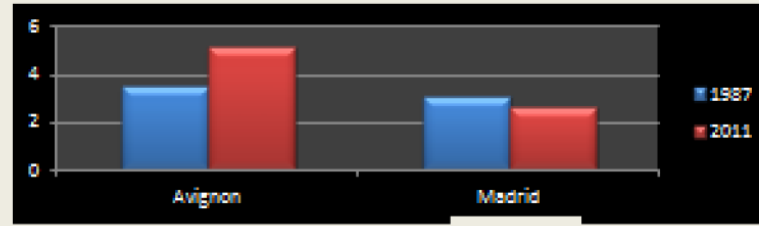
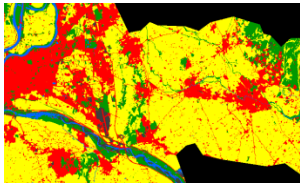
Sols nus



Eau

Etude des métriques paysagères

# 1) Landscape Metric: PATCH DENSITY (PD) : URBAN AREAS

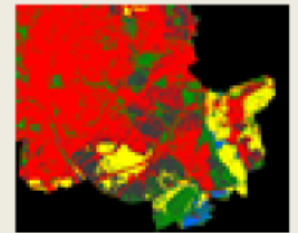
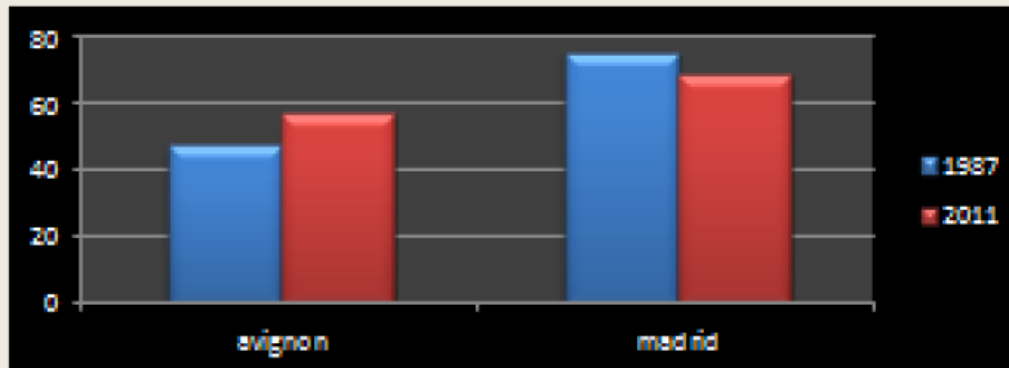
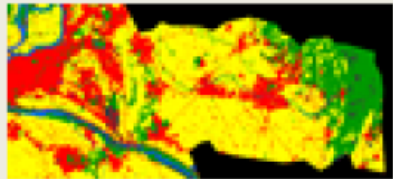


(PD) Fragmentation increases  
(scattered development)



(PD) Fragmentation decreases  
(Compacted development)

Étude de la fragmentation (Patch Density) : À gauche Avignon, la fragmentation s'est accélérée en 24 ans, la typologie de la ville est de type diffus, à droite Madrid, la fragmentation a diminué, sa typologie est compacte.



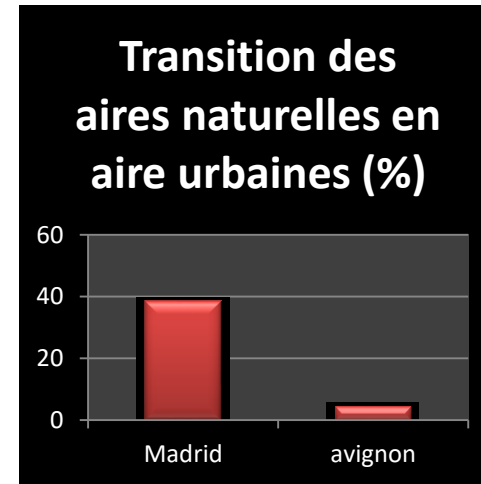
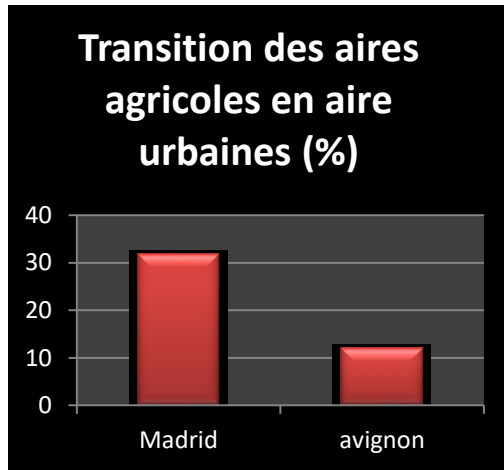
(IBC) Boundaries more complex  
(scattered development)



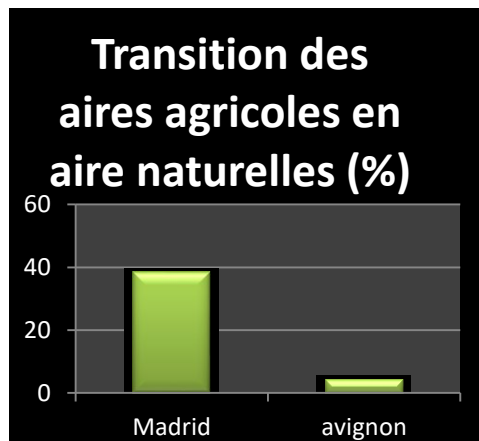
(IBC) Boundaries less complex  
(Compacted development)

Étude de la complexité des contours (IBC) : À gauche Avignon, les formes de la ville sont plus complexes (forme diffuse). À droite Madrid, les formes de la ville sont moins complexes (forme compacte).

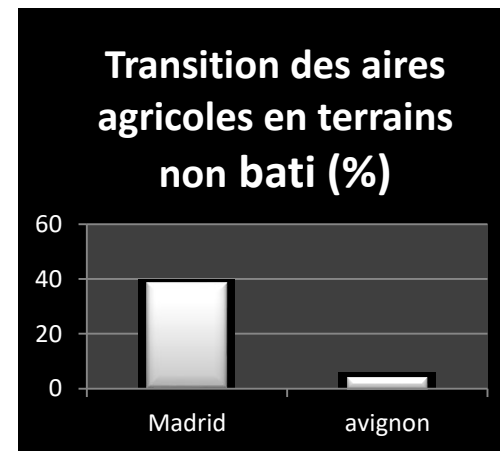
# Matrice de transition 1987 – 2011 –



En 35 ans , construction urbaine croissante pour MADrid



Abandon de l'agriculture à Madrid



Construction stoppé par la crise

**Conclusion :** Dans notre cas, la perte de l'agriculture est plus élevée en typologie compacte qu'en typologie diffuse.

## FORME DE LA VILLE / POLITIQUES PUBLIQUES

- Le zonage foncier est beaucoup plus strict sur Madrid. Les politiques publiques dans les années 1990 ont élargi la couronne de Madrid et beaucoup de terres agricoles ont été perdues, néanmoins agriculture intensive autour de Madrid → CEREALES (PRIMES pour la PAC)
- En France, les agriculteurs ont la possibilité de construire sur leur terre agricole, ce qui est impossible à Madrid par des lois foncières plus strictes.
- Cas zone NB était une zone naturelle desservie partiellement par des équipements et dans laquelle des constructions avaient déjà été édifiées..
- Forme idéale ville / agriculture en doigts de gants ?

# 2ème CAS Le projet de recherche DAUME (2011 2016) l'agriculture périurbaine en méditerranée

Expansion  
spatiale  
urbaine forte  
(Brueckner et  
al, 2000).

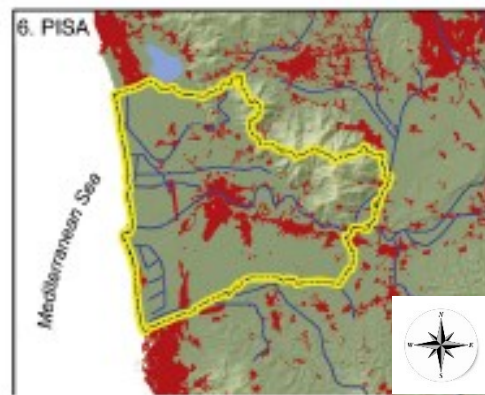
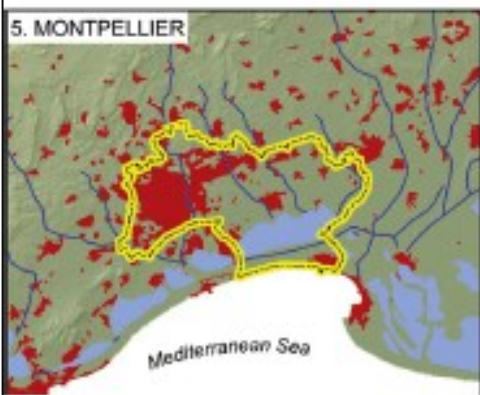
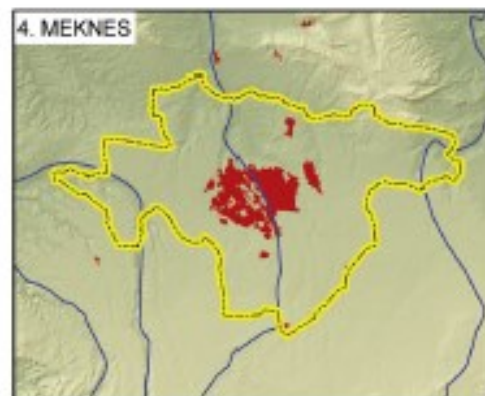
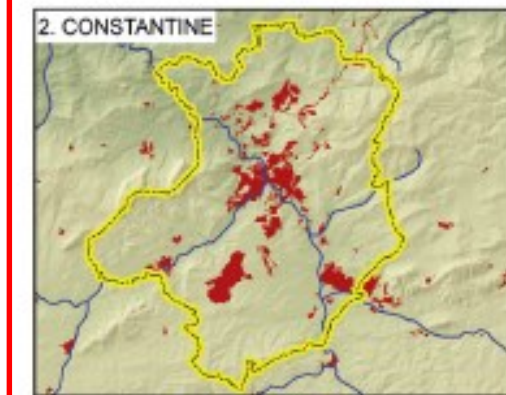
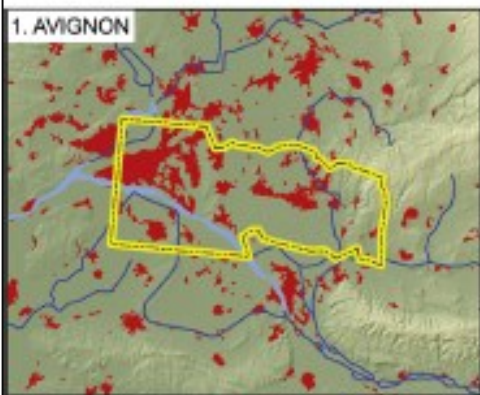
Perte agriculture  
périurbaine ,  
Fragmentation  
naturel  
(Weber,2010)

Partie  
Recherche  
(peu de  
publications  
agriculture  
périurbaines en  
Méditerranée)

Brueckner, J. K. (2000). Urban sprawl: diagnosis and remedies. *International Regional Science Review*, 23(2), 160e171.

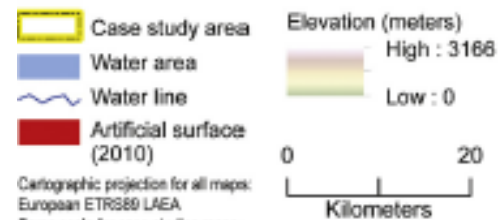
Weber, C., Dong Binh Tran, T., & Skupinski, G. (2008). Urbanisation et Changement du Paysage à Strasbourg entre 1986 et 2006.





- 1-3 pilotés par l'unité Écodéveloppement
- 2 Université Larbi Ben M'Hidi
- 4 École nationale d'Agronomie, Meknès
- 5 UMR Tetis de Montpellier
- 6 Land Lab, École Supérieure Sant'Anna

### Legend



Cartographic projection for all maps: European ETRS89 LAEA. Same scale for case studies maps

Data sources: DCW DIVA-GIS, ASTER Global DEM, NGCC GLC30-2010 and authors data  
Figure author: J.-P. Chery, AgroParisTech, UMR TETIS, 2015

Question de recherche : Quelles sont les dynamiques spatio-temporelles de l'occupation du sol ville/agriculture/naturel pour les six terrains et comprendre les déterminants.



Observations des terrains pour chaque équipe de recherche

État de l'art  
(étalement urbain, périurbain, métriques paysagères)

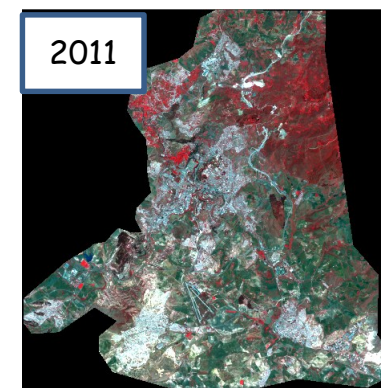
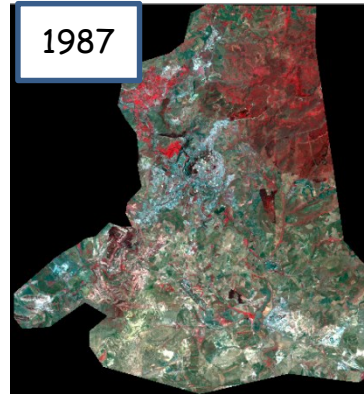
Objectif Analyse diachronique du changement de l'occupation sur sol (urbain, agricole, naturels, sols nus)

Méthodes et outils : Télédétection ,  
matrice de transition et **indicateurs  
de l'écologie du paysage**

# analyse diachronique de l'occupation du sol par télédétection pour chaque terrain (CAS DE Constantine)

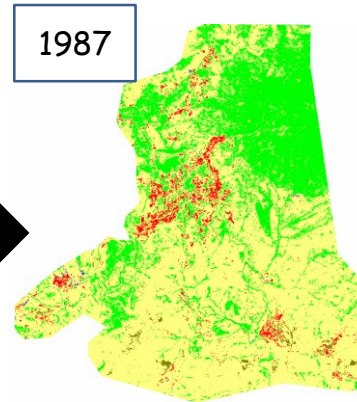
1

**Images spatiales  
Landsat (30m) ,  
temporalité (24 ans)  
Emprise 500 km<sup>2</sup> pour  
chaque terrain**

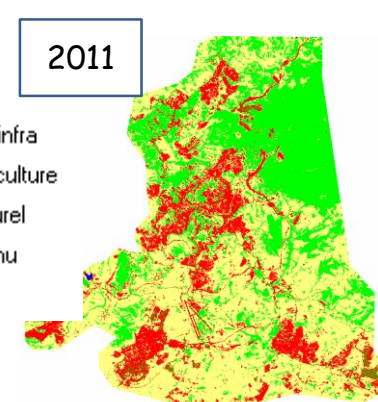


2

**Classification  
supervisée, outils  
MULTISPEC**



■ bati infra  
■ Agriculture  
■ Naturel  
■ Sol nu  
■ eau

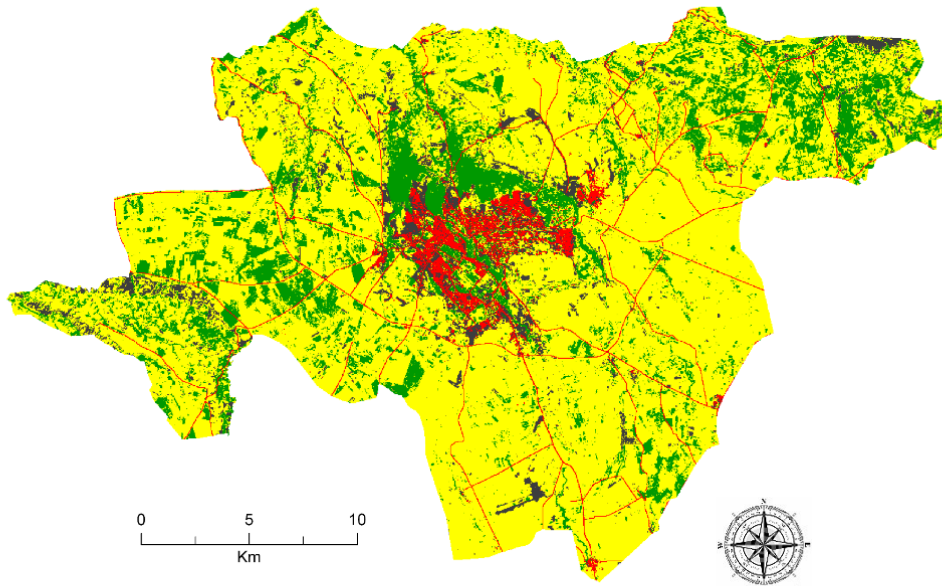


3

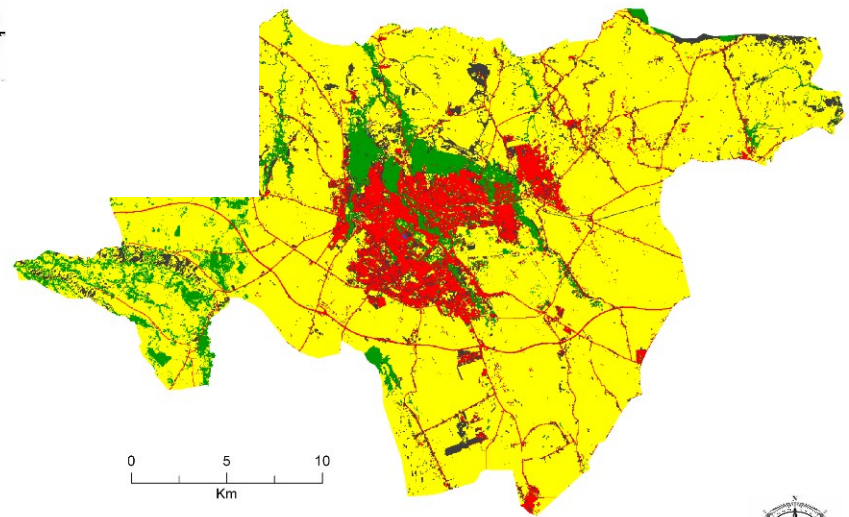
**Changement de  
l'occupation du sol  
(matrice de transition)**



# CAS DE MEKNES



1987



2011

-  beti infra
-  Agriculture
-  Naturel
-  Sol nu
-  eau

# Matrice de Transition

1987 - 2011	% Agriculture (1987) en bâti (2011)	% Maintient de l'agriculture	% Agriculture (1987) en Naturels (2011)	% Agriculture 1987 en Sols nues (2011)
Constantine	12,81	42,68	9,85	0,87
Pise	4,81	59,6	9,18	0,11
Montpellier	10,12	32,59	5,92	0,49
Avignon	7,8	49,15	3,32	0,47
Madrid	10,67	8,75	4,3	9,35
Meknès	3,23	<b>61,2</b>	3,23	4,38

- Constantine : saturation logement , création d'une nouvelle ville
- Pise : Maintien de l'agriculture (petite ville) beaucoup de réseaux de développement ....
- Montpellier : perte de 4000 ha - zone agricole forte urbanisation (déplacement de l'agriculture)
- Avignon -> artificialisation , route de Marseille, (zone mont ventoux)
- Meknès : déplacement spatial des terres cultivées plus loin de la ville
- Madrid : agriculture a fortement disparu.

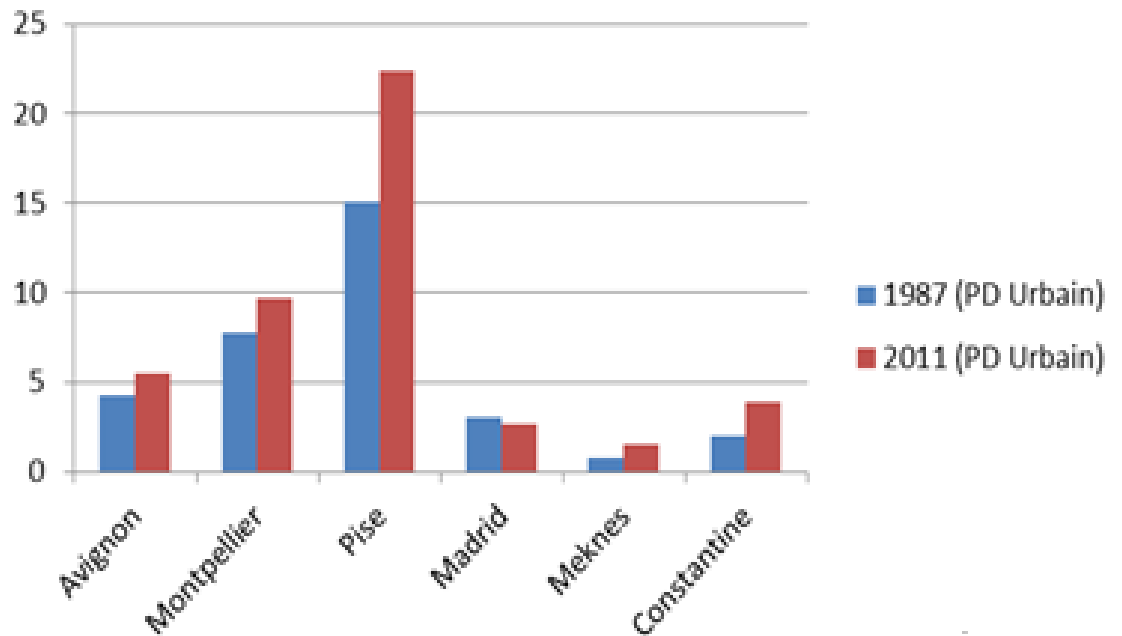
- Quelques résultats en écologie du paysage avec les métriques paysagères



# FRAGMENTATION URBAINE (PATCH DENSITY)

Madrid  
Typologie urbaine  
compactée

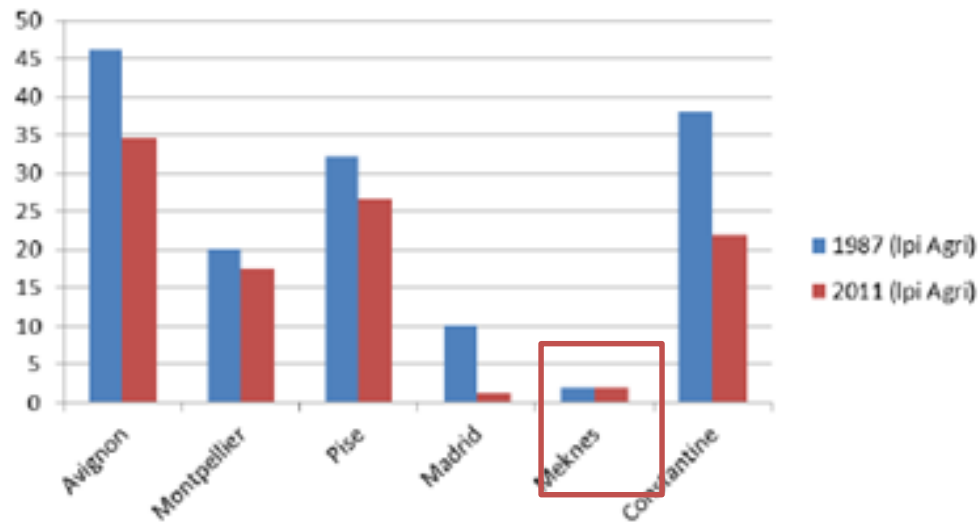
MEKNES typologie  
en émiettement



# DOMINANCE AGRICOLE (LPI)

À Meknès (l'urbain a consommé l'agricole et l'agricole a consommé le naturel !!!!)

Montpellier,  
Meknès  
L'agriculture  
préservée ? non  
déplacement !!!  
Madrid  
agriculture moins  
fragmentée



Index de la tache paysagère la plus grande des deux années analysées (agricole).

# INDICE DE VOISINAGE (IJI) - AGRICULTURE / autres classes occupation du sol - 1987 - 2011

CONSTANTINE 65%

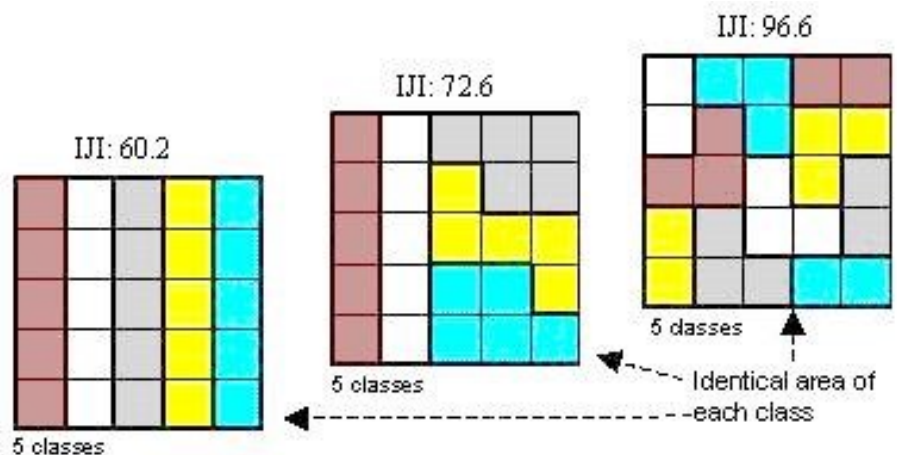
**MEKNES 16%**

MADRID 2,47%

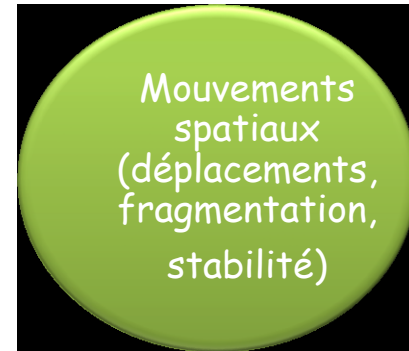
AVIGNON 2,53%

Montpellier 1,31%

PISE 0,77%



# Récapitulatif



# Utilité des notions de l'écologie du paysage pour toutes les disciplines

## **MAIS ATTENTION !**

« la définition des classes et leur nombre et la précision de la classification auront une influence sur l'analyse de ces résultats par des métriques spatiales. Tout comme la résolution spatiale » (Long, N., Leveiller, T., 2016) & (Josselin, D., Mahfoud, I., Fady, B., 2009)

<https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> ,  
[https://www.researchgate.net/publication/334190357\\_landscapemetrics\\_a\\_n\\_open-source\\_R\\_tool\\_to\\_calculate\\_landscape\\_metrics](https://www.researchgate.net/publication/334190357_landscapemetrics_a_n_open-source_R_tool_to_calculate_landscape_metrics)) ou sur QGIS

landscapemetrics is an **R** package for calculating **landscape metrics** for categorical **landscape** patterns in a tidy workflow. The package can be used as a drop-in replacement for FRAGSTATS (McGarigal et al. 2012), as it offers a reproducible workflow for **landscape** analysis in a single environment.



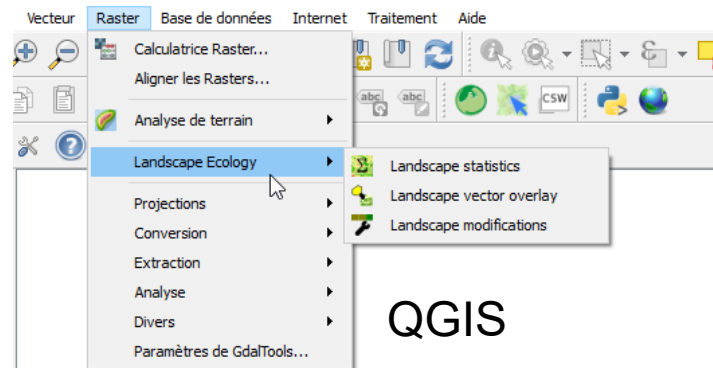
FILTRER

**Fragstat Tutorial**  
Clay Thompson • 21 k vues • il y a 4 ans  
This is a tutorial using ArcGIS and FRAGSTATS statistical modeling software.

**FRAGSTAT Analysis Tutorial**  
Official Geoinfotech • 274 vues • il y a 2 mois  
Learn how to carry out FRAGSTAT Analysis in ArcGIS using Landuse / Landcover Landsat data  
Download Software ArcGIS Toolbox ...

**Fragstat**  
amira0257 • Mise à jour hier  
ماهر الزقاني .. مقاييس النمو الحضري .. Landscape metrics..Maher • 13:21  
Fragstat Tutorial • 21:24  
AFFICHER LA PLAYLIST COMPLÈTE

**Tutoriel Fragstat (calcul indices et préparation des cartes sur ArcMap)**  
Tut Gis • 9,5 k vues • il y a 5 ans  
Tutoriel présentant comment préparer des cartes de paysage (avec ArcMap, V10.2) afin de les importer sur Fragstat (V4.2), puis ...



# Merci de votre attention !

Et n'oubliez pas de me référencer

- En cours de publication: M. Mouléry , C. Napoléone, E. Sanz, R. Sabatier, S. Bouchemal: Dynamiques d'urbanisation comparées Constantine/Avignon : différence des formes d'urbanisation et analogies des effets sur les milieux agricoles et naturels.
- Mouléry M, Sanz Sanz E et Napoléone C (2015) . "How to evaluate land use changes in the North / South of the Mediterranean region on the last 30 Years ? ". **GeoConnexion** (London)  
[http://www.geoconnexion.com/uploads/publication\\_pdfs/int-v14i3-tale-of-two-cities.pdf](http://www.geoconnexion.com/uploads/publication_pdfs/int-v14i3-tale-of-two-cities.pdf)
- Dumas, E., Geniaux, G. & Napoléone, C. (2005). Les indices d'écologie du paysage à l'épreuve du marché foncier. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, février(1), 83-108.  
doi:10.3917/reru.051.0083. <https://www.cairn.info/revue-d-economie-regionale-et-urbaine-2005-1-page-83.htm>
- Josselin, D., Mahfoud, I., Fady, B., 2009. Analyse exploratoire des effets de support spatial et de robustesse statistique sur la fiabilité de la mesure de la biodiversité . 3-12.
- Marraccini E. Debolini M, Mouléry, M, Abrantes, Bouchier A, Chéry Jp, Sanz Sanz E, Sabbatini G, Napoleone C (2015) . "Are there common features in land cover and pattern changes in Western Mediterranean urban regions?" **Applied Geography** 62: 347-356.
- Long, N., Leveiller, T., 2016. Comment les politiques d'urbanisation se traduisent-elles dans le paysage urbain : une approche par les métriques spatiales. *VertigO*.  
<https://doi.org/10.4000/vertigo.17666>



[https://borea.mnhn.fr/sites/default/files/pdfs/Ch11\\_Fournier.pdf](https://borea.mnhn.fr/sites/default/files/pdfs/Ch11_Fournier.pdf)

<https://jonathanlenoir.files.wordpress.com/2013/12/ecologie-du-paysage.pdf>

[http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/Journee\\_echange/presentation\\_mnhn\\_mars\\_2010.pdf](http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/Journee_echange/presentation_mnhn_mars_2010.pdf)

<https://www.wikiwand.com/fr/Connectivité%20écologique>

[https://www.memoireonline.com/02/11/4251/m\\_Dynamique-des-paysages-et-developpement-durable-dans-les-prealpes-carniques0.html#toc1](https://www.memoireonline.com/02/11/4251/m_Dynamique-des-paysages-et-developpement-durable-dans-les-prealpes-carniques0.html#toc1)

<https://geographica.danslamarge.com/Chapitre-3-Insularite-endemisme-et.html>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Insularisation\\_écologique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Insularisation_écologique)

<https://r-spatialecology.github.io/landscapemetrics/>

Néchet, F.L.E., 2015. De la forme urbaine à la structure métropolitaine: Une typologie de la configuration interne des densités pour les principales métropoles européennes de l'Audit Urbain. *CyberGeo*. <https://doi.org/10.4000/cyberge0.26753>

[http://prod.openinfolive.org/acuf/download/EVENEMENTS/Journees\\_etudes/presentation\\_Thierry\\_Tatoni.pdf](http://prod.openinfolive.org/acuf/download/EVENEMENTS/Journees_etudes/presentation_Thierry_Tatoni.pdf)

<https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

[https://www.wikiwand.com/fr/Corridor\\_biological](https://www.wikiwand.com/fr/Corridor_biological)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/%20écologie\\_du\\_paysage#/media/Fichier:Andrews-indiana-from-above.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/%20écologie_du_paysage#/media/Fichier:Andrews-indiana-from-above.jpg)

[https://books.google.fr/books?id=o0BZDwAAQBAJ&pg=PT32&lpg=PT32&dq=crumley+marquart+people+make+their+terr&source=bl&ots=hJ5z0HZygr&sig=ACfU3U1mJ56FiObwapXx1zcAGVV-cupKaw&hl=fr&sa=X&ved=2ahUKEwjB3s\\_luP7nAhUCD2MBHZuzA9cQ6AEwAXoECAsQAQ#v=onepage&q=crumley%20marquart%20people%20make%20their%20terr&f=false](https://books.google.fr/books?id=o0BZDwAAQBAJ&pg=PT32&lpg=PT32&dq=crumley+marquart+people+make+their+terr&source=bl&ots=hJ5z0HZygr&sig=ACfU3U1mJ56FiObwapXx1zcAGVV-cupKaw&hl=fr&sa=X&ved=2ahUKEwjB3s_luP7nAhUCD2MBHZuzA9cQ6AEwAXoECAsQAQ#v=onepage&q=crumley%20marquart%20people%20make%20their%20terr&f=false)

<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/troll-carl/67815>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Carl\\_Troll](https://fr.wikipedia.org/wiki/Carl_Troll)

[http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/Journee\\_echange/presentation\\_mnhn\\_mars\\_2010.pdf](http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/Journee_echange/presentation_mnhn_mars_2010.pdf)

[http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/Journee\\_echange/presentation\\_mnhn\\_mars\\_2010.pdf](http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/Journee_echange/presentation_mnhn_mars_2010.pdf)

<https://journals.openedition.org/economierurale/1990>

<https://environmentalchangewestern.wordpress.com/2014/11/20/the-earth-at-gunpoint-how-does-war-affect-ecosystems/>