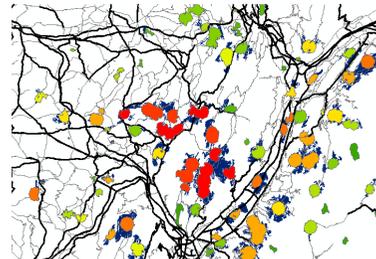
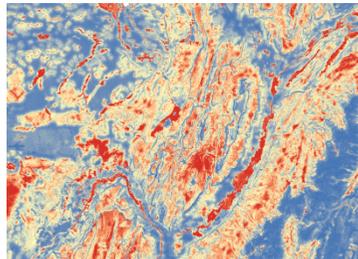


# Approche intégrée de hiérarchisation de patches d'habitat en faveur de la connectivité : milieux ouverts et milieux forestiers

## *Le cas de la grenouille rousse en Isère*



Samuel Decout, [Sandra Luque](#)

*[Sandra.luque@cemagref.fr](mailto:Sandra.luque@cemagref.fr)*

## Connectivité du paysage : un processus dynamique

(Taylor et al. 1993, Fahrig 2003, Wiens 2003)

### Connectivité fonctionnelle

influence des éléments paysagers  
sur les flux biologiques



### Connectivité structurelle

organisation spatiale des éléments du paysage  
(continuités des habitats et des barrières)



## DIAGNOSTIC DE CONNECTIVITE

Une approche permettant à la fois d'avoir une information sur :

- l'**organisation spatiale** du réseau d'habitats d'une espèce
- la **contribution** de chacun des éléments du réseau au bon fonctionnement des flux biologiques nécessaire à la stabilité du réseau

## MOUVEMENTS A TRAVERS LA MATRICE PAYSAGERE : Indispensables à la survie des espèces végétales et animales

*(Wiens et al. 1993)*



Jose Luis Rodriguez



Laurent Geslin

### **Fragmentation et barrières**

Une menace pour la biodiversité et les fonctions écologiques du paysage

### **Gestion et restauration de la connectivité du paysage**

Une des grandes préoccupations de la biologie de la conservation

*(Pascual-Hortal and Saura 2008)*

- Quels enjeux derrière les questions de connectivité ? (limiter les accidents, conservation d'espèces, espèces invasives ?)
- Quelles approches sont disponibles?
- Doit-on seulement estimer si les habitats sont connectés pour un diagnostic ?
- Est-ce que s'intéresser à la connectivité est toujours la meilleure stratégie de conservation ?
- Quelle partie de l'écologie des espèces étudiées est concernée par la connectivité ?
- Comment rendre un diagnostic opérationnel et pour quelles espèces ?



Deux approches d'évaluation et d'optimisation des corridors souvent envisagées :

- Etude de la **distribution d'une espèce ou de son habitat** à partir de données d'inventaires relatives à la présence ou l'absence de l'espèce
  - Identification des **connections** entre patches d'habitat à l'aide de la simulation des déplacements d'une espèce au sein du paysage



**Théorie des graphes**

*(Taylor et al. 2003, Saura et Pascual-Hortal 2008, Feced-Garcia et al. 2011)*

**Intégration possible de ces deux grands types d'approches**



Quantifier l'importance des patches d'habitats pour la connectivité en intégrant leur disponibilité, leur qualité et l'aptitude de l'espèce à traverser la matrice paysagère

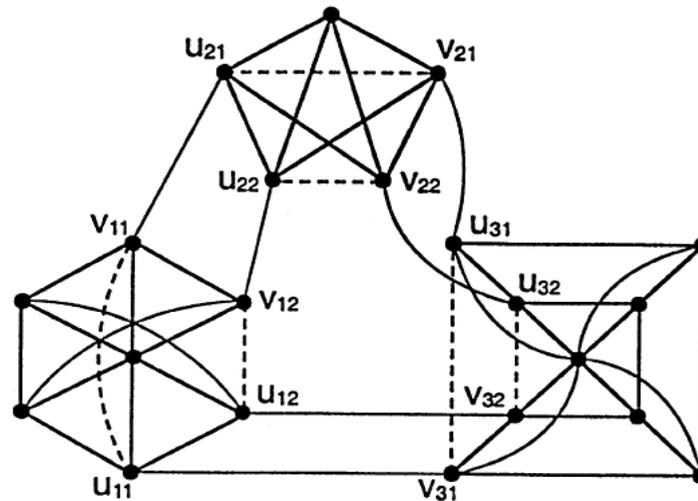
*(Urban and Keitt 2001, Pascual-Hortal and Saura 2006)*

## UN GRAPHE :

un moyen de représentation d'un réseau de patches d'habitat (nœuds) intégrant :

les attributs du nœud = la **qualité** des patches (effets des perturbations sur l'habitat)

- les liens entre nœuds = les **flux** existants ou non entre patches (effets des barrières sur les flux)



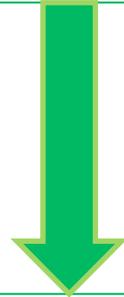
## Calcul d'indices de connectivité

intégrant qualité de l'habitat, disponibilité et flux biologiques

(Saura et Pasual-Hortal 2008)

## **Objectif de l'étude**

**Mettre au point et tester une approche pour évaluer la qualité de l'habitat et la connectivité pour la grenouille rousse**



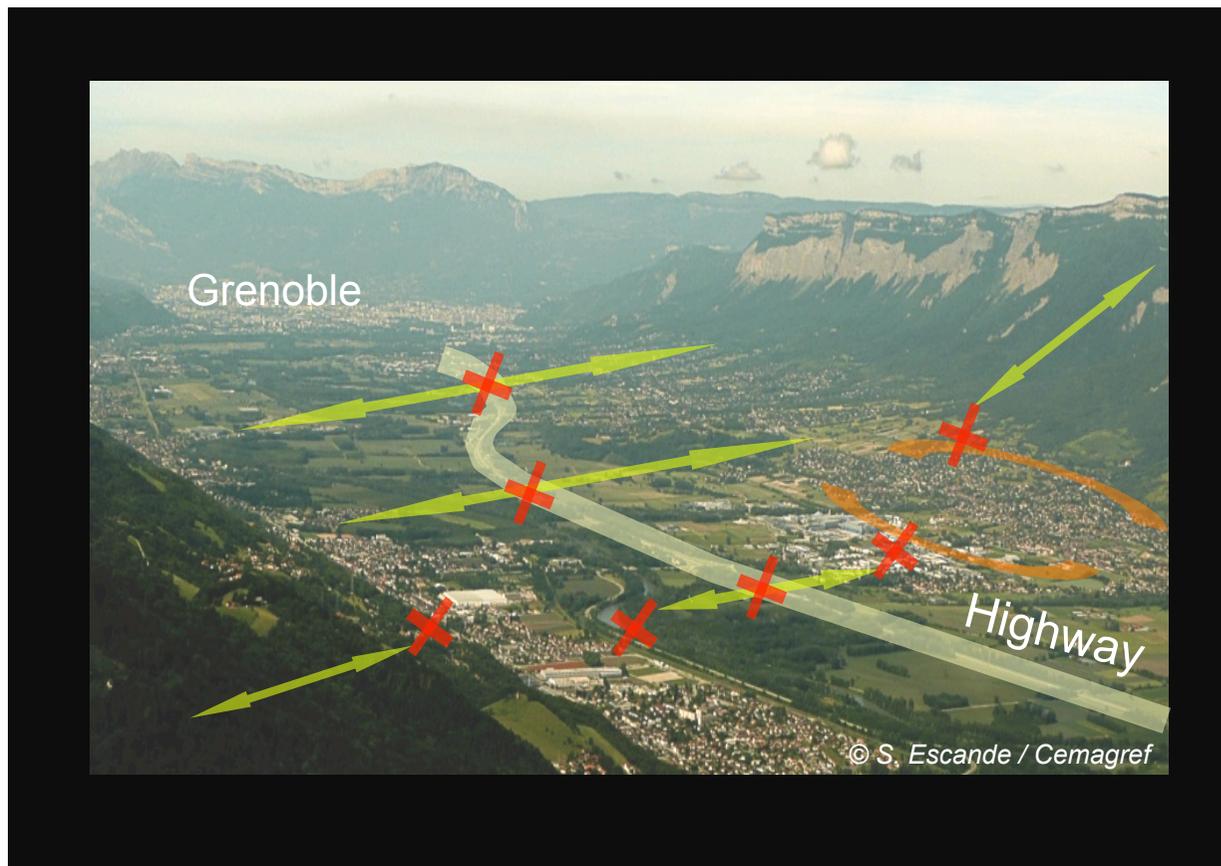
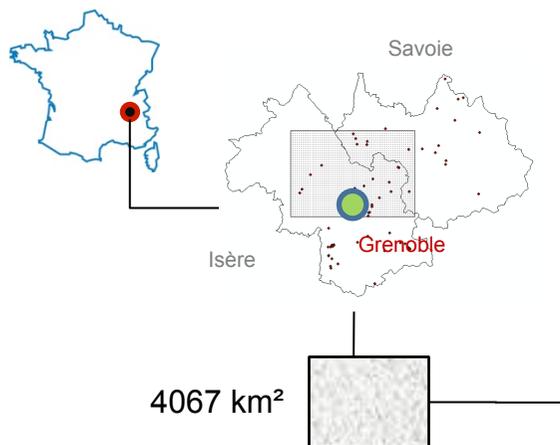
**Comment utiliser des données de présence issues d'inventaires ?**

**Comment tirer partie d'approches existantes pour réaliser un diagnostic de connectivité ?**

**Quelle aide à la gestion peut apporter l'utilisation d'une approche intégrative de diagnostic ?**



Restoring the web of life in the Alps  
**econnect**



Et plus particulièrement les amphibiens...

## Cycle de vie des amphibiens:

Migrations saisonnières entre habitat terrestre et aquatique



### CONTRAINTE

**traverser une matrice paysagère de plus en plus inhospitalière**

### Le cas de la grenouille rousse *Rana temporaria*

Une espèce largement répandue en Europe et qui migre de façon saisonnière entre

**habitat forestier** et habitat aquatique

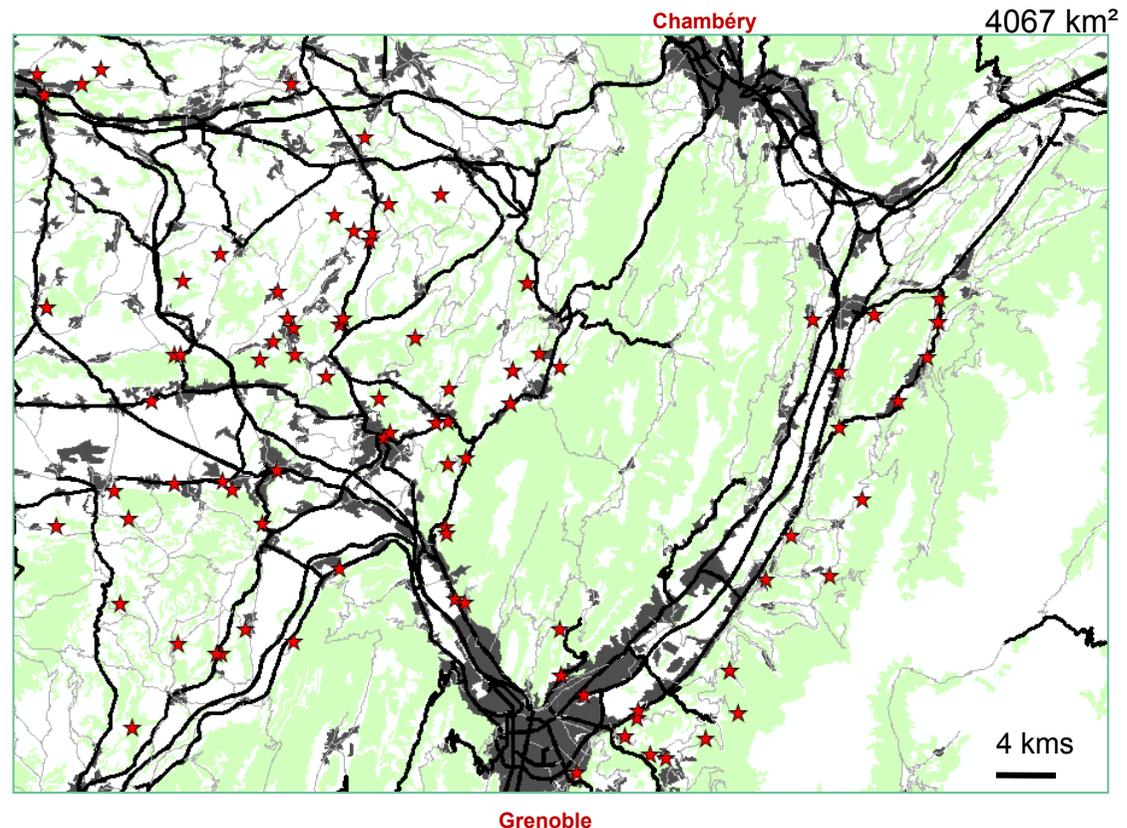
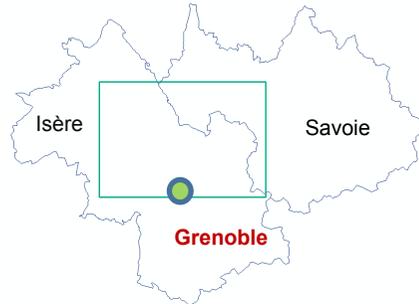


INDICATEUR CONNECTIVITE



**Une espèce sensible à la connectivité et dépendante de la distribution des patches forestiers autour du site de ponte**

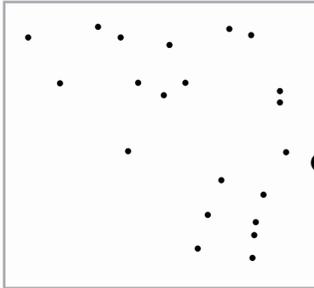
## Un paysage fragmenté avec un fort risque d'isolement pour certaines populations de grenouille rousse



- ★ Points de conflits du Réseau Ecologique de l'Isère (écrasements d'amphibiens)
- Forêts (CLC 2006)
- Zones urbaines et industrielles
- Routes à fort trafic

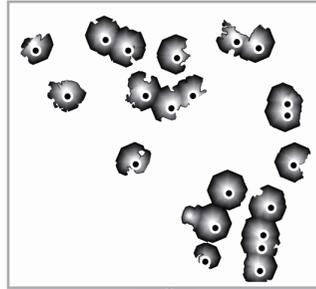
## DONNEE DE DEPART

1. Position des sites de reproduction présents sur la zone d'étude

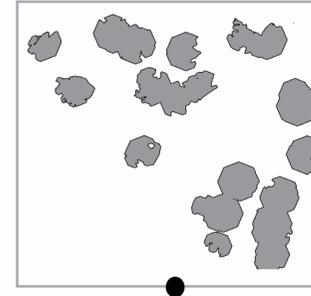


212 données de présence

2. Simulation de surfaces de moindre coût



3. Graphe constitué de patches d'habitat (noeuds) correspondant à des domaines vitaux terrestres moyens

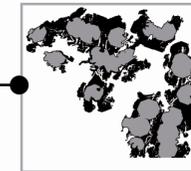


4. Modélisation de la qualité de l'habitat à l'aide de variables environnementales

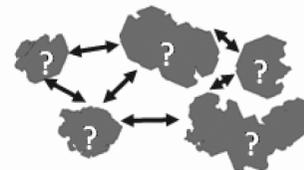


Attribut (qualité) et liens (connections) pour chacun des noeuds du graphe

5. Simulation de dispersions dans des corridors d'habitats favorables



6. Analyse de la connectivité du graphe à l'aide du logiciel Conefor Sensinode



# 1. Construction des nœuds du graphe

Simulation de l'aire utilisée annuellement autour d'une zone de pont



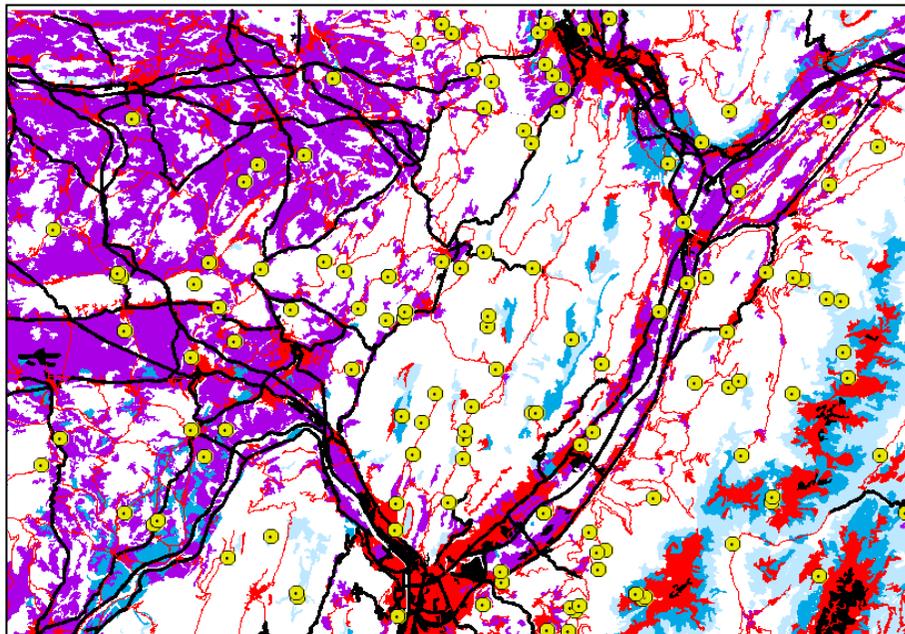
Comment le paysage facilite ou limite les déplacements pour rejoindre l'habitat terrestre ?

Friction et surfaces de moindre coût



Carte de friction basée sur des connaissances d'experts  
Appliquée à Corine Landcover 2006 combinée au réseau routier et hydrographique

*(Ray 1997, Ray et al. 2002, Martin et al. 2005, Miaud et al. 2005, Tramontano 2009, Safner et al. 2010)*

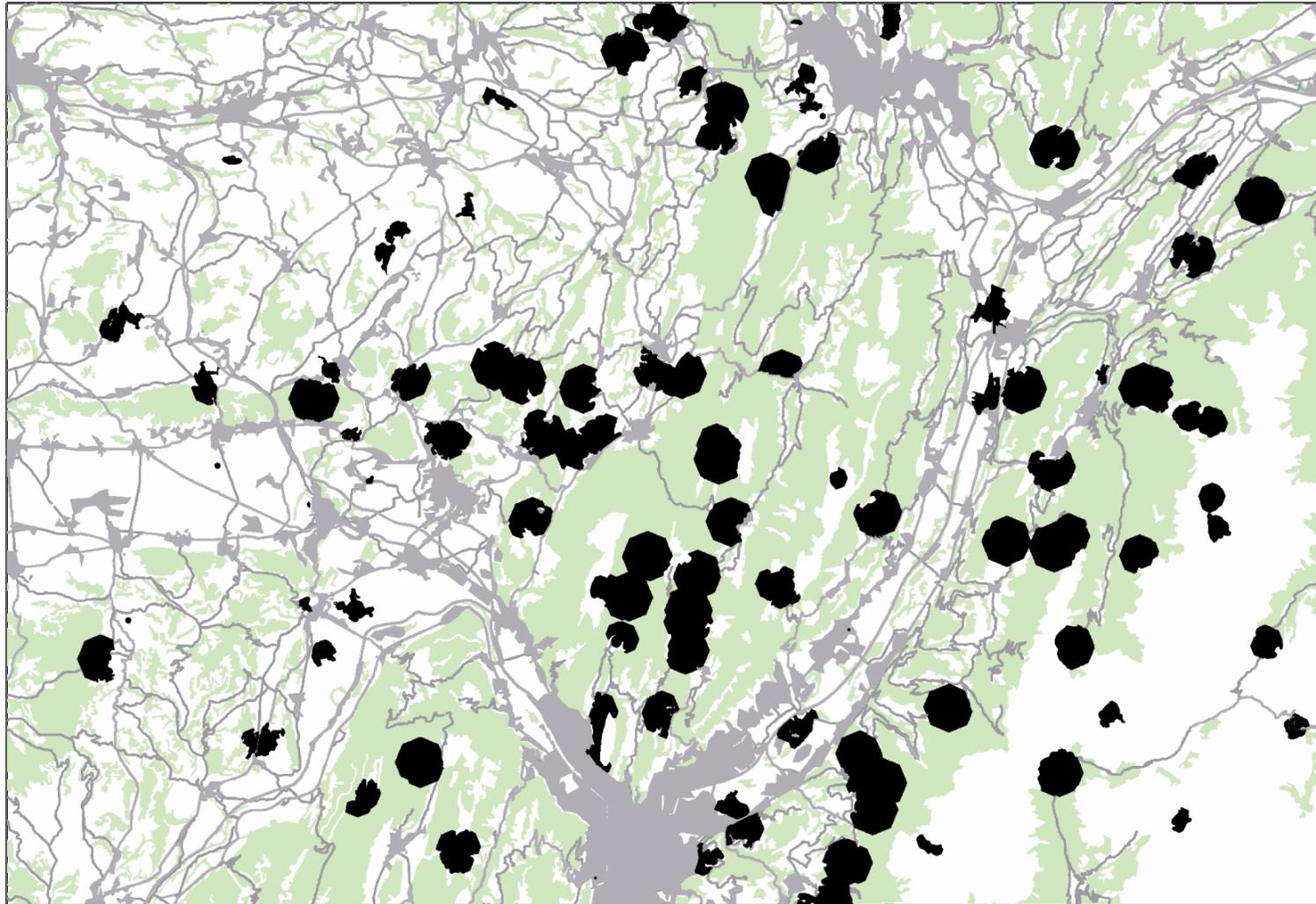


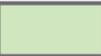
4 kms

## Coefficients de friction

-  5 Praires, forêts, rivières...
-  10 Pâturages...
-  20 Carrières, déchetterie...
-  40 Agriculture...
-  50 Routes communales...
-  80 Zones urbaines, routes départementales...
-  10 000 Zones industrielles et commerciales  
Autoroutes, routes départementales et  
nationales à deux voies...
-  Zones de pont

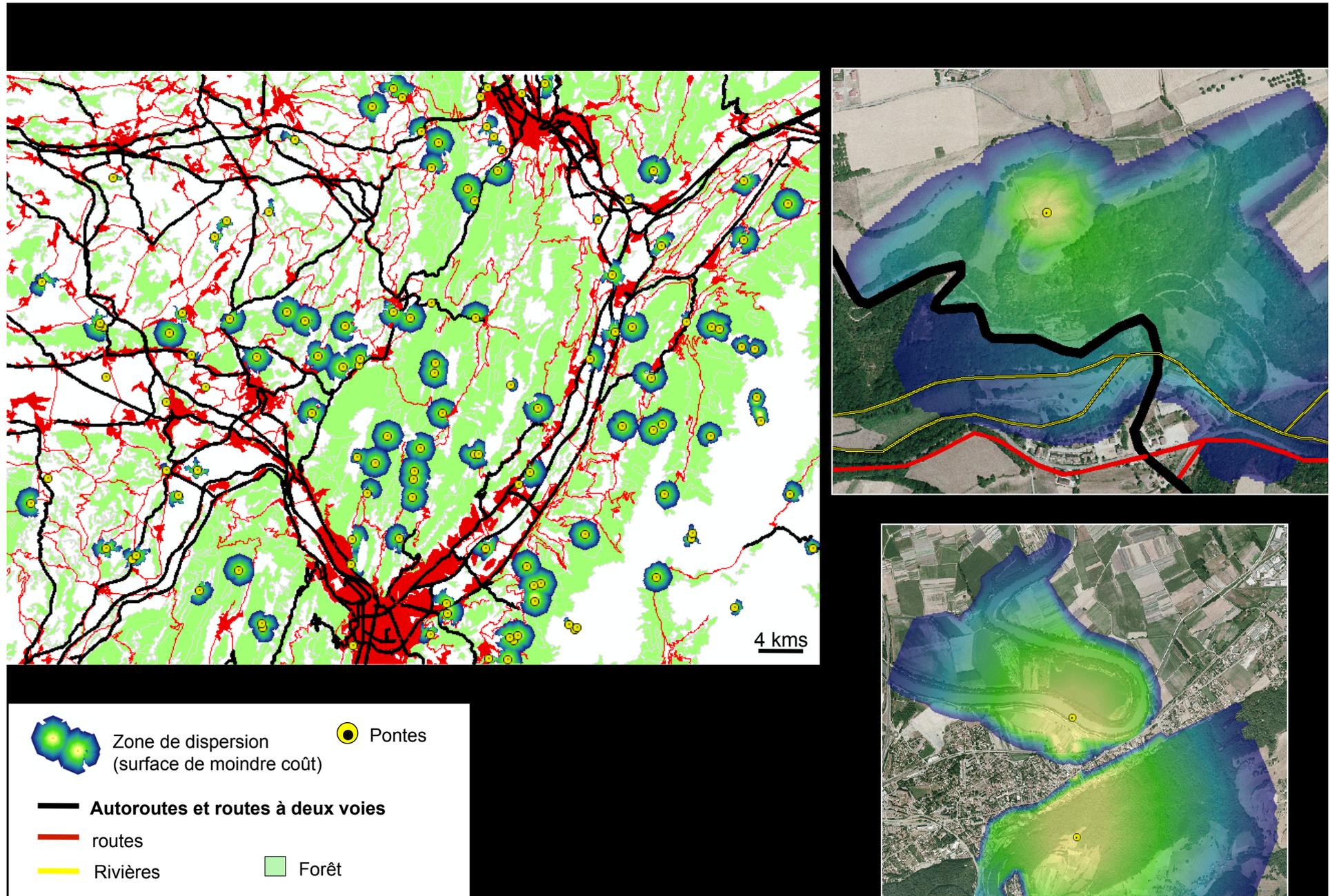
# Un graphe constitué de patches d'habitat ou noeuds



-  Noeuds du graphe
-  Urbanisation et routes
-  Forêt

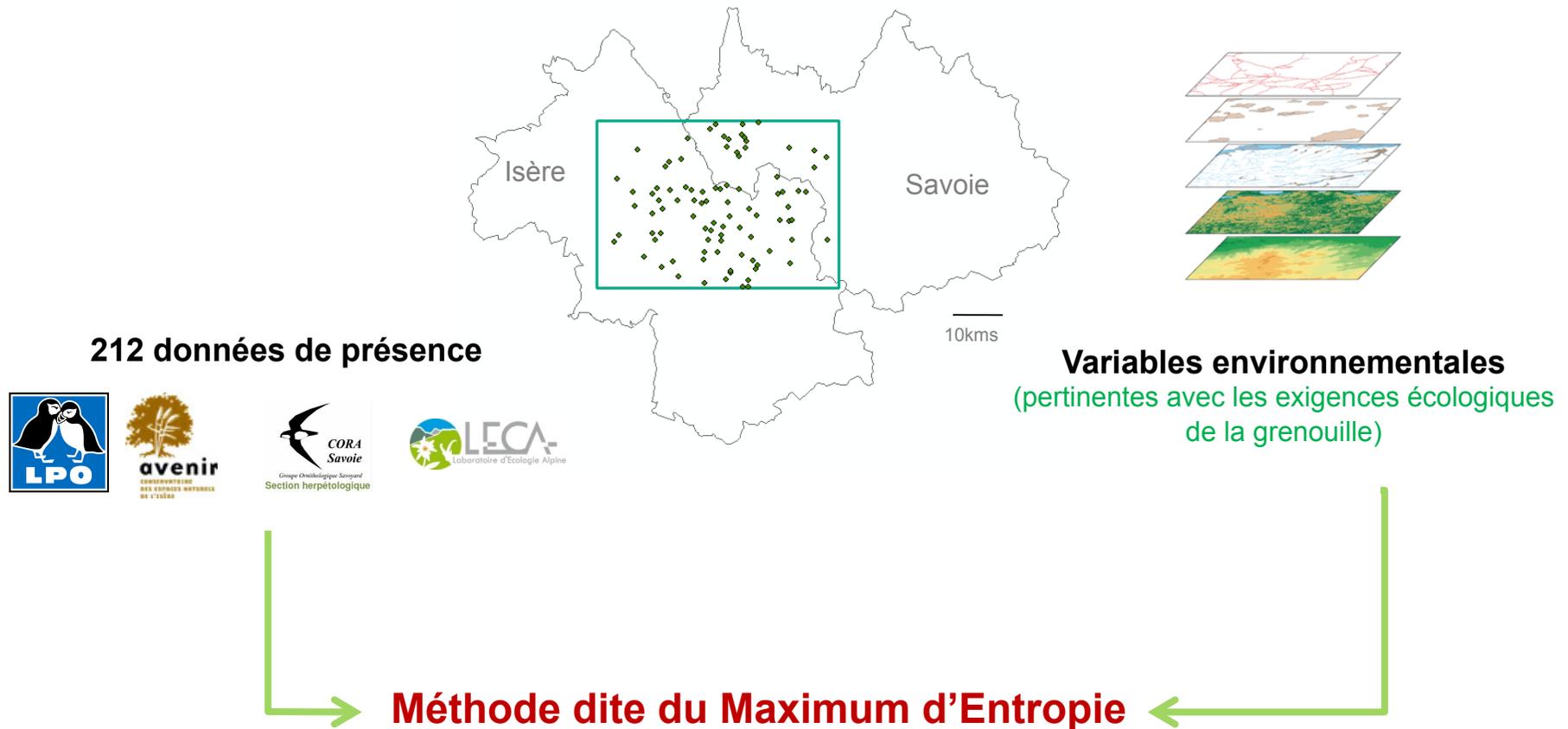
# Dispersion avec une distance de 1500 mètres

(observé par radiopistage, Martin et al. 2005, Safner et al. 2010)



## 2. Attribut des nœuds du graphe

### Approche de modélisation de la qualité de l'habitat



Un modèle probabiliste efficace reposant sur le concept de la niche écologique

(Phillips & al. 2004, Baldwin 2009, Kumar et Stohlgren 2010)

Logiciel MaxEnt (Phillips and Dudik, 2008)

# Capacités prédictives du modèle et prédicteurs

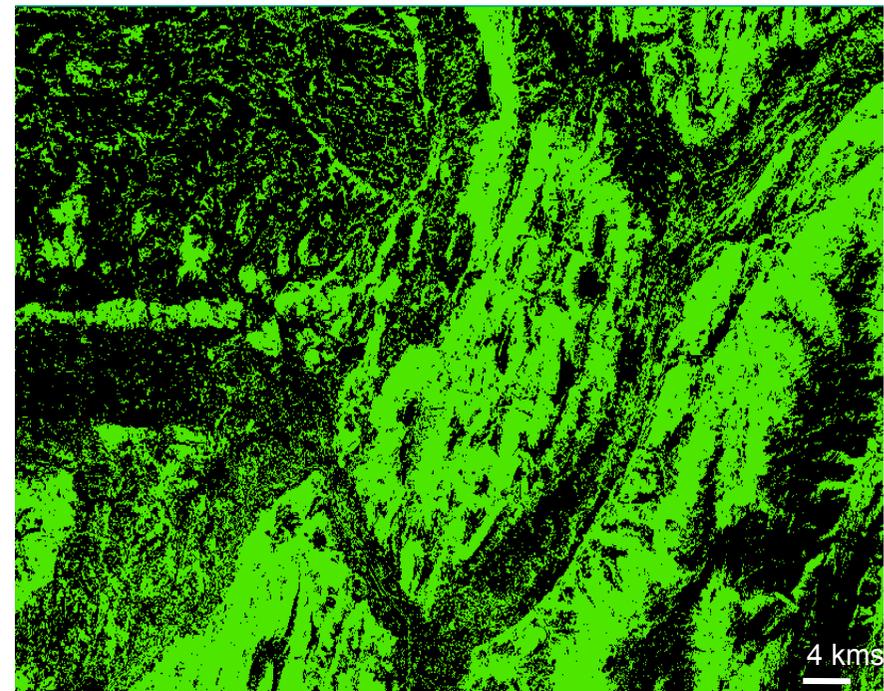
## Choix du meilleur modèle prédictif sur 50 réplifications

**Courbe ROC** : AUC = 0.833 (construction du modèle) - AUC (validation) = 0.854 avec 30% du jeu de données en tant que données de validation

Taux d'omission : 9,2% - Taux d'omission avec les données de validation : 7,2% (10 percentile training presence treshold)

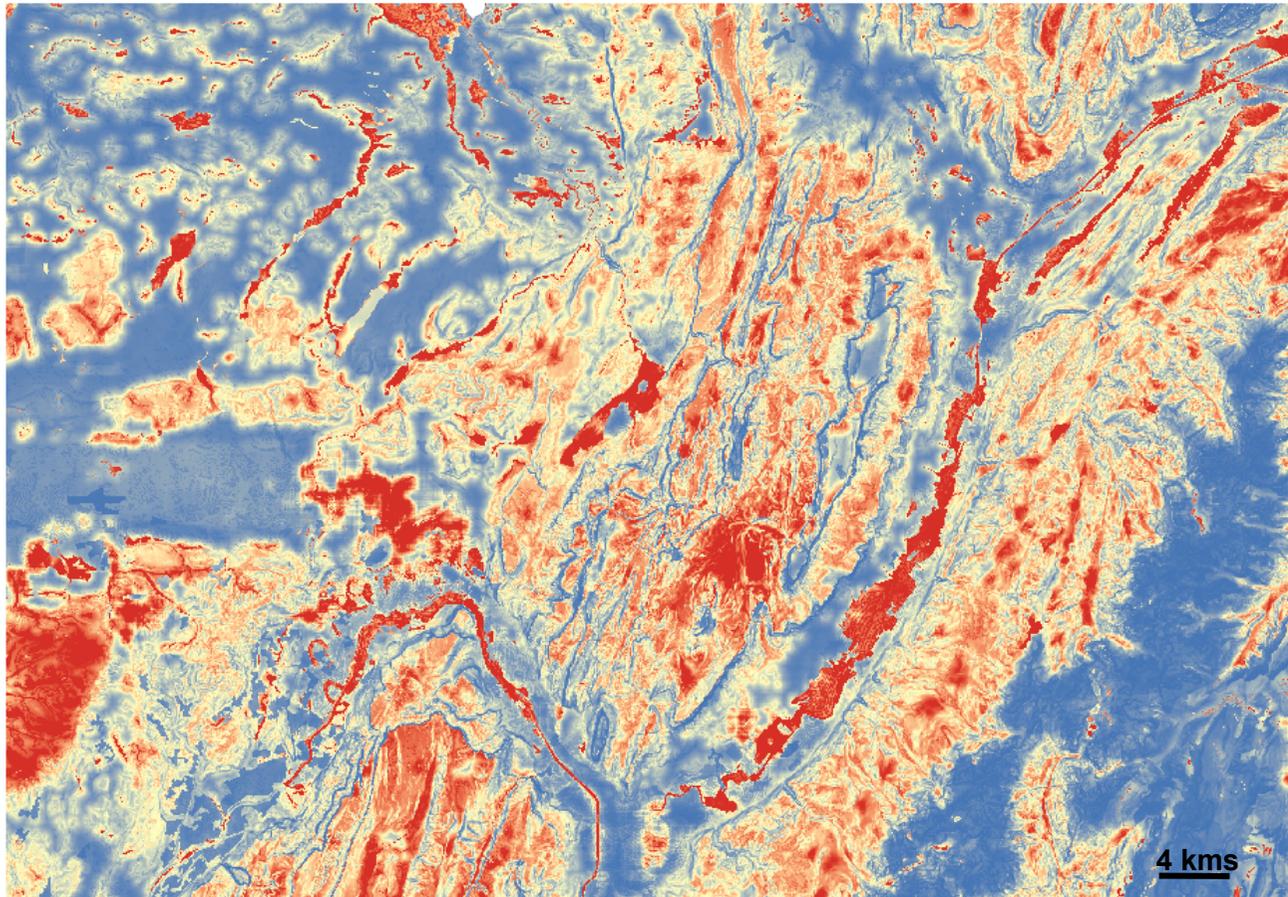
Prédicteurs	Contribution (%)
Distance aux zones humides	51.5 %
Distance à un patch forestier traversé par une rivière	19.3 %
Pente	8.2 %
Altitude	6.5 %
Taux d'occupation du plus grand patch forestier (Largest patch index)	5.7 %
Densité des patches forestiers (Patch density)	4.6 %
Occupation du sol (CLC 2006)	3.9 %
Taille moyenne des patches forestier (Mean patch area)	0.4 %

Indices paysagers calculés avec **Fragstats** (McGarigal and Marks 1995) et avec une fenêtre coulissante de 1500m

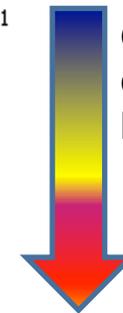
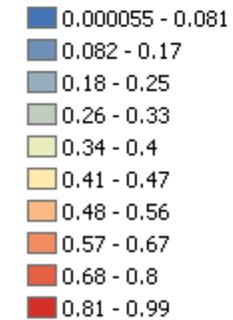


**Carte européenne Forêt – Non forêt**  
(Pekkarinen and al. 2009) (Résolution= 25m)

## Carte d'occurrence potentielle de la grenouille rousse



Probabilité d'occurrence



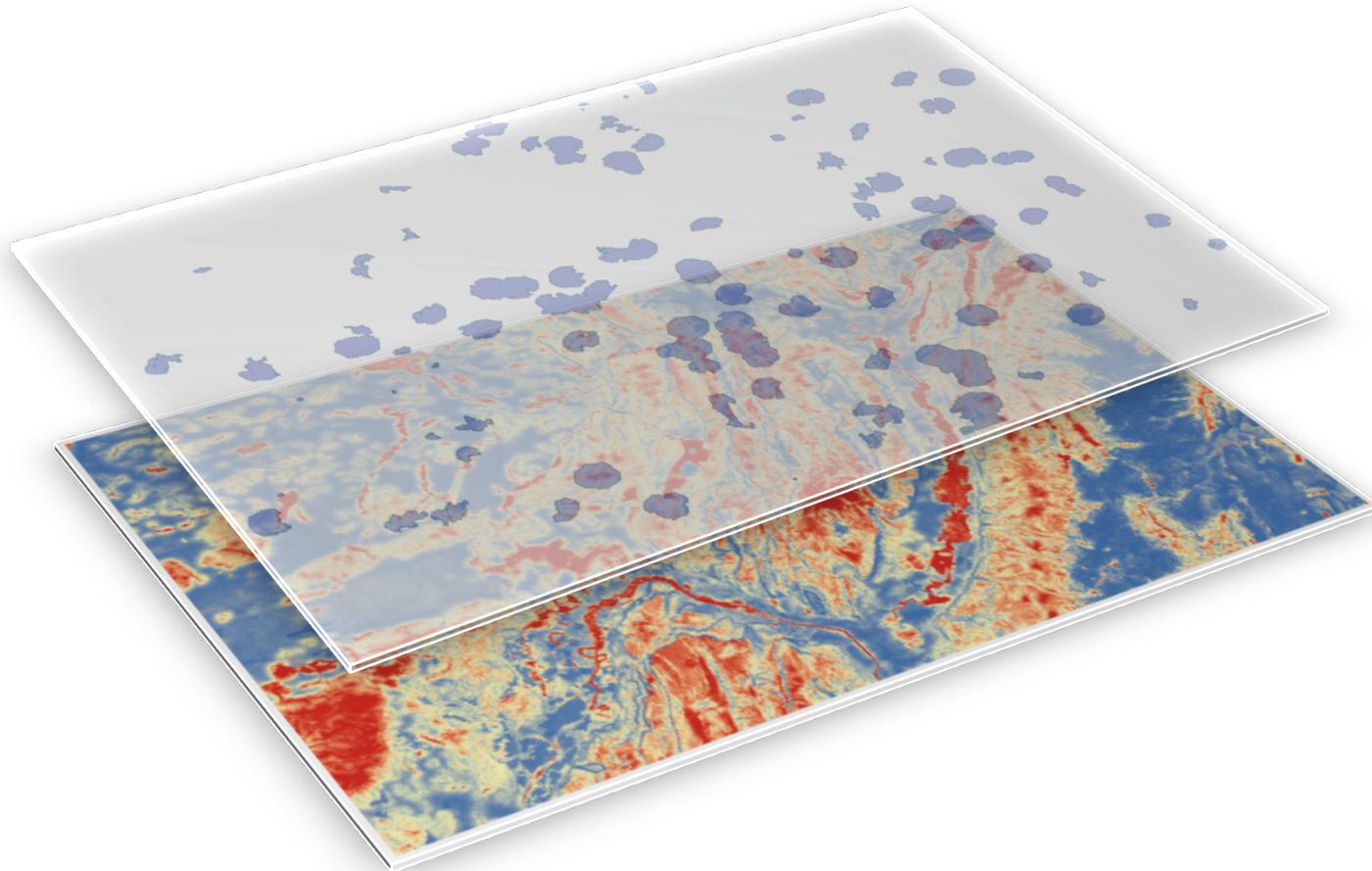
Gradient de  
qualité de  
l'habitat

Résolution: 25m



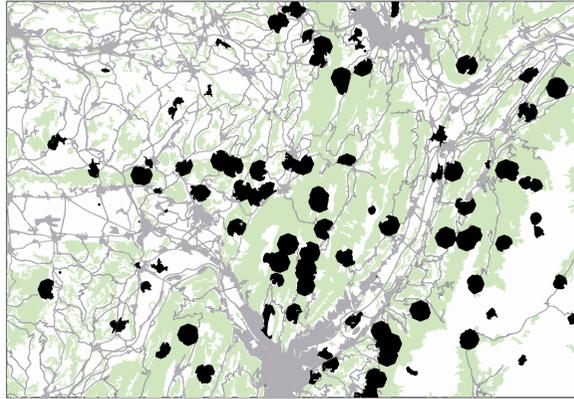
**Attribut de chacun des nœuds :**

Moyennes des probabilités d'occurrence prédites par MaxEnt sur la zone considérée



### 3. Estimation de liens potentiels entre noeuds

---



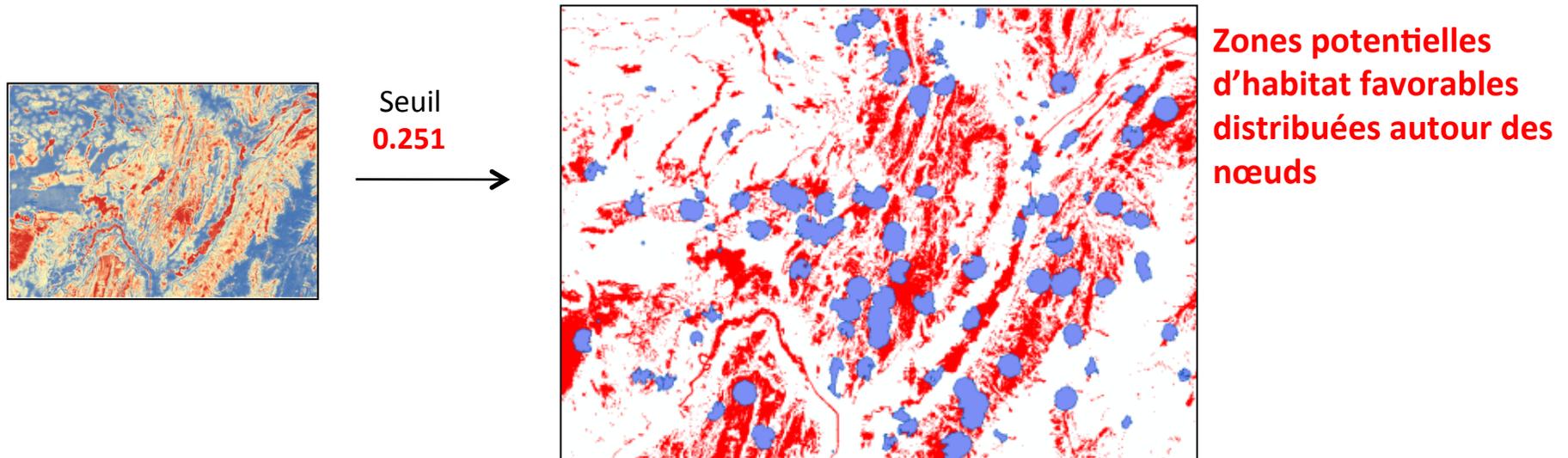
**Comment les flux entre nœuds influencent le fonctionnement du graphe ?**

**Hypothèse :**

Existence d'une dispersion sur de plus longues distances dans des corridors d'habitats favorables

## Scenario de connections entre noeuds

**Etape 1 :** Identification des zones potentielles les plus favorables à partir du modèle MaxEnt



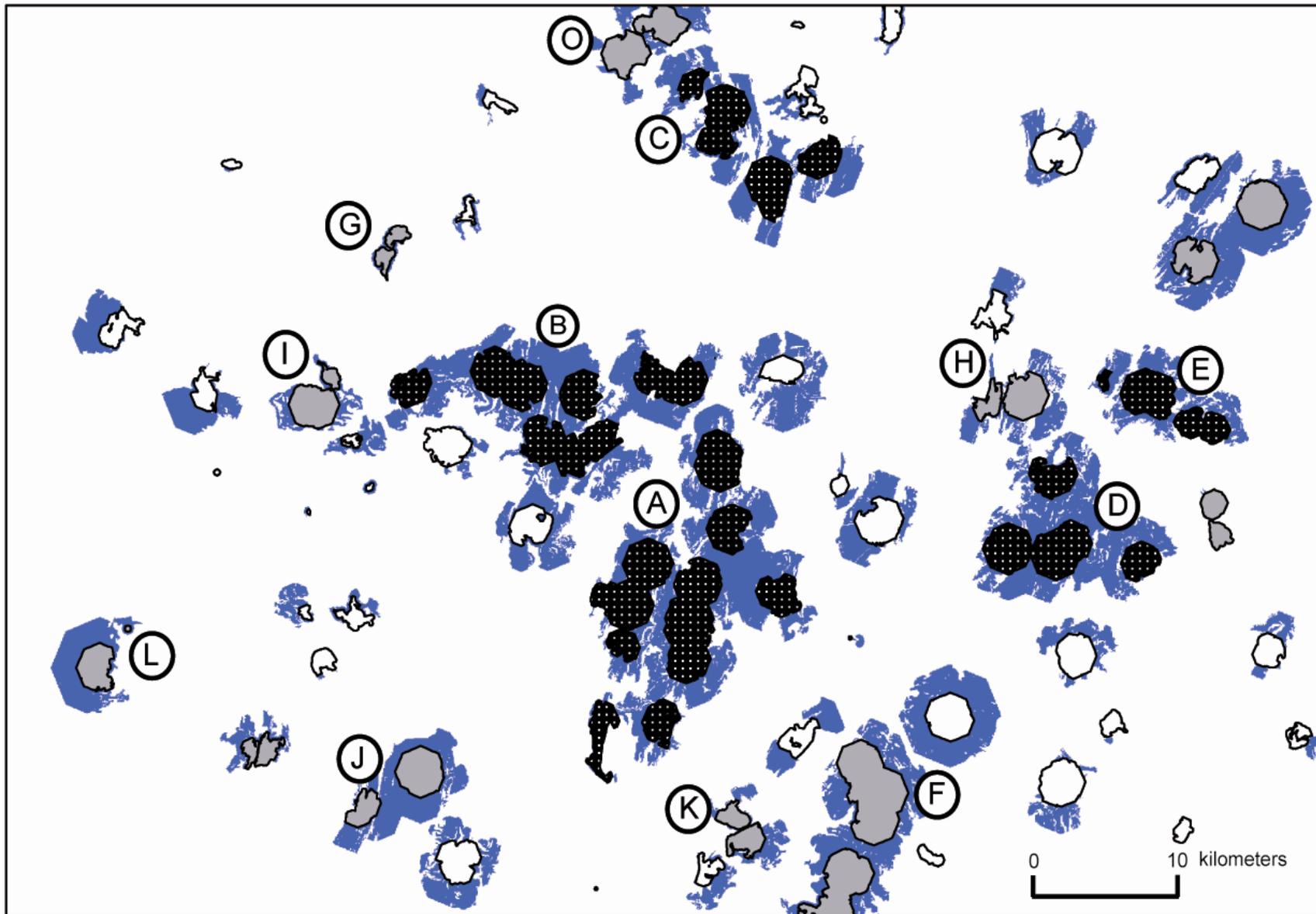
**Etape 2 :** Simulation de dispersions dans ces zones potentiellement favorables

*Le radiopistage suggère que des individus peuvent disperser jusqu'à 3000 m*



Surfaces de moindre coût

(distance max: 3000m)



Corridors d'habitats favorables à la dispersion sur une distance de 3000m

Sous réseau connecté de plus de deux nœuds

Paires de nœuds connectés

Nœuds isolés

# 4. Indices de connectivité

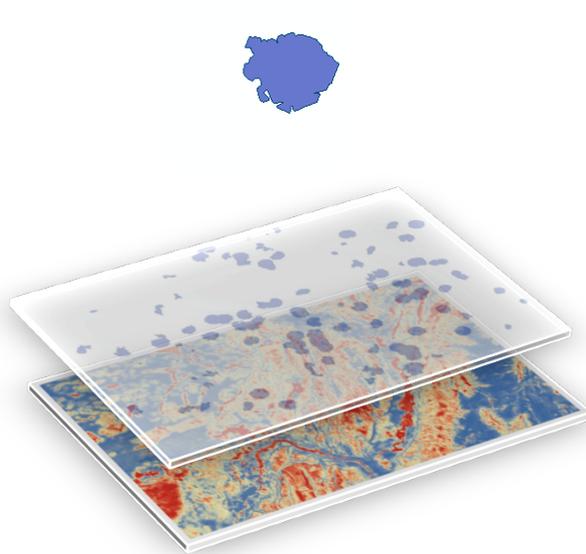
## Logiciel Conefor Sensinode

(Saura and Torné 2009)

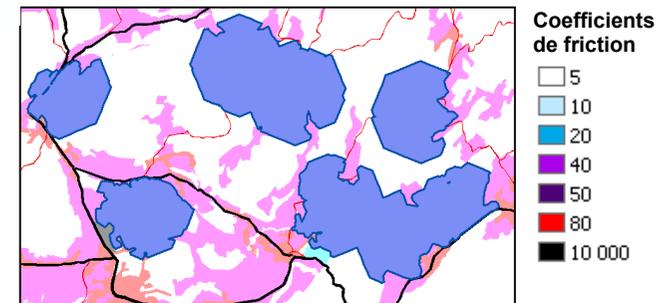
**IIC**: Integral Index of connectivity

(Pascual-Hortal & Saura 2006, Pascual-Hortal & Saura 2008)

**dIIC** Patch importance: proportion de perte de connectivité totale liée à la perte d'un patch (nœud)



**Information sur les noeuds**  
Probabilité moyenne d'occurrence  
(prédite par MaxEnt)



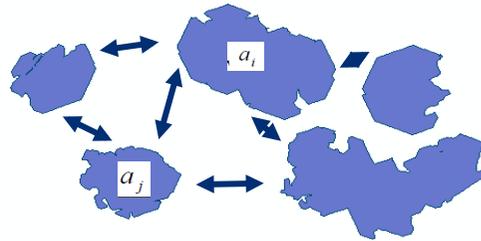
**Connections entre noeuds**  
Scenario de dispersion  
entre noeuds

## Indices de connectivité

### IIC Integral Index of connectivity

(Pascual-Hortal & Saura 2006, Pascual-Hortal & Saura 2008)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i \cdot a_j}{1 + nl_{ij}}$$



$a_i$  Attribut du nœud i

$a_j$  Attribut du nœud j

$nl_{ij}$  Nombre de connections entre les nœuds i et j

### dIIC Patch importance

proportion de perte de connectivité totale IIC liée à la perte d'un patch (nœud)

(Pascual-Hortal & Saura 2006, Pascual-Hortal & Saura 2008)

$$dIIC = \frac{100 \times (IIC_{initiale} - IIC_{perte\ du\ patch})}{IIC_{initiale}}$$

# IIC et dIIC

*(Pascual-Hortal & Saura 2006, Pascual-Hortal & Saura 2008)*

---

## Propriétés du réseau en terme de flux

(distance entre nœuds : euclidienne, génétique, moindre coût)

## Propriétés de chacun des nœuds

(qualité d'habitat, surface, taille de la population...)

---

## Détection de changements négatifs à effet sur la matrice paysagère

Perte de connectivité

Perte de surface d'habitat

Perturbation de la qualité de l'habitat

---

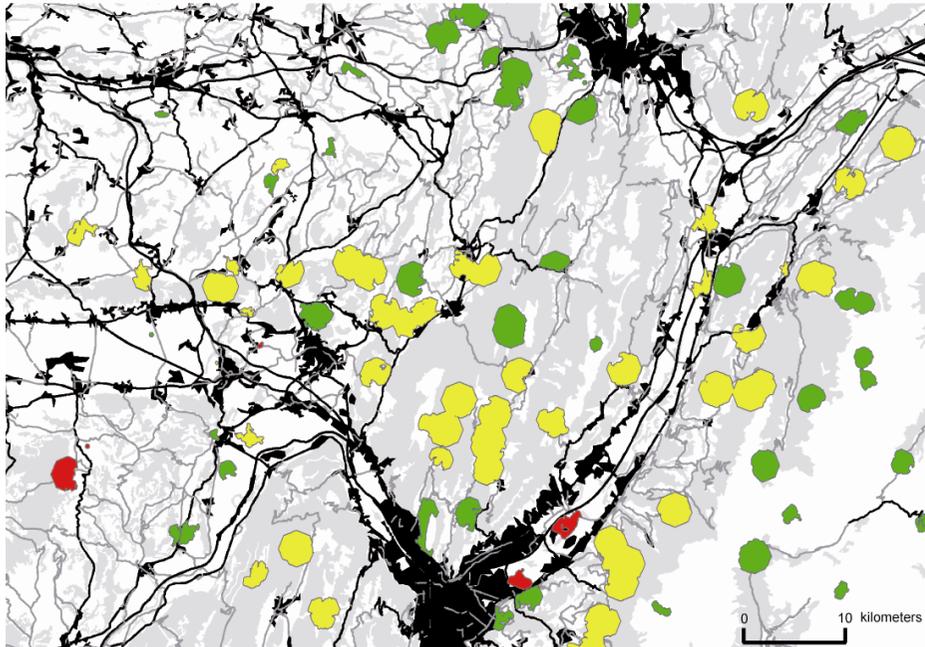
## Estimation de l'importance de chacun des nœuds pour le maintien de la connectivité globale du réseau

Ratio disponibilité – qualité de l'habitat

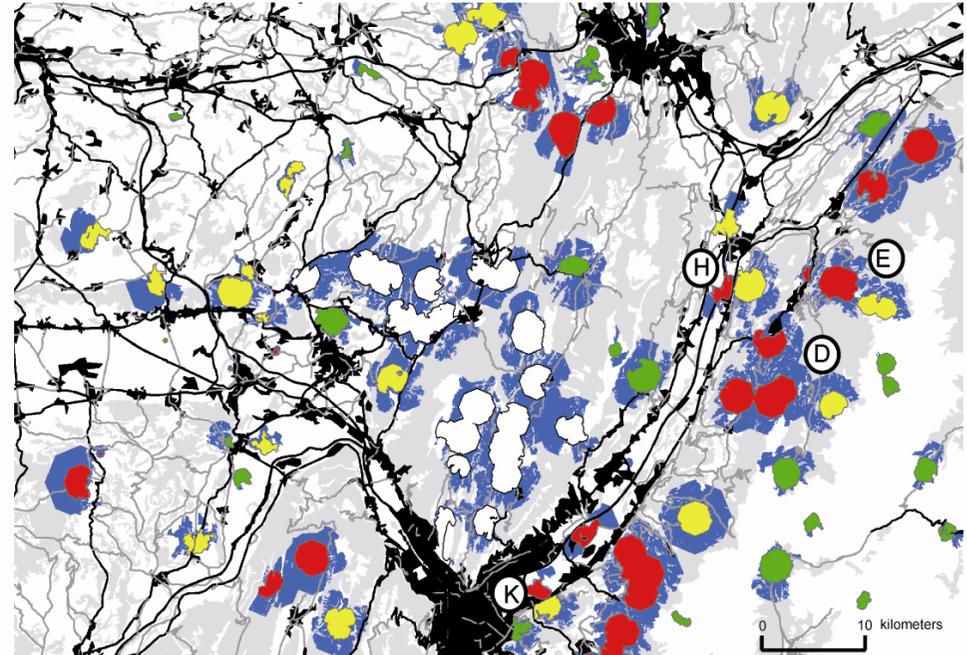
---

# Importance des nœuds dIIC (Conefor Sensinode)

Pas de connections entre noeuds



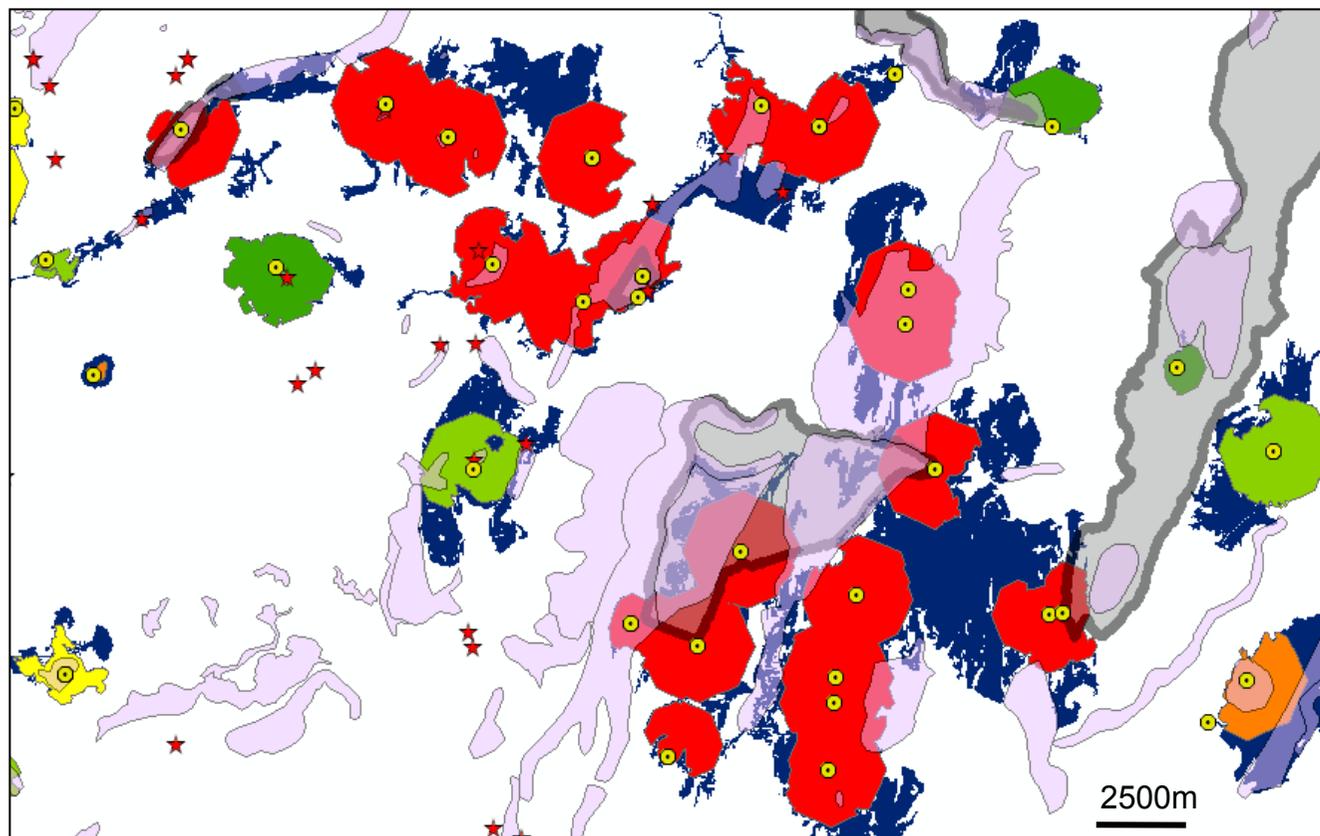
Scenario de dispersion dans des corridors



Contribution des nœuds à la connectivité :



# Intégration aux réseaux des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) et Natura 2000



■ ZNIEFF  
■ Natura 2000



**dIIC**

- 0.021517 - 0.491761
- 0.491762 - 1.172963
- 1.172964 - 2.050526
- 2.050527 - 2.827726
- 2.827727 - 6.468572

★ Points de conflit

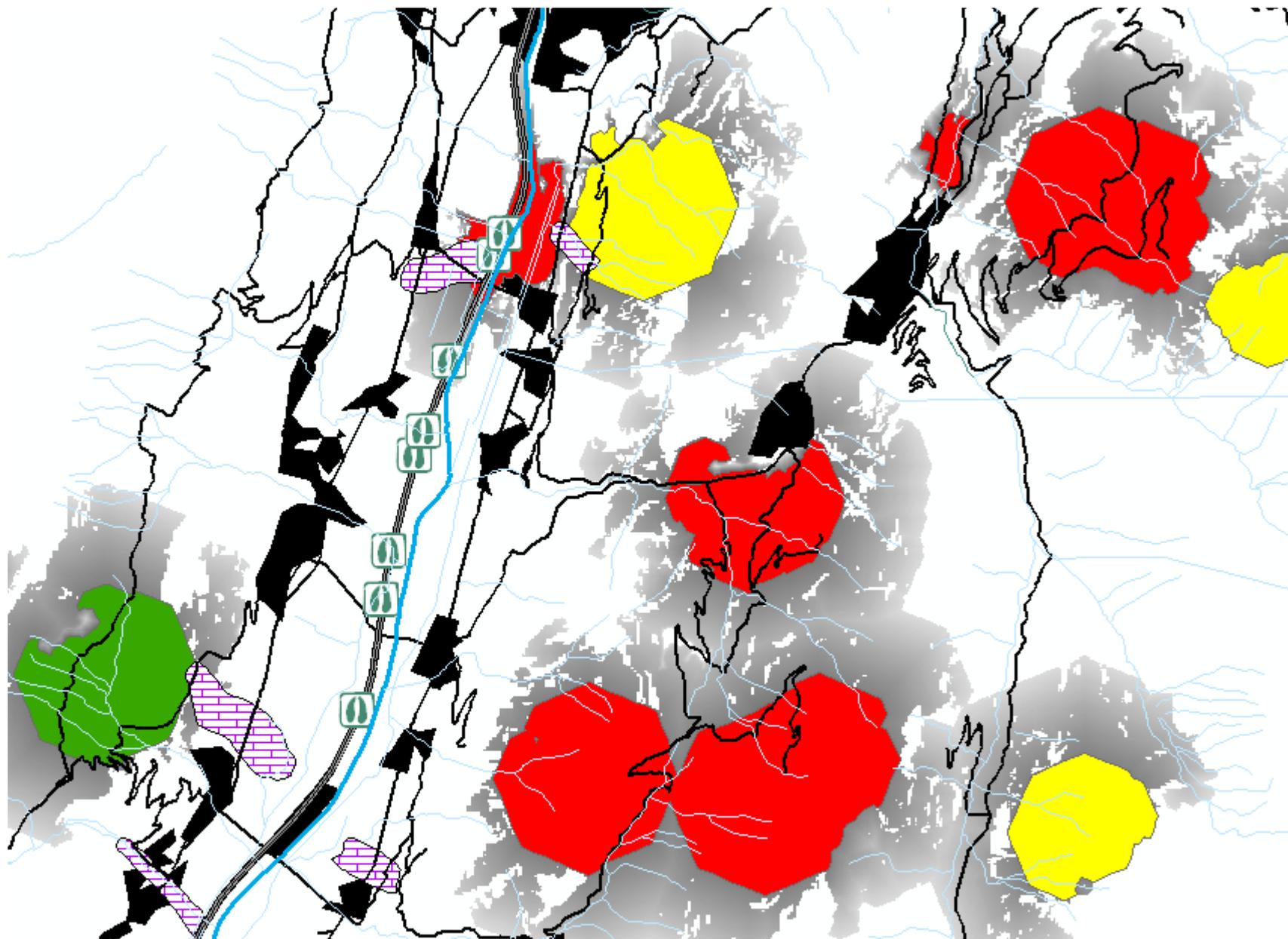
● Pontes

■ Corridors Maxent

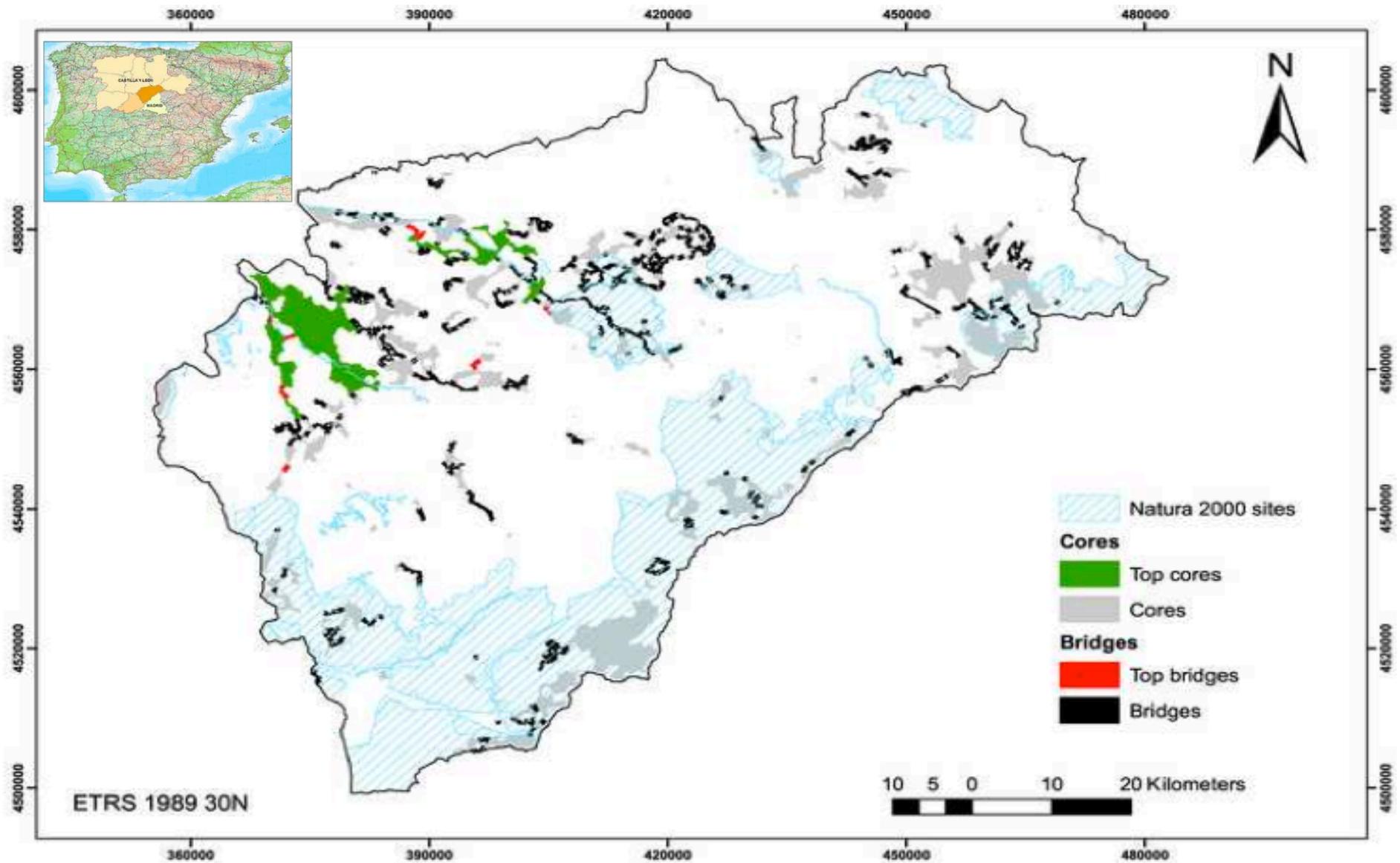
Zones potentiellement favorables où des dispersions peuvent se produire jusqu'à 3000m

## Intégration des résultats au REDI...

---



# MSPA ↔ Graph Theory



Saura et al, 2011, *Forest Ecology and Management*, Key structural forest connectors can be identified by combining landscape spatial pattern and network analysis. In print



# GUIDOS: MSPA analysis

input (MSPA: FGConnectivity=8 EdgeWidth=1 Transition=Off Intext=On)

File General Tools Pattern Analysis Help

IMAGE/DISPLAY ATTRIBUTES

Direction/Data

Flip Vertical

Normalized

Autostretch

Select Colorable

Classification

Zoom mode

Factor: 1x

MSPA PARAMETERS

FGConn [8/4]

EdgeWidth [pixels] 1

Transition [On/Off]

Intext [On/Off]

Calculate MSPA statistics

	FG/data [%]	Frequenc
CORE-green	n/a	n/a
ISLET-brown	n/a	n/a
PERF-blue	n/a	n/a
EDGE-black	n/a	n/a
LOOP-yellow	n/a	n/a
BRIDGE-red	n/a	n/a
BRANCH-orange	n/a	n/a
Backg-grey	n/a	n/a
Miss-white	n/a	n/a

Legend:

- Core
- Edge
- Perforation
- Bridge
- Loop
- Branch
- Islet
- Background
- No data

**MSPA parameters and classes**

X: 25 Y: 246 Value: 0 byte MSPA class: BACKGROUND (external)



# GUIDOS: MSPA analysis

input (MSPA: FGConnectivity=8 EdgeWidth=6 Transition=Off Intext=On)

File General Tools Pattern Analysis Help

IMAGE/DISPLAY ATTRIBUTES

Direction/Data

Flip Vertical

Normalized

Autostretch

Select Colortable

Classification

Zoom mode

Factor: 1x

MSPA PARAMETERS

FGConn [8/4]

EdgeWidth [pixels] 6

Transition [On/Off]

Intext [On/Off]

Calculate MSPA statistics

	FG/data [%]	Frequenc
CORE-green	33.75/14.46	169
ISLET-brown	10.38/ 4.45	2817
PERF-blue	3.82/ 1.64	54
EDGE-black	30.30/12.99	101
LOOP-yellow	3.01/ 1.29	219
BRIDGE-red	13.73/ 5.89	407
BRANCH-orange	5.01/ 2.15	1595
Backg-grey	-- /57.14	1170
Miss-white	0.03	51

Legend:

- Core
- Edge
- Perforation
- Bridge
- Loop
- Branch
- Islet
- Background
- No data

MSPA parameters and classes

X: 13 Y: 214 Value: 0 byte MSPA class: BACKGROUND (external)



# GUIDOS: network analysis

input [network components: 418, (components without links in black)] **a) Components**

File General Tools Pattern Analysis Help

IMAGE/DISPLAY ATTRIBUTES

Direction/Data

Flip Vertical

Normalized

Autostretch

Select Colorable

Classification

Zoom mode

Factor: 4x

MSPA PARAMETERS

FGConn [8/4]

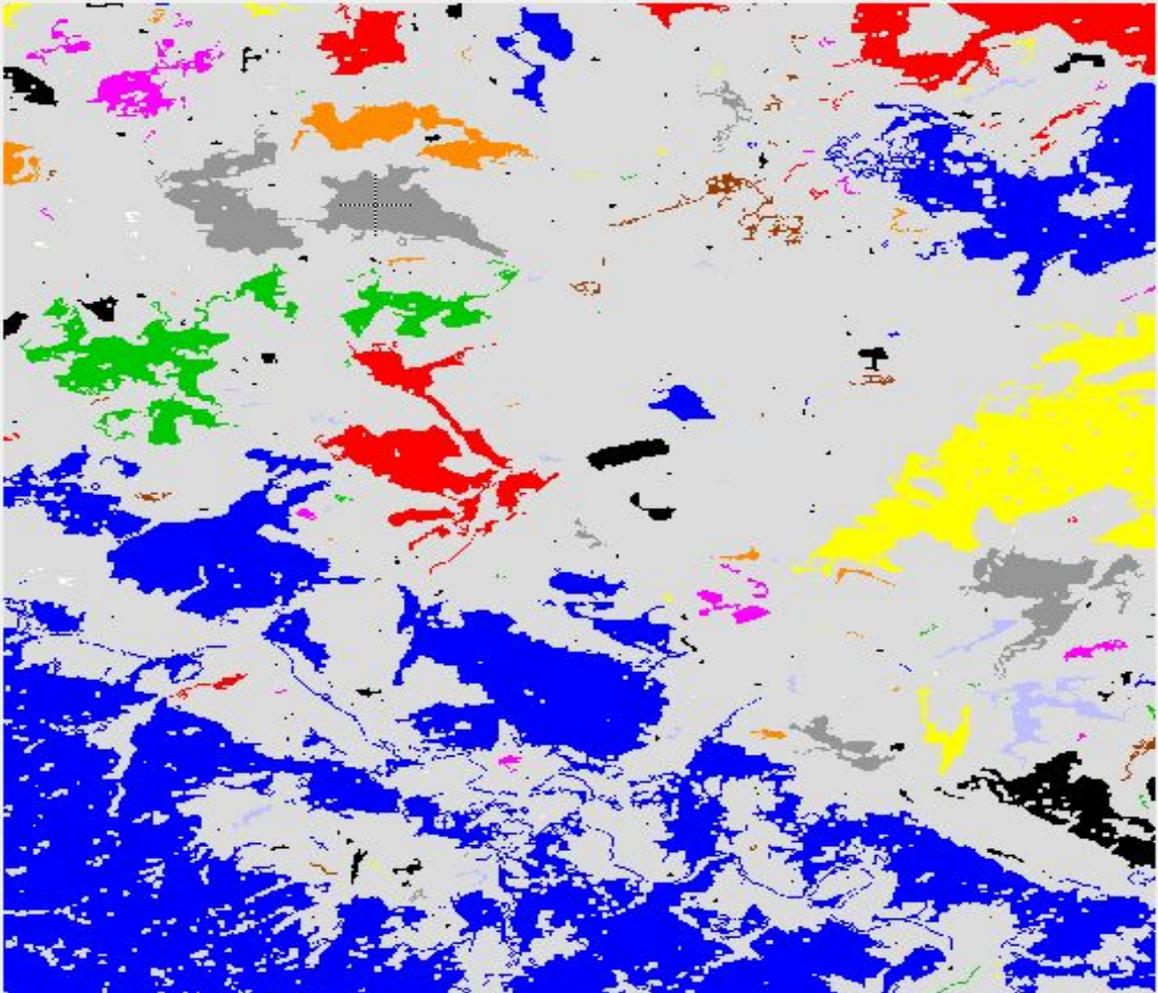
EdgeWidth [pixels] 1

Transition [On/Off]

Intext [On/Off]

Calculate MSPA statistics

	FG/data [%]	Frequenc
CORE-green	n/a	n/a
ISLET-brown	n/a	n/a
PERF-blue	n/a	n/a
EDGE-black	n/a	n/a
LOOP-yellow	n/a	n/a
BRIDGE-red	n/a	n/a
BRANCH-orange	n/a	n/a
Backg-grey	n/a	n/a
Miss-white	n/a	n/a



X: 323 Y: 204 nw: (ID, size: total/links): 268, 12841/153



# GUIDOS: network analysis

input [Importance of 10 links between 5 largest components] **Save Options (image & statistics)**

File General Tools Pattern Analysis Help

Read Image  
Save Image  
Batch Process  
Exit

Normalized  
Autostretch

MSPA PARAMETERS

FGConn [8/4] EdgeWidth [pixels] Transition [On/Off] Intext [On/Off]

Calculate MSPA statistics

	FG/data [%]	Frequenc
CORE-green	n/a	n/a
ISLET-brown	n/a	n/a
PERF-blue	n/a	n/a
EDGE-black	n/a	n/a
LOOP-yellow	n/a	n/a
BRIDGE-red	n/a	n/a
BRANCH-orange	n/a	n/a
Backg-grey	n/a	n/a
Miss-white	n/a	n/a

input\_nwconnect\_stat.txt - Notepad

File Edit Format View Help

connectors between 5 largest components

#	A	B	importance	length(full/effective)	intermediate-components
12	1	140	24.3739	108/90	123 132
13	1	244	18.8686	313/309	158 168
14	1	268	19.8889	194/166	183 197 208
15	1	139	10.2157	4/4	0
23	140	244	3.65874	31/31	0
24	140	268	2.46285	283/250	160 190 251
25	140	139	1.97561	202/164	143 144 158 171
34	244	268	1.76953	272/221	272 301
35	244	139	1.52337	279/269	245 272 301
45	268	139	1.23616	85/78	228



# GUIDOS: network analysis

input (MSPA: FGConnectivity=8 EdgeWidth=1 Transition=Off Intext=On)

File General Tools **Pattern Analysis** Help

IMAGE/DIS  
Direction/Data  
 Flip Vertical  
 Normalized  
 Autostretch

MSPA  
Networks  
Kernel Based  
Distance  
Quit zoom  
Factor: 4x

**Network Analysis  
(Core/Bridge -> Node/Link)**

- Components
- Node/Link Importance
- Component Connectors
- Generate CS-Inputfile

Legend:

- Core
- Edge
- Perforation
- Bridge
- Loop
- Branch
- Islet
- Background
- No data

MSPA PARAMETERS

FGConn [8/4]  EdgeWidth [pixels] 1 Transition [On/Off]  Intext [On/Off]

Calculate MSPA statistics

	FG/data [%]	Frequenc
CORE-green	75.09/32.19	1196
ISLET-brown	3.26/ 1.40	2429
PERF-blue	2.17/ 0.93	423
EDGE-black	13.54/ 5.80	890
LOOP-yellow	0.60/ 0.26	541
BRIDGE-red	1.42/ 0.61	765
BRANCH-orange	3.93/ 1.68	4685
Backg-grey	-- /57.14	1170
Miss-white	0.03	51

X: 448 Y: 739 Value: 17 byte MSPA class: CORE (external)

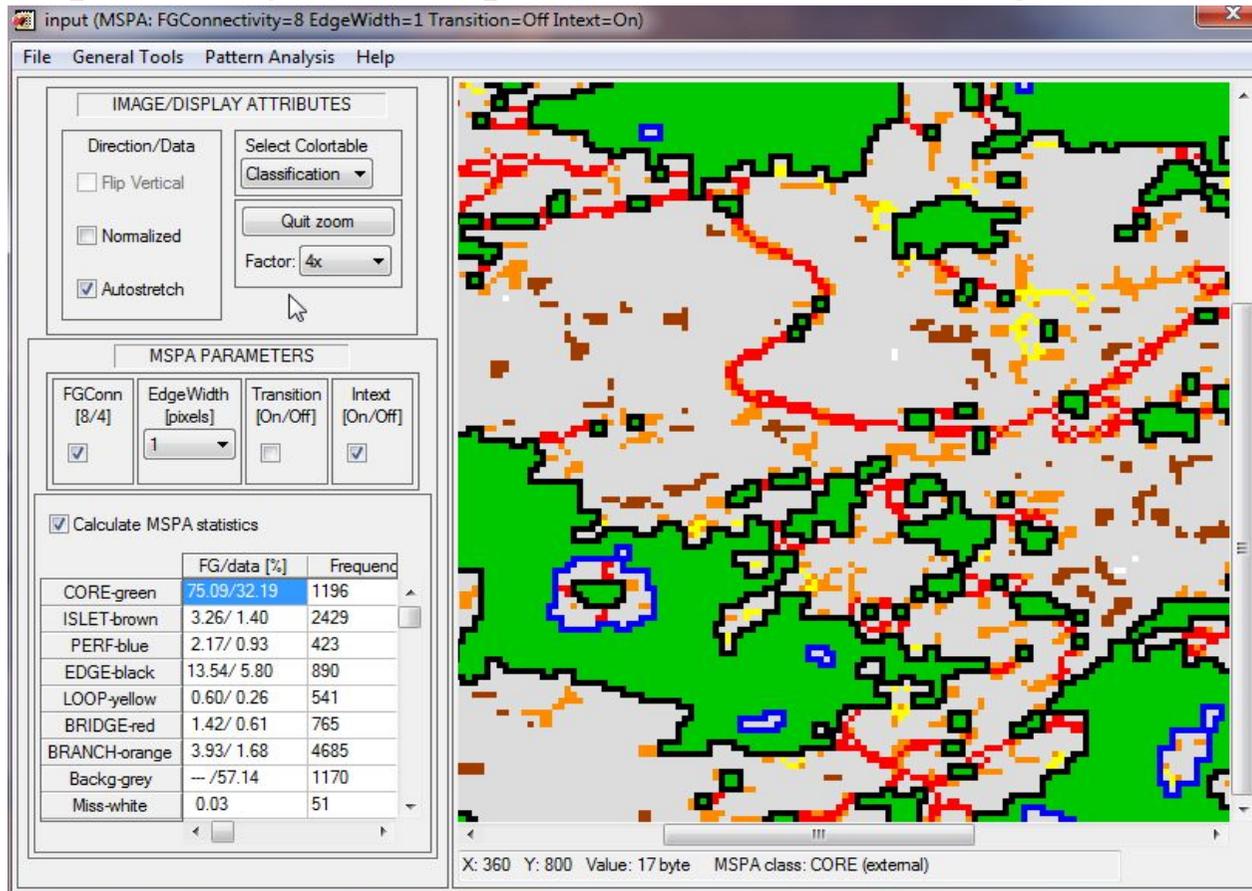


# GUIDOS: MSPA-software

Free download



<http://forest.jrc.ec.europa.eu/download/software/guidos>



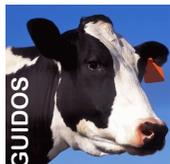
## Key features:

- MSPA & IP-tools
- Distance maps
- Statistics
- Connectivity
- Gdal, kml-export
- GIS-environment,
- ...



Contact:

[Peter.Vogt@jrc.ec.europa.eu](mailto:Peter.Vogt@jrc.ec.europa.eu)



## Perspectives...

### Comment utiliser des données de présence issues d'inventaires ?

- Modèle de qualité de l'habitat
- Identification de discontinuités en lien avec l'organisation spatiale du paysage
  - Identification et qualification de patches d'habitat

### Comment tirer partie d'approches existantes pour réaliser un diagnostic de connectivité ?

- Flexibilité de l'approche théorie des graphes
- Intégration de connaissances d'expert set/ou des données issues de modèles

### Quelle aide à la gestion peut apporter l'utilisation d'une approche intégrative de diagnostic ?

- Evaluation de la qualité et de la disponibilité d'un habitat
  - Tester des scénarios de gestion
- Nécessité de valider certaines approches (apport de la génétique)

