



CIRFE

Modélisation des comportements animaliers, et réalisme écologique, implications pour l'aménagement du territoire

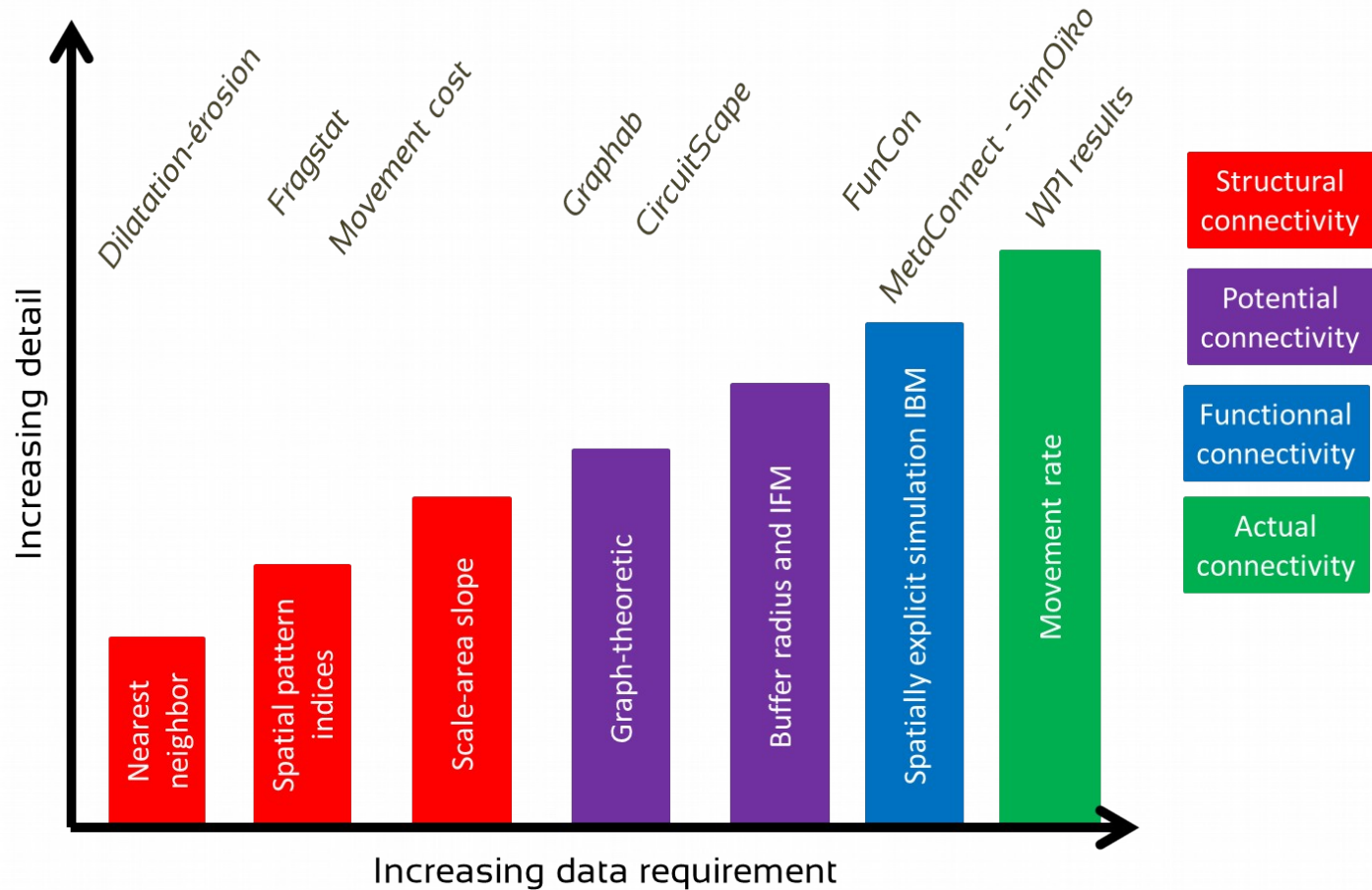
Sylvain Moulherat (TerrOïko)

Jonathan Remon (TerrOïko), Yann Le Gallic (Setec International), Michel Baguette (SETE-CNRS) & Jérôme Prunier (SETE-CNRS)



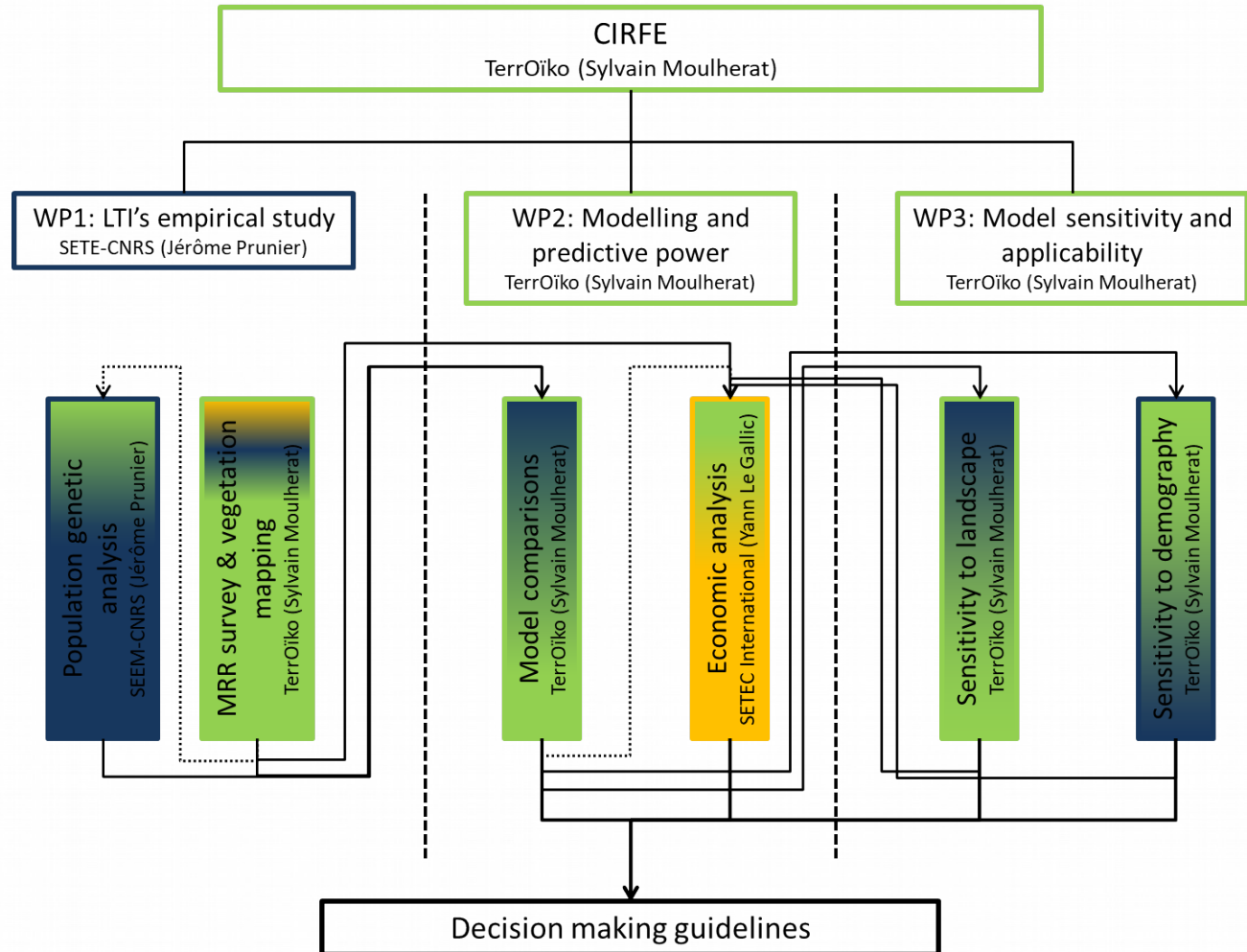
Le projet CIRFE (janvier 2015-décembre 2017)

CIRFE a pour objectif principal de tester en conditions réelles différents types de modèles permettant d'évaluer le fonctionnement des métapopulations animales.



Le projet CIRFE (janvier 2015-décembre 2017)

CIRFE a pour objectif d'aboutir à la rédaction de guides d'aide à la décision à destination des opérateurs d'infrastructures linéaires de transport.



Site et modèles biologiques

Légende

Zone d'étude

 Zone d'étude

 Limites communales

Infrastructures linéaires

 A89

 D6089

 Réseau ferré

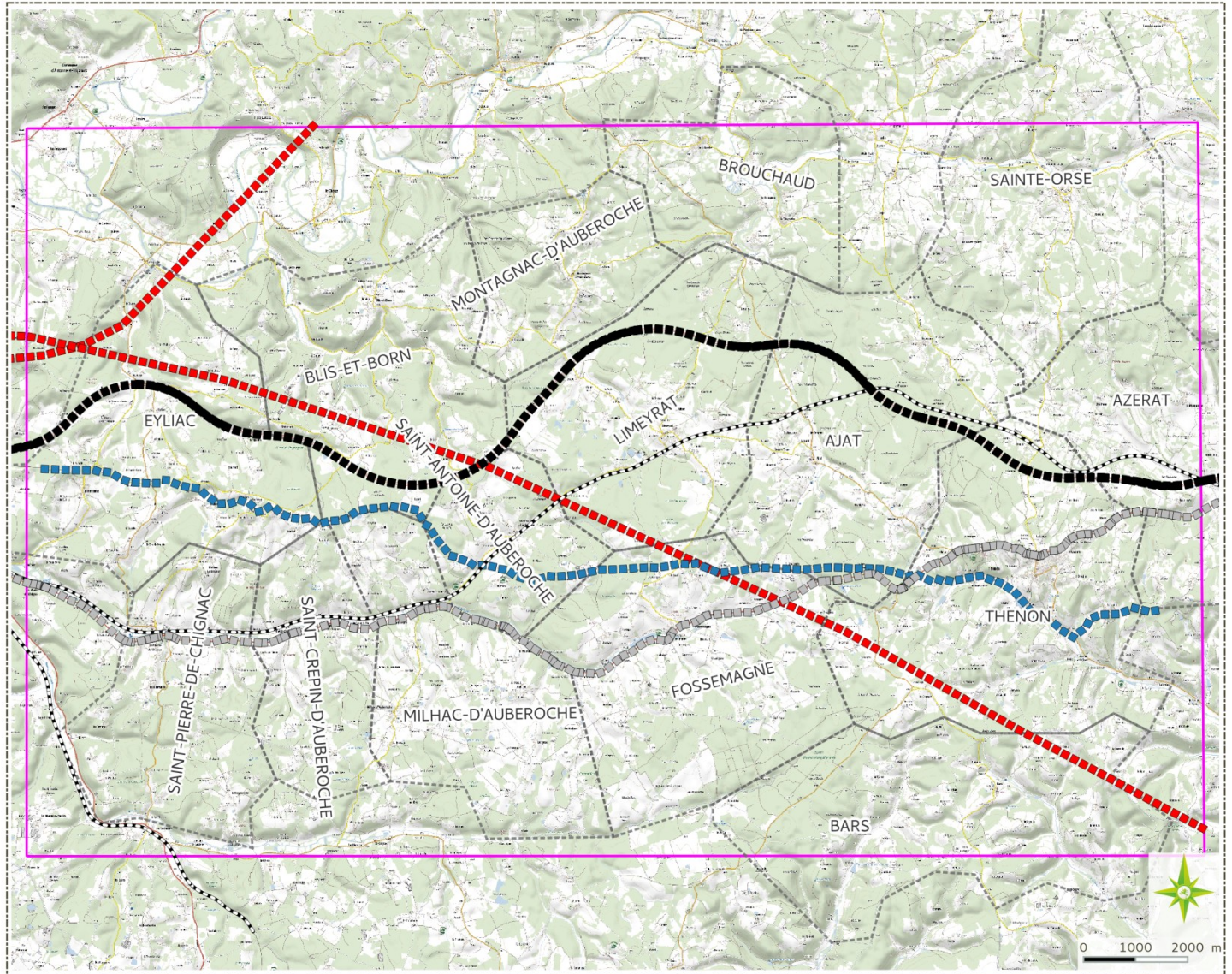
 Réseau électrique

 Réseau gazier

Sources : IGN, TerrOiko



2017-08-23



Site et modèles biologiques

Légende

Zone d'étude

 Zone d'étude

 Limites communales

Infrastructures linéaires

 A89

 D6089

 Réseau ferré

 Réseau électrique

 Réseau gazier


Occupation du sol (EUNIS 1)

 C - Eau de surface continentale

 E - Prairies

 F - Landes et fourrés

 G - Boisements et forêts

 I - Habitats agricoles

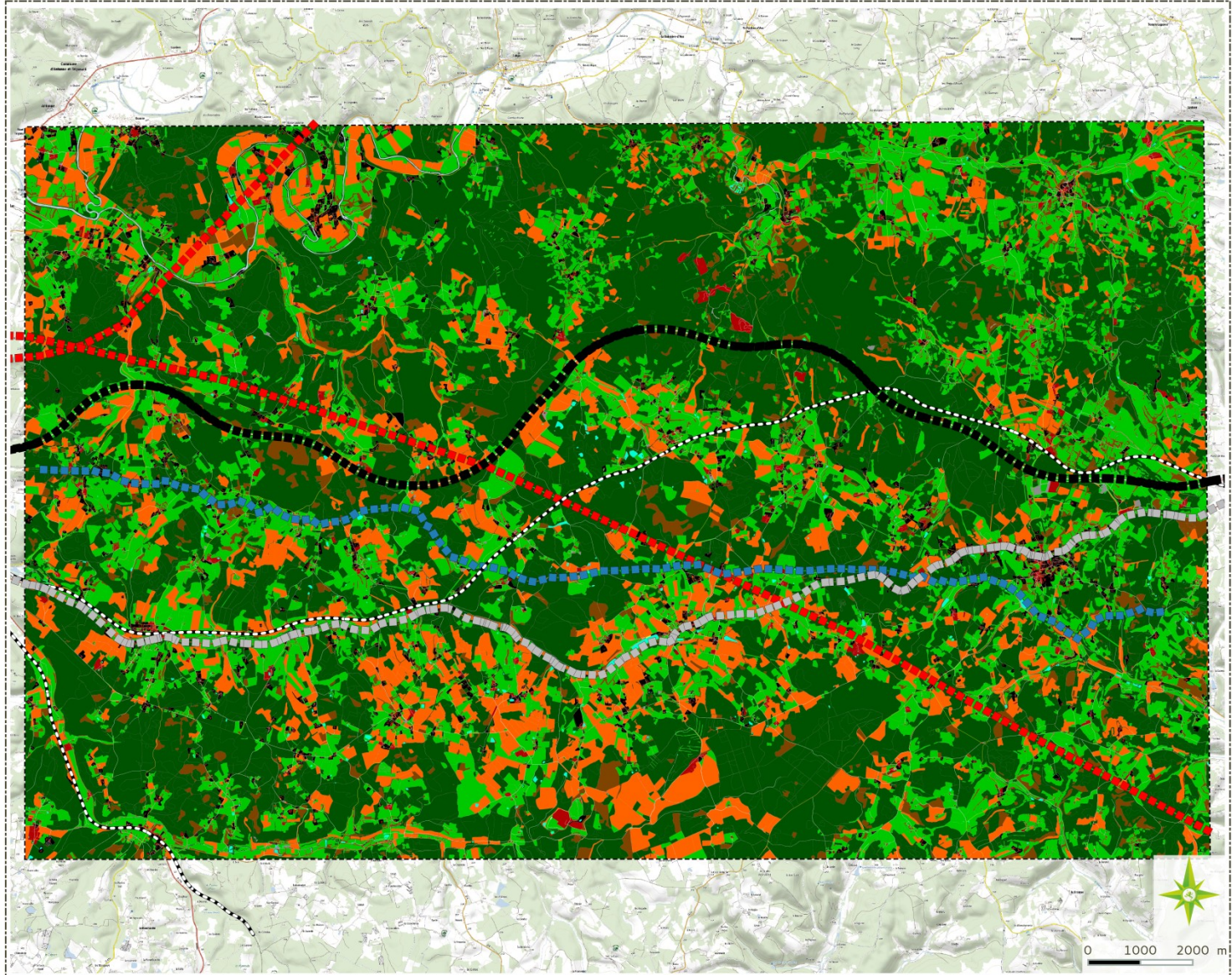
 J - Zones bâties

 X - Complexes d'habitats

Sources : IGN, TerrOïko



2017-10-10



Site et modèles biologiques

Meadow brown, *Maniola jurtina*



Grass snake, *Natrix natrix*



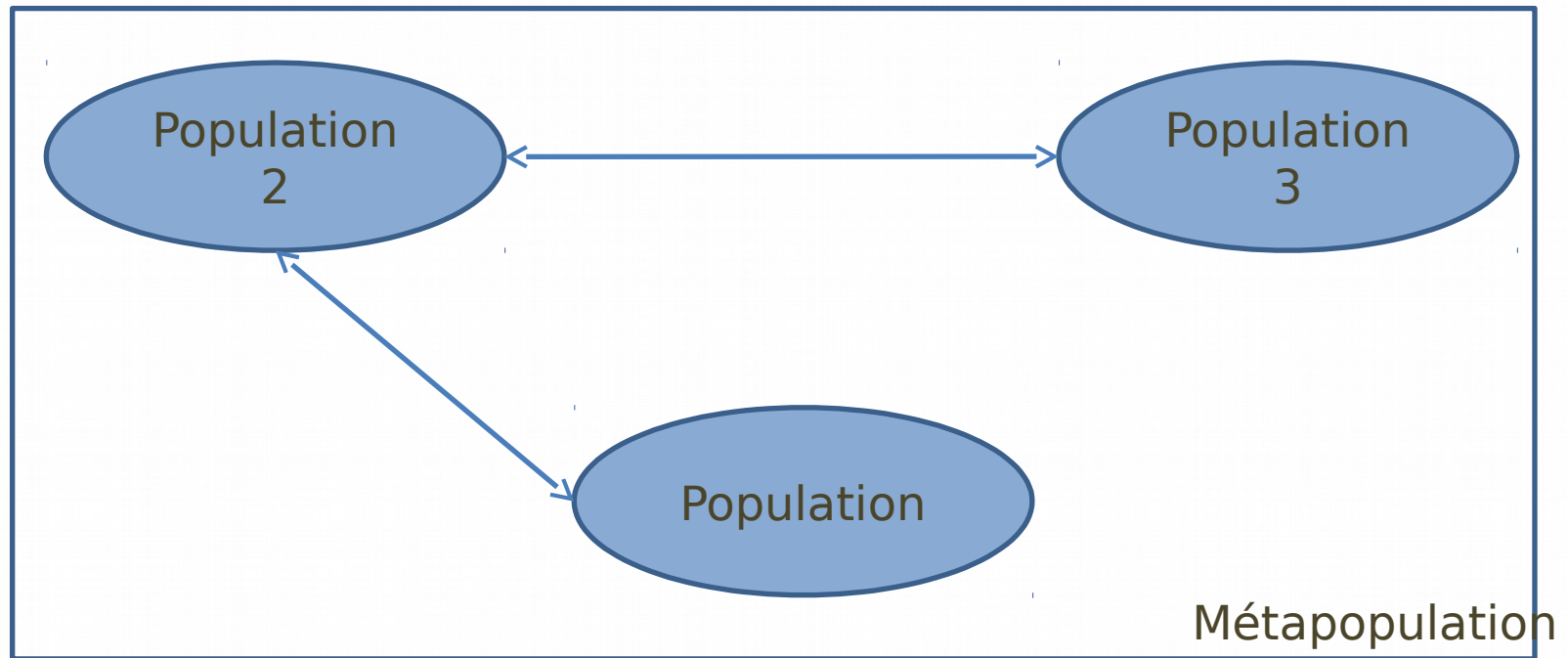
Abax parallelepipedus



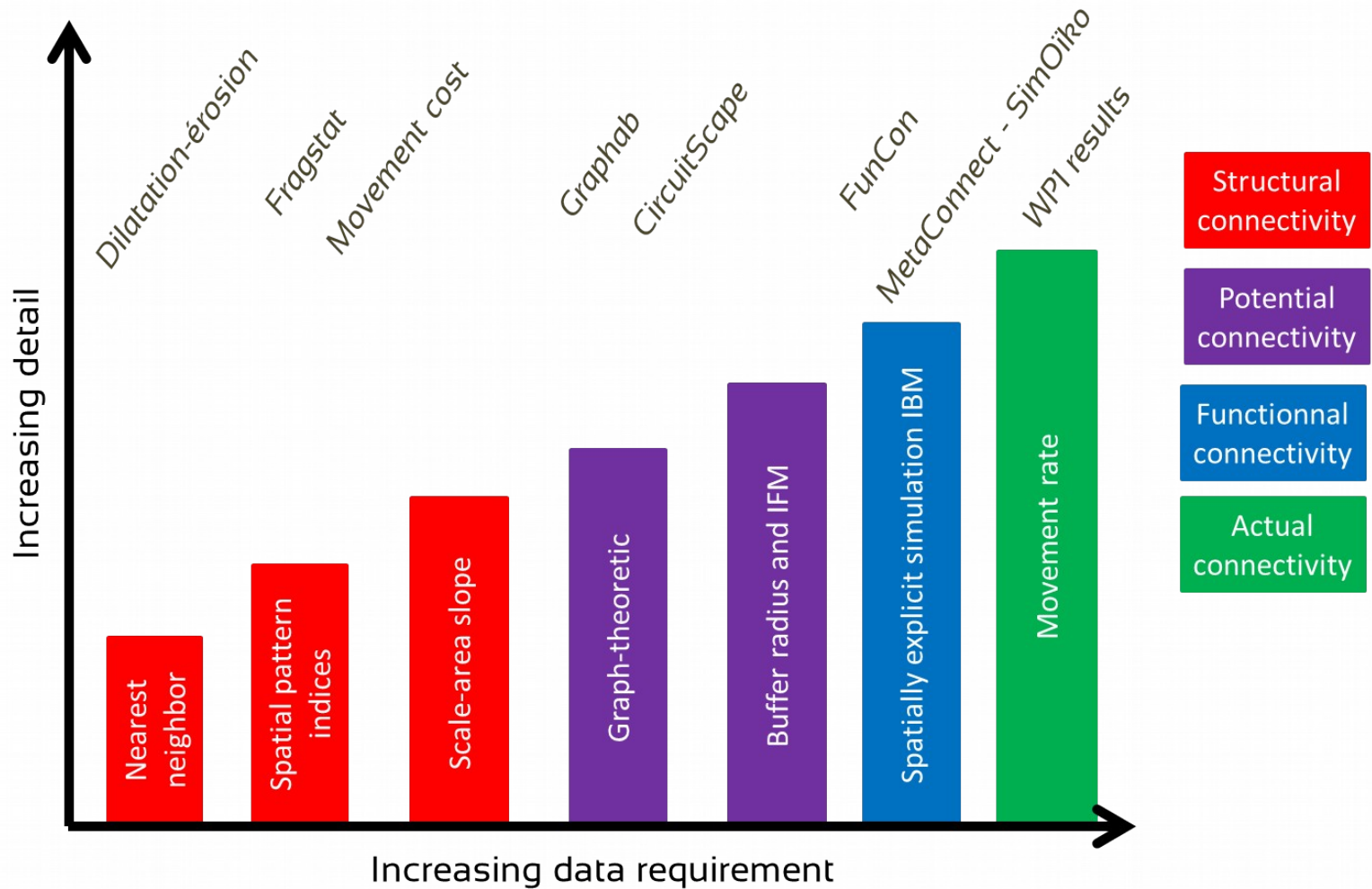
Midwife toad, *Alytes obstetricans*



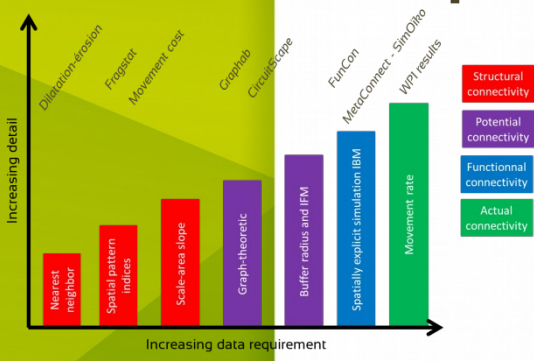
Modélisation des métapopulations



Modélisation des métapopulations

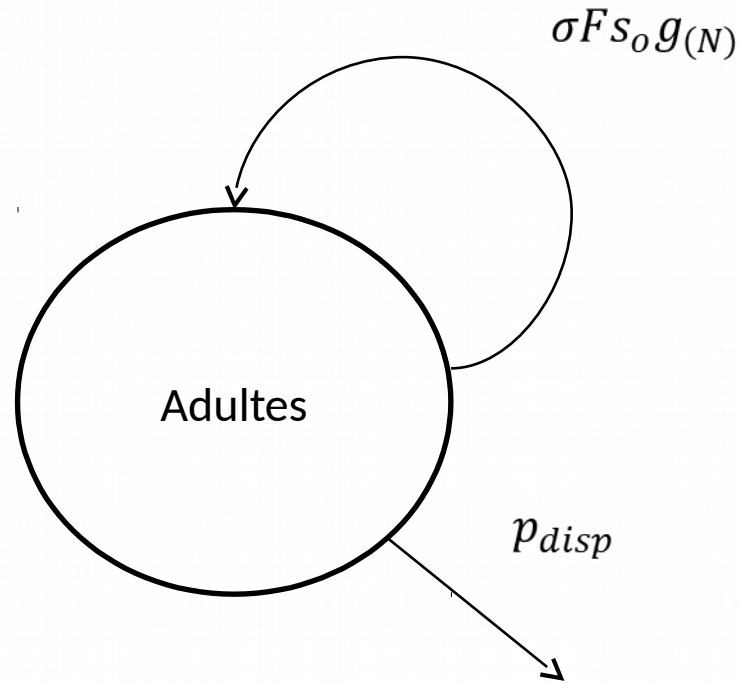


Modélisation des métapopulations



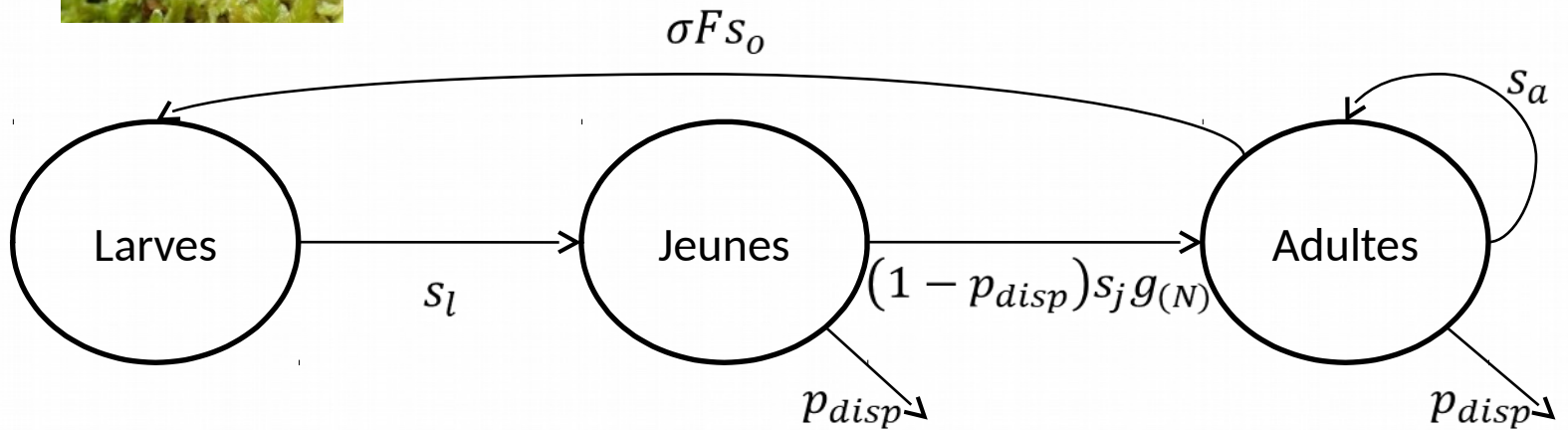
<i>Dilatation érosion</i>							
<i>Fragstat</i>							
<i>Coût déplacement</i>							
<i>Graphab</i>	Indirect: Surface des patches (m ²)						
<i>CircuitScope</i>	Indirect: Intensité de la source (A)						
<i>FunCon</i>							
<i>MetaConnect</i>	Taille de population (Individus)	Graphique	Indice global	Coût cumulé	Indices globaux et locaux	Intensité (V)	Fréquentation graphique
							Fréquentation et flux (indiv/u.t)
							Fréquences alléliques, Fst, Fis, Fit, ...

Modélisation – Paramétrage



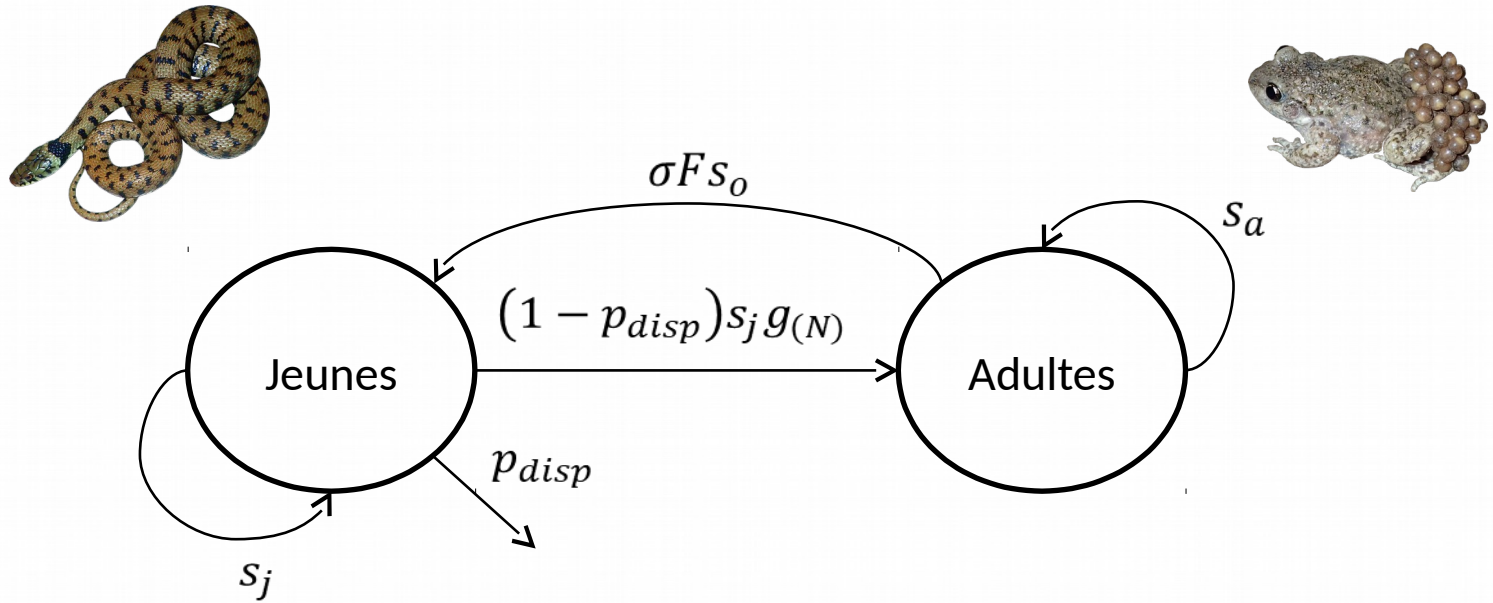
Paramètre	Sexe ratio	Fécondité	Survie oeufs	Taux de croissance	Taux dispersion
Symbole	σ	F			
Valeur	1:1	300	0,0084	Beverton-Holt	0,117

Modélisation – Paramétrage



Paramètre	Sexe ratio	Fécondité	Survies	Taux de croissance	Taux dispersion						
Symbole	σ	F	Paramètre Symbole Valeur	Sexe ratio σ 1:1	Fécondité F 15	Survies Taux de croissance Taux dispersion Paramètre Symbole Valeur	Taux de croissance Taux dispersion Paramètre Sexe ratio Fécondité Survies Taux de croissance Taux dispersion Symbole σ 1:1	Taux de croissance Taux dispersion Paramètre Sexe ratio Fécondité Survies Taux de croissance Taux dispersion Symbole σ 1:1	Taux de croissance Taux dispersion Paramètre Sexe ratio Fécondité Survies Taux de croissance Taux dispersion Symbole σ 1:1	Taux de croissance Taux dispersion Paramètre Sexe ratio Fécondité Survies Taux de croissance Taux dispersion Symbole σ 1:1	Taux de croissance Taux dispersion Paramètre Sexe ratio Fécondité Survies Taux de croissance Taux dispersion Symbole σ 1:1
Valeur	1:1	15	0,19 0,5 0,45 0,45	Beverton-Holt	0,05	0,19 0,5 0,45 0,45	Beverton-Holt	Beverton-Holt	Beverton-Holt	Beverton-Holt	Beverton-Holt

Modélisation - Paramétrage



Paramètre	Sexe ratio	Fécondité	Survies	Taux de croissance	Taux dispersion
Symbole	σ	F			
Valeur	1:1	30	0,9 0,65 0,48	Beverton-Holt	0,05
Valeur	1:1	39,5	0,09 0,4 0,4	Beverton-Holt	0,1

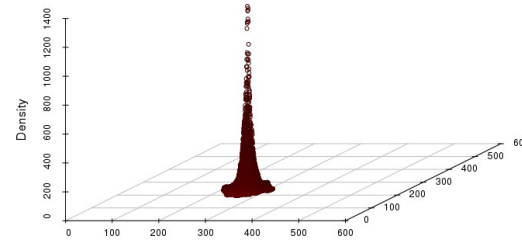
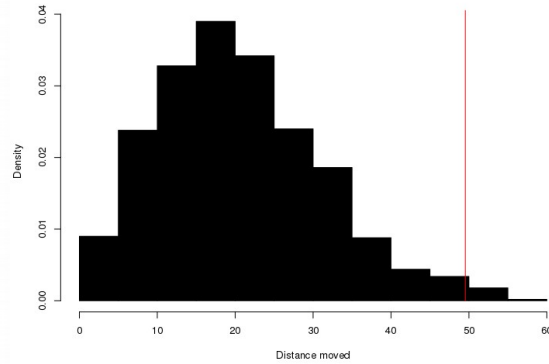
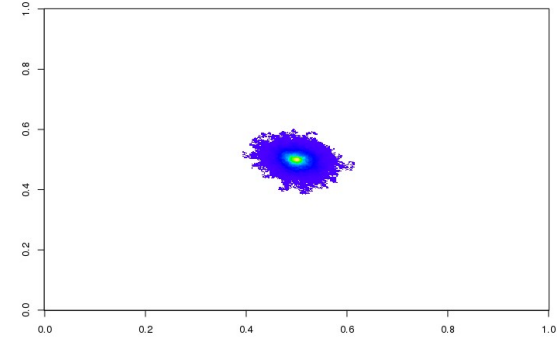
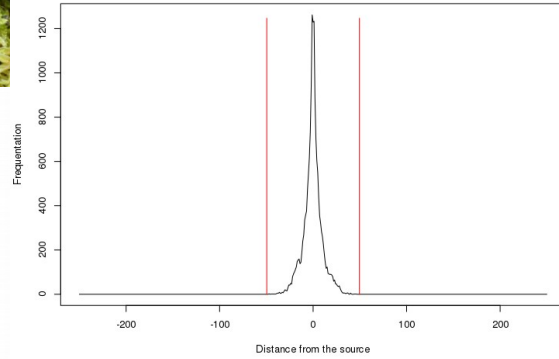
Modélisation - Paramétrage



50 indiv.ha⁻¹

Habitat	Code EUNIS	ph	cp (% , m)
<i>Habitats marins</i>			
Habitats marins	A		10 (-100%, -500 m)
<i>Habitats côtiers</i>			
Habitats côtiers	BI		4,24 (-20%, -100 m)
<i>Eaux de surface continentales</i>			
Eaux dormantes de surface	C1	X	7,75 (-50%, -250 m)
Eaux courantes de surface	C2		7,75 (-50%, -250 m)
Zones littorales des eaux de surface continentales	C3		1 (-0%, -0 m)
<i>Tourbières hautes et bas-marais</i>			
Tourbières hautes et bas-marais	D		2,71 (-10%, -50 m)
<i>Prairies ; terrains dominés par des herbacées non graminoides, des mousses ou des lichens</i>			
Prairies	E		1 (-0%, -0 m)
<i>Landes, fourrés et toundras</i>			
Landes, fourrés et toundras	F		1 (-0%, -0 m)
<i>Boisements, forêts et autres habitats boisés</i>			
Forêts de feuillus caducifoliés	G		1 (-0%, -0 m)
<i>Habitats continentaux sans végétation ou à végétation clairsemée</i>			
Habitats continentaux sans végétation,...	H		4,24 (-20%, -100 m)
<i>Habitats agricoles, horticoles et domestiques régulièrement ou récemment cultivés</i>			
Monocultures intensives	II.1		5,59 (-30%, -150 m)
Cultures mixtes (maraichers, horticultures)	II.2		4,24 (-20%, -100 m)
Monocultures extensives	II.3		4,24 (-20%, -100 m)
Cultures inondées ou inondables (rizières)	II.4		4,24 (-20%, -100 m)
Friches, jachères,...	II.5		1 (-0%, -0 m)
Zones cultivées des jardins et des parcs	I2		2,71 (-10%, -50 m)
<i>Zones bâties, sites industriels et autres habitats artificiels</i>			
Bâtiments des villes et des villages	J1		9,64 (-80%, -400 m)
Constructions à faible densité	J2		5,59 (-30%, -150 m)
Sites industriels d'extraction	J3		5,59 (-30%, -150 m)
Réseaux de transport...	J4		5,59 (-30%, -150 m)
Réseaux routiers : Autoroutes	J4.21		9,64 (-80%, -400 m)
Réseaux routiers : Routes secondaires	J4.22		5,59 (-30%, -150 m)
Réseaux routiers : Chemins	J4.23		2,71 (-10%, -50 m)
Réseaux ferroviaires : LGV	J4.31		4,24 (-20%, -100 m)
Réseaux ferroviaires : Lignes classiques	J4.32		4,24 (-20%, -100 m)
Plans d'eau construits très artificiels...	J5	X	7,75 (-50%, -250 m)
Dépôts de déchets	J6		5,59 (-30%, -150 m)

Modélisation – Dispersion



Espèce								
Espèce					5 km	4 km	1 km	48 m
D_{max}	5 km	4 km	1 km	48 m				
$N_{step_{max}}$	250000	113300	7079	17				
Espèce					250000	113300	7079	17
D_{max}	5 km	4 km	1 km	48 m				
$N_{step_{max}}$	250000	113300	7079	17				

Résultats

- 2 des modèles de recherches ne sont pas utilisables dans un cadre opérationnel de cette dimension (limitation techniques pour FunCon et MetaConnect)
- A l'exception des métriques produites par MetaConnect - SimOïko, aucune n'est mesurable directement sur le terrain.

Probabilité de Connectivité Flux (<i>FPC</i>)		
	Formule	Signification
Niveau local	$FPC_i = \frac{1}{A^2} \sum_{j=1}^n a_i^\beta a_j^\beta e^{-\alpha d_{ij}}$	Somme des produits de la capacité de la tâche focale avec toutes les autres tâches, pondérées par leur probabilité d'interaction, divisée par le carré de la surface de la zone d'étude.
Valeurs	Valeur minimale : 0 Valeur maximale : 1	
Commentaire	Pour chaque couple de tâches, le chemin du graphe utilisé est celui qui maximise $e^{-\alpha d}$, c'est-à-dire celui qui minimise la distance d (ou le coût) entre les tâches i et j . Cette métrique est simplement la contribution locale d'une tâche à l'indice <i>PC</i> , puisque $PC = \sum_i FPC_i$. Elle équivaut à $dPC_{flux} + dPC_{area}$ non divisé par la valeur globale du <i>PC</i> . Cependant la métrique <i>FPC</i> est obtenue plus rapidement car son calcul n'est pas fondé sur la suppression itérative des tâches (mode delta).	

		Signification
Niveau global	$ECS = \frac{1}{\sum_k ac_k} \sum_{k=1}^{nc} ac_k^2$	Pour le graphe entier : ?
Valeurs	Valeur minimale : capacité minimale (autant de composantes que de tâches et capacités uniformes) Valeur maximale : somme des capacités (1 seule composante)	
Référence	[O'Brien et al.(2006)]	

Réalisme des modèles

Légende

Zone d'étude

Zone d'étude

Infrastructures linéaires

■ A89

■ D6089

■ Réseau ferré

■ Réseau électrique

■ Réseau gazier

Observations d'Alytes

● Population A

● Population B

○ non assigné

Occupation du sol (EUNIS 1)

■ C - Eau de surface continentale

■ E - Prairies

■ F - Landes et fourrés

■ G - Boisements et forêts

■ I - Habitats agricoles

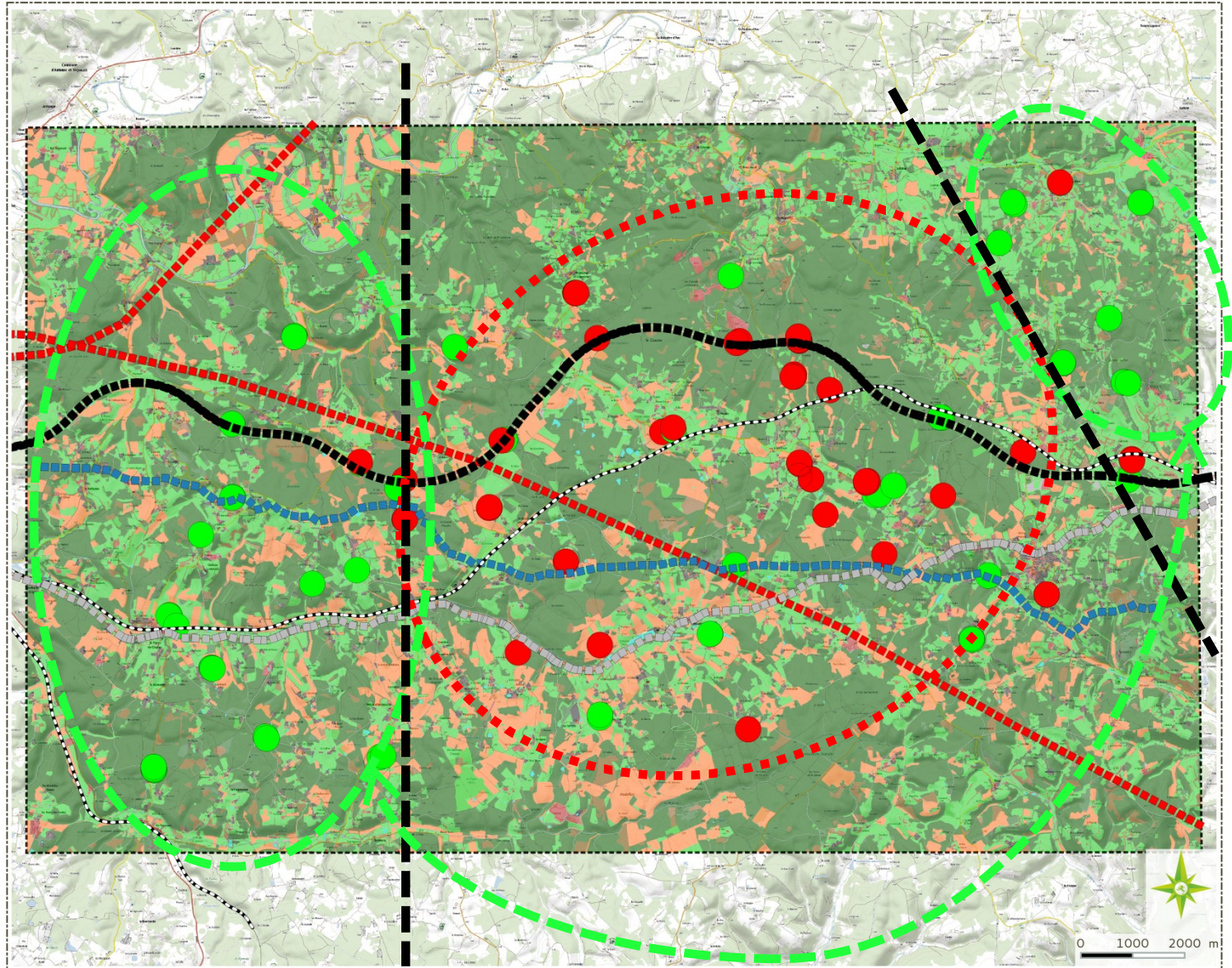
■ J - Zones bâties

■ X - Complexes d'habitats

Sources : IGN, TerrOiko



2017-10-10



Réalisme des modèles

Légende

Zone d'étude

Infrastructures linéaires

■ A89

■ D6089

— Réseau ferré

■ Réseau électrique

■ Réseau gazier

Résultats d'analyse

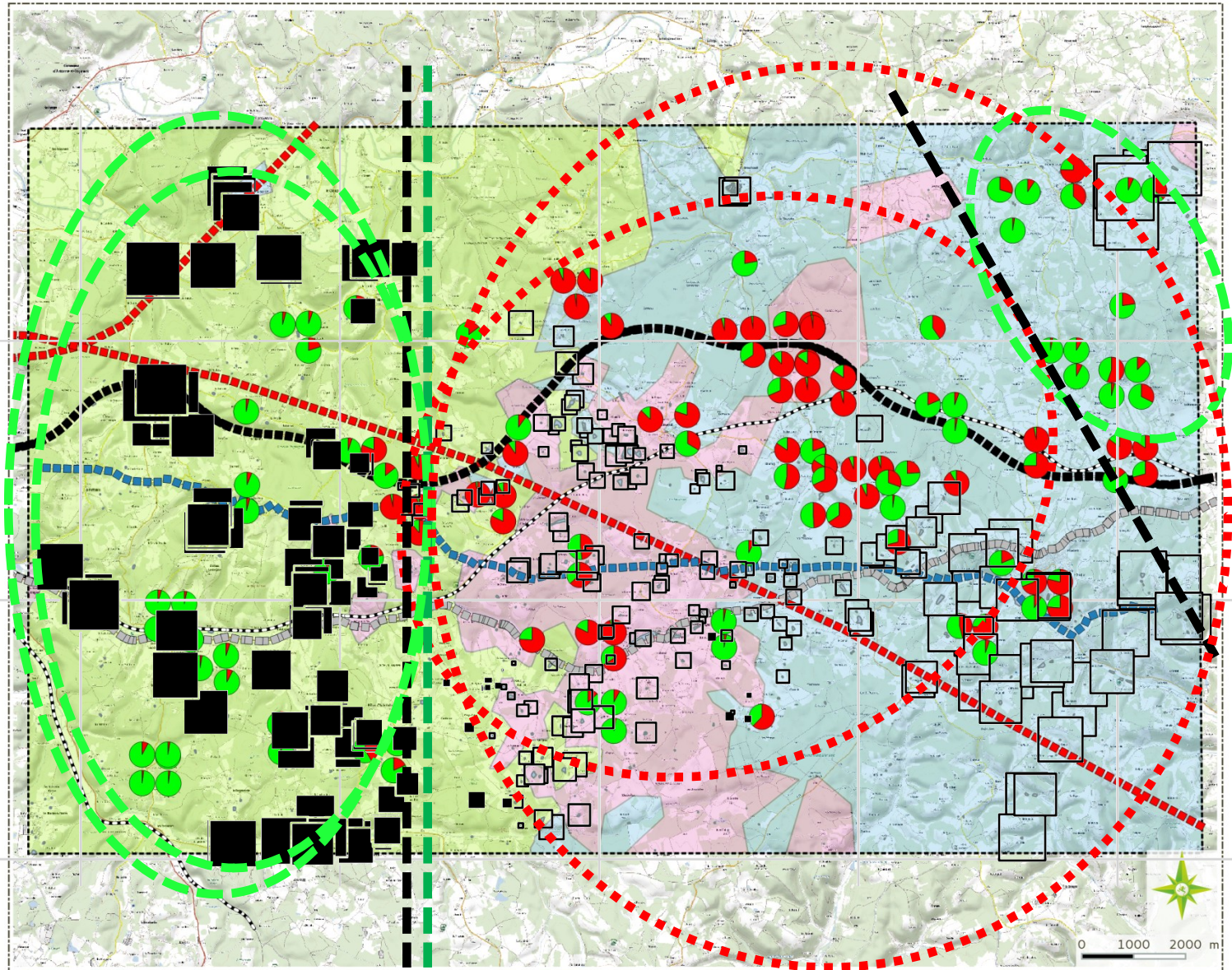
■ Habitat de l'espèce

— Chemins de déplacements

Structure génétique réelle

■ Population A

■ Population B



Sources : IGN, TerrOiko



2017-11-13

Modélisation - Différences de sorties

Légende

Zone d'étude

Zone d'étude

Infrastructures linéaires

A89

D6089

Réseau ferré

Réseau électrique

Réseau gazier

Observations d'Alytes

Population A

Population B

non assigné

Occupation du sol (EUNIS 1)

C - Eau de surface continentale

E - Prairies

F - Landes et fourrés

G - Boisements et forêts

I - Habitats agricoles

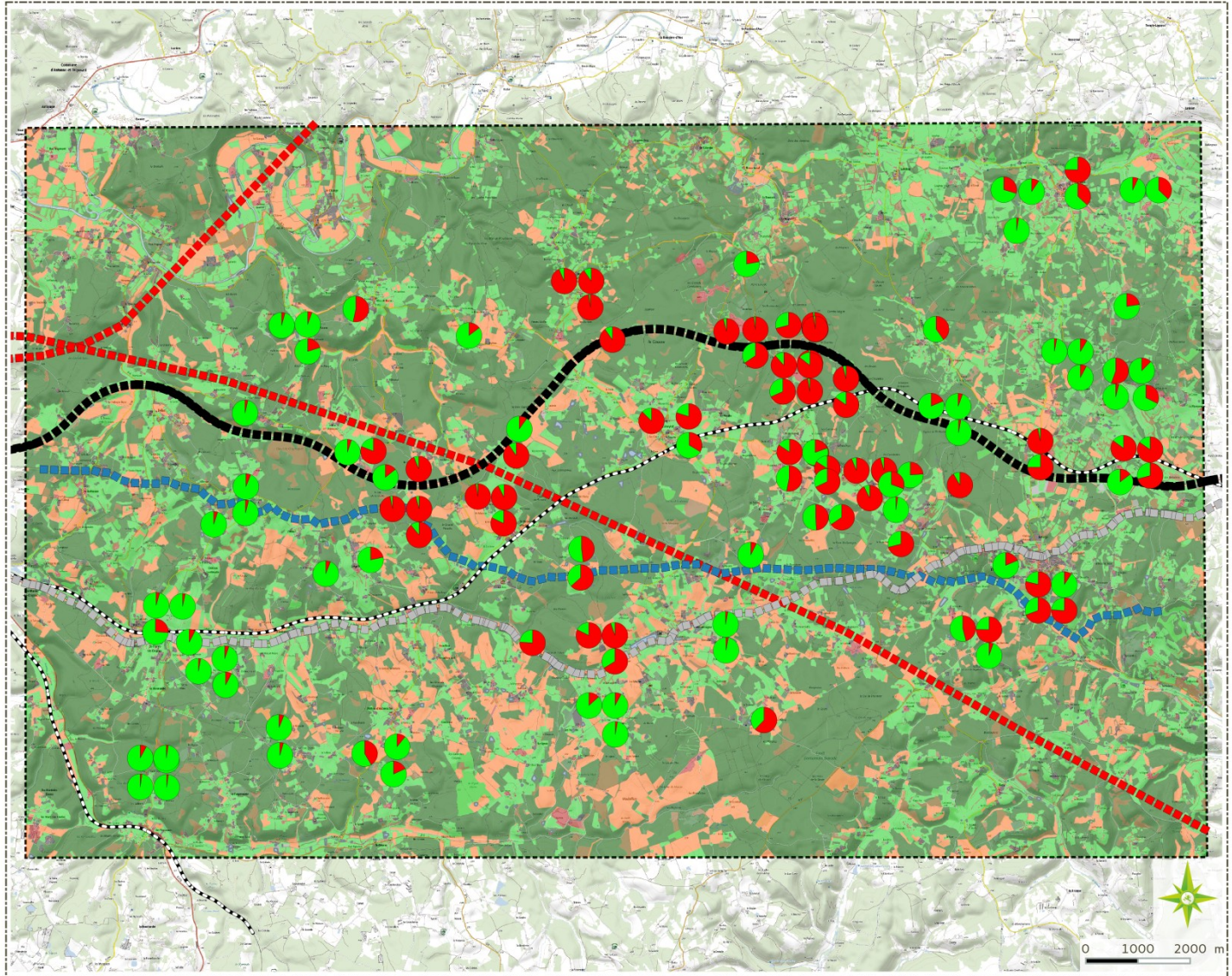
J - Zones bâties

X - Complexes d'habitats

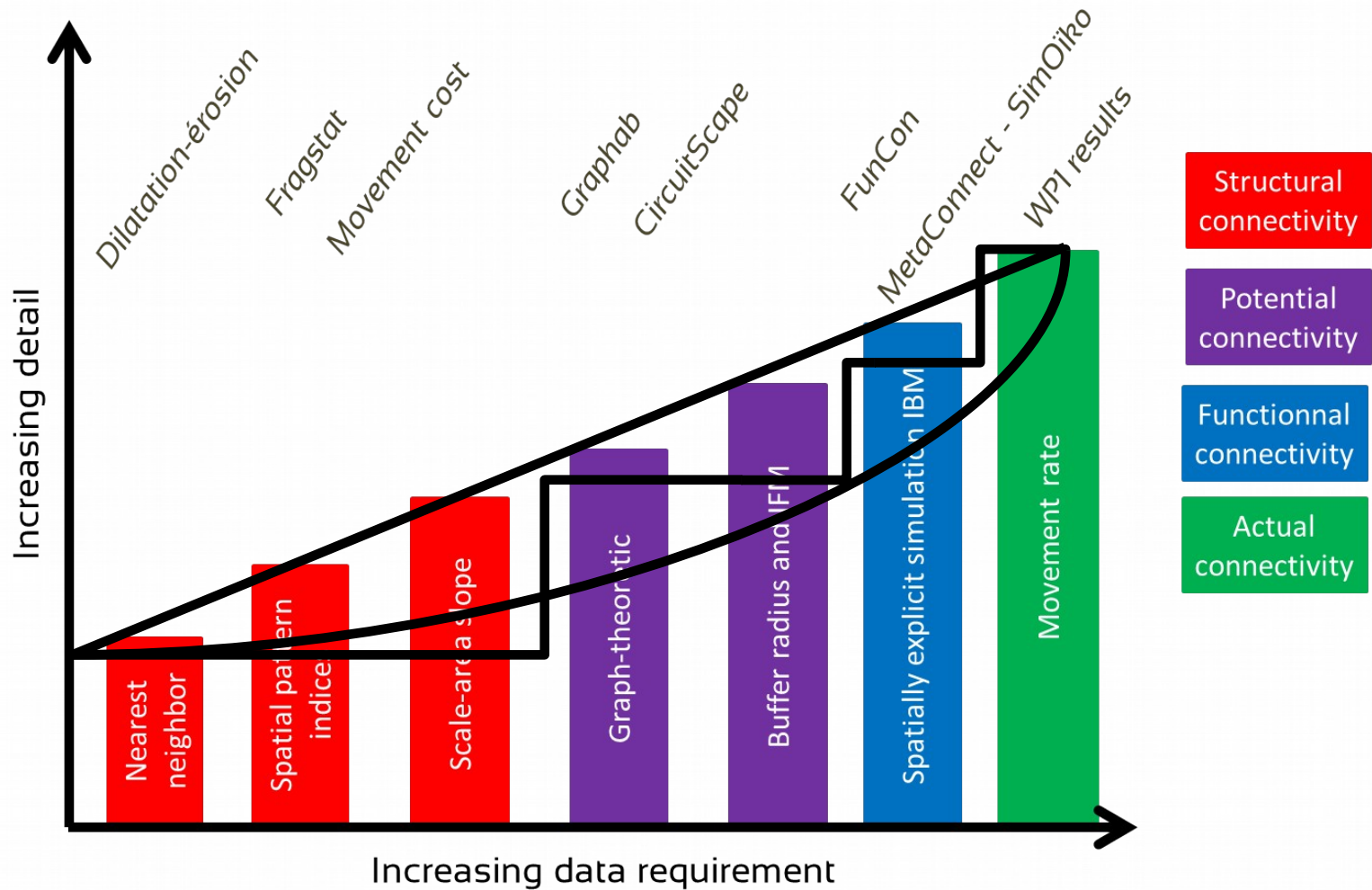
Sources : IGN, TerrOiko



2017-10-16



Complexité et réalisme

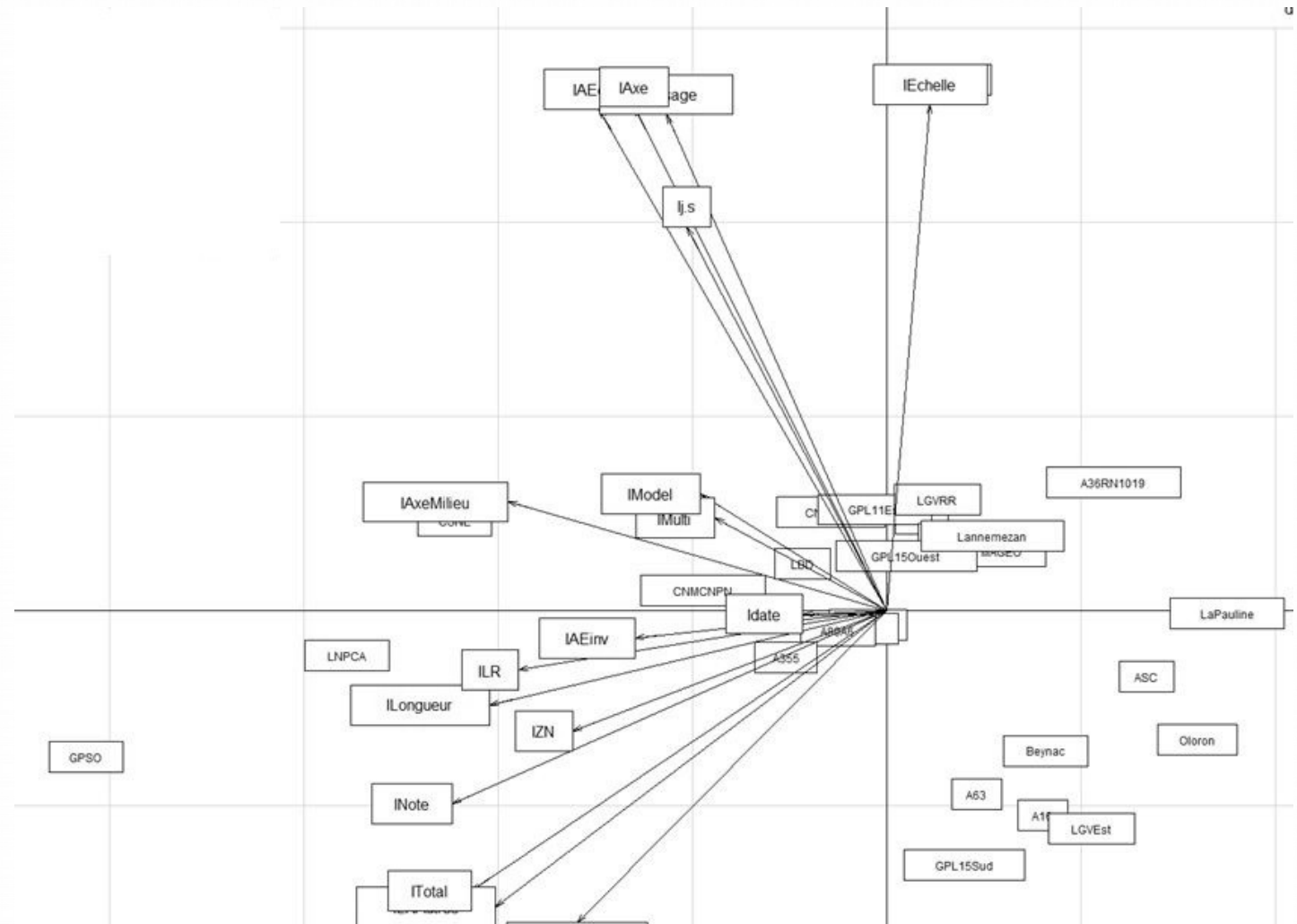


Etude socio-economique des pratiques

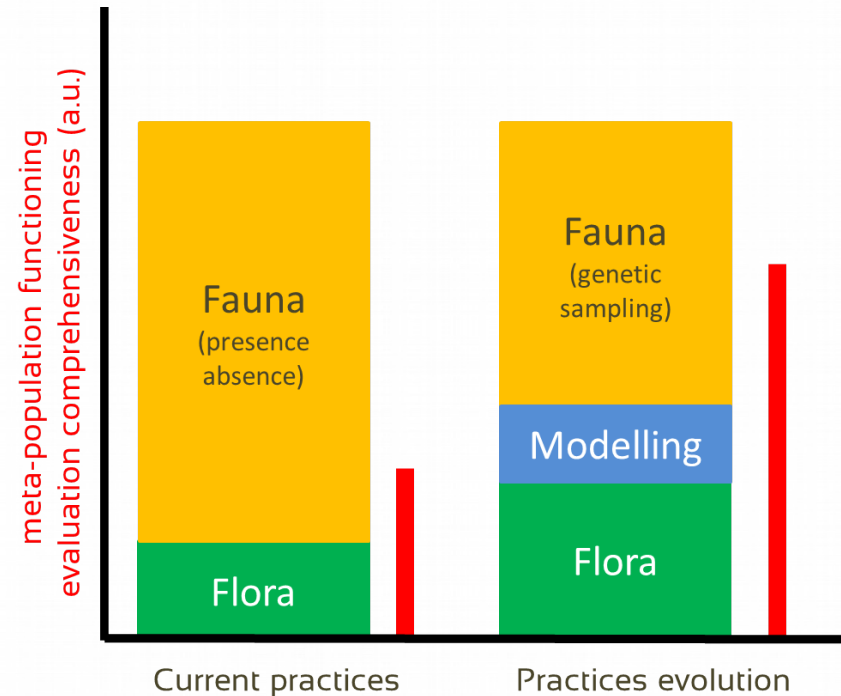
Double approche:

1- Etude empirique de 26 études fournies par le CIL&B

2- Etude des conditions de mise en œuvre de la modélisation



Préconisation pour l'action



Remerciements / Acknowledgements:

Project team: Murielle Richard, Jérémie Cornuau, Lucie Gendron, Catherine de Roince, Ole Berggreen

Internship: Emmanuelle Chevallier, Klervi Le Floch, Lorène Anouilh, Allison Mira, Eva Garcia, Alexandra Bideau, Aymeric Brissaud, Raphaël Roudier, Thimothée Langer, Elise Languille, Aurélia Dubois, Manon Guillau, Nicolas Macel, Damien Jacquet, Morgane Pujol, Perrine Etheimer

Post-docs and associated researchers: Jeff Arnoldi, Kirsten Henderson, Maddie Sanders, Virginie Stevens, Agathe Verzeni, Simon Blanchet

On the field: the 63 survey sites' owners, study area LTI's technical staffs, La Margoutie.

Valorisations / Dissemination:

Thesis : Jonathan Remon's defense planned for March 2018

Scientific papers: 1 submitted, 6 in preparation (landscape ecology, molecular ecology, herpetology, modelling, monitoring, ...)

Communications / poster: 5 in international events, 5 additional in national events. A CIRFE project dedicated seminar planned for early summer 2018

Popularization: 1 technical publication (*Espace Naturel* review), 1 general public seminar (6th Novembre 2017)

Other research projects collaborations: 5 national projects

Merci de votre attention

Plus d'informations sur le projet CIRFE sur <http://www.terroiko.fr/CIRFE.php>

Etude empirique des ILTe

Légende

Zone d'étude

□ Zone d'étude

Infrastructures linéaires

■ A89

■ D6089

⋯ Réseau ferré

■ Réseau électrique

■ Réseau gazier

Echantillonnage

Maniola jurtina

▲ Capture Marquage Recapture

▼ Génétique population centrée

▲ Génétique individu centrée

Alytes obstetricans

★ Capture Marquage Recapture

★ Génétique individu centrée

Abax parallelepipedus

● Génétique population centrée

● Génétique individu centrée

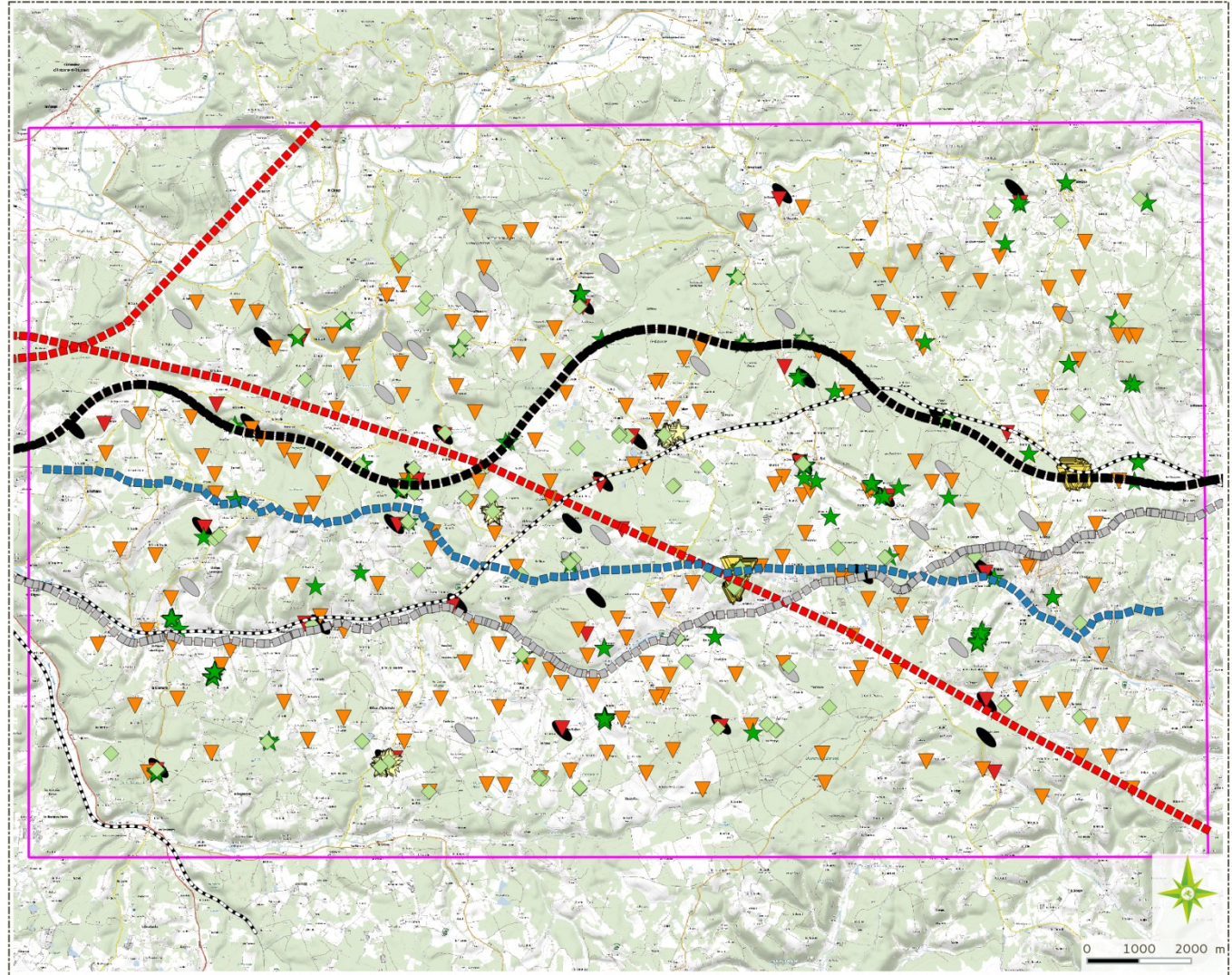
Natrix natrix

◆ Génétique individu centrée

Sources : IGN, TerrOiko

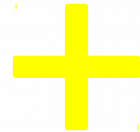
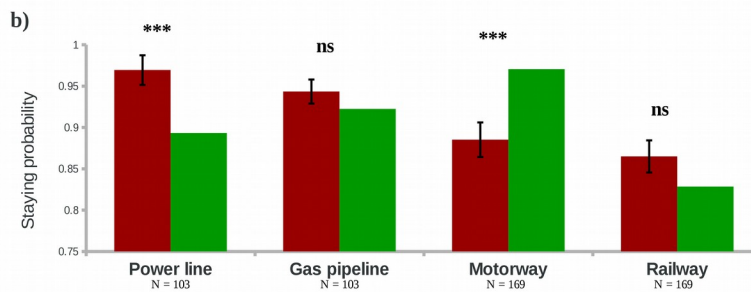
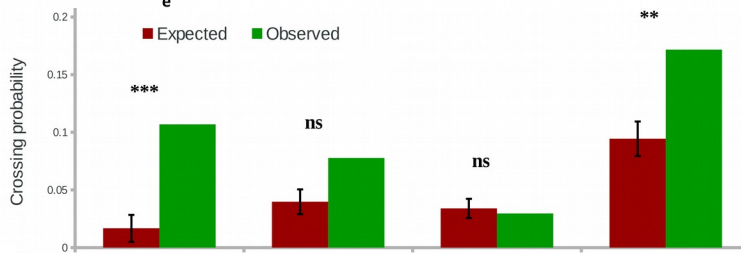
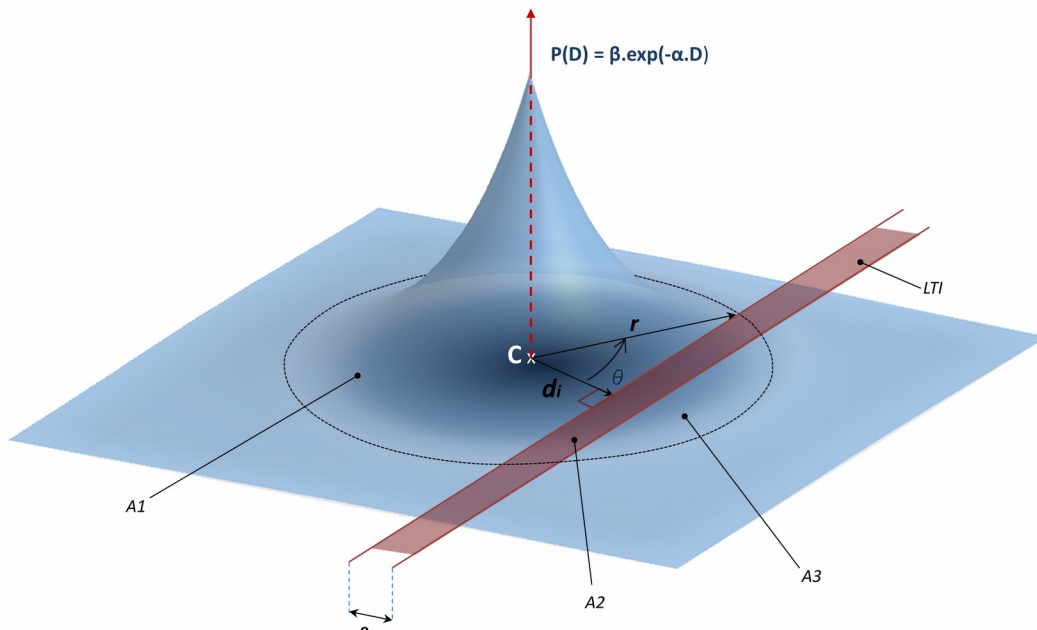


2017-08-24



Etude empirique des ILTe - CMR

Probability
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0



Etude empirique des ILTe - Génétique



∅

+

$p = 0.034$

∅

∅

∅

∅

∅

∅

∅

█
 $p = 0.031$

█
 $p = 0.01$

∅

∅

∅

∅

∅

∅

∅

∅

█
 $p = 0.01$

Etude empirique des ILIe - Génétique



$p = 0.029 ?$

∅

∅

∅



∅

∅

∅

∅



∅



$p = 0.014 ?$

∅

∅



∅

∅

∅

∅



∅



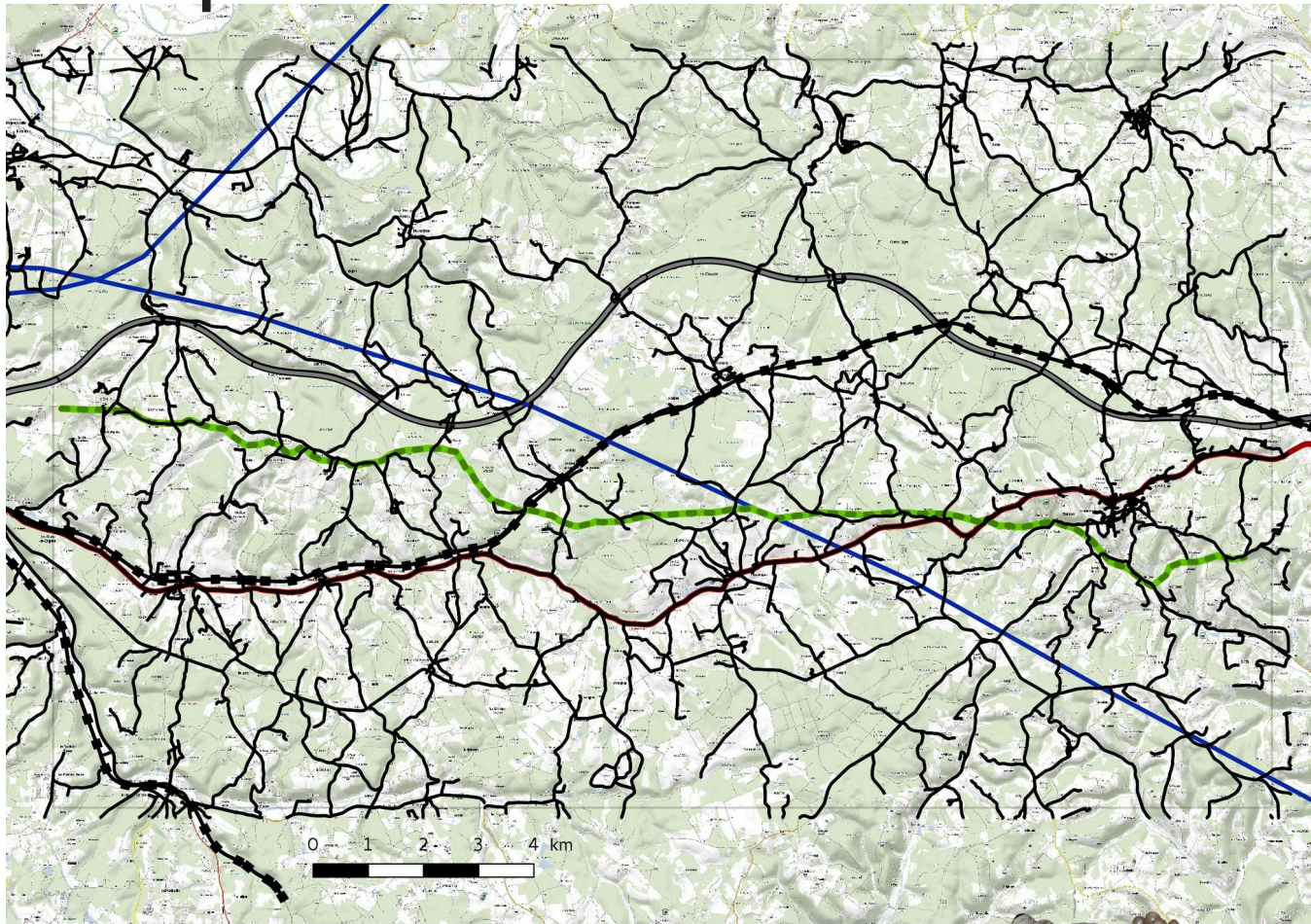
$p = 0.031$

∅



$p = 0.01$

Etude empirique des ILE - Génétique



$p = 0.024$

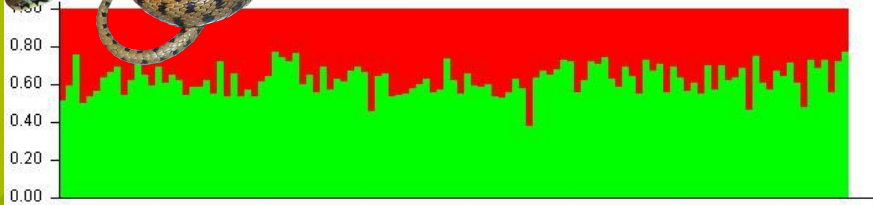
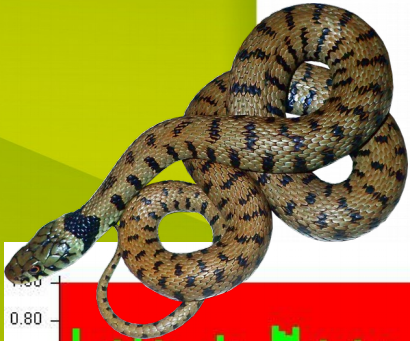


$p = 0.001$

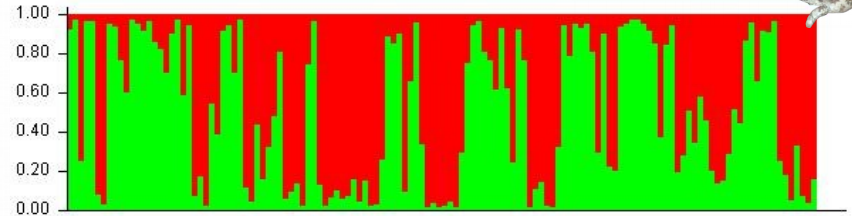


$p = 0.01$

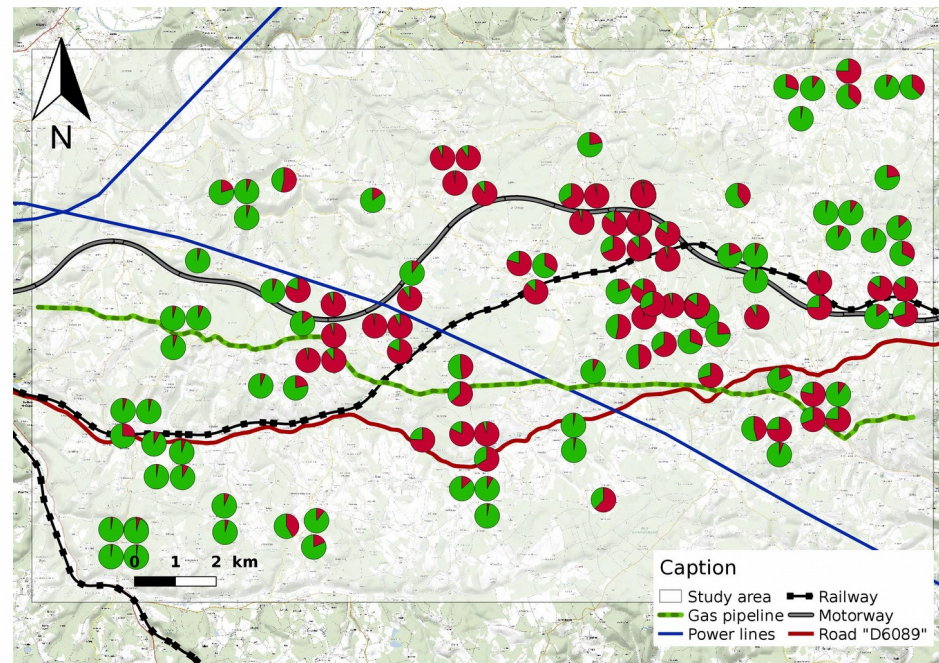
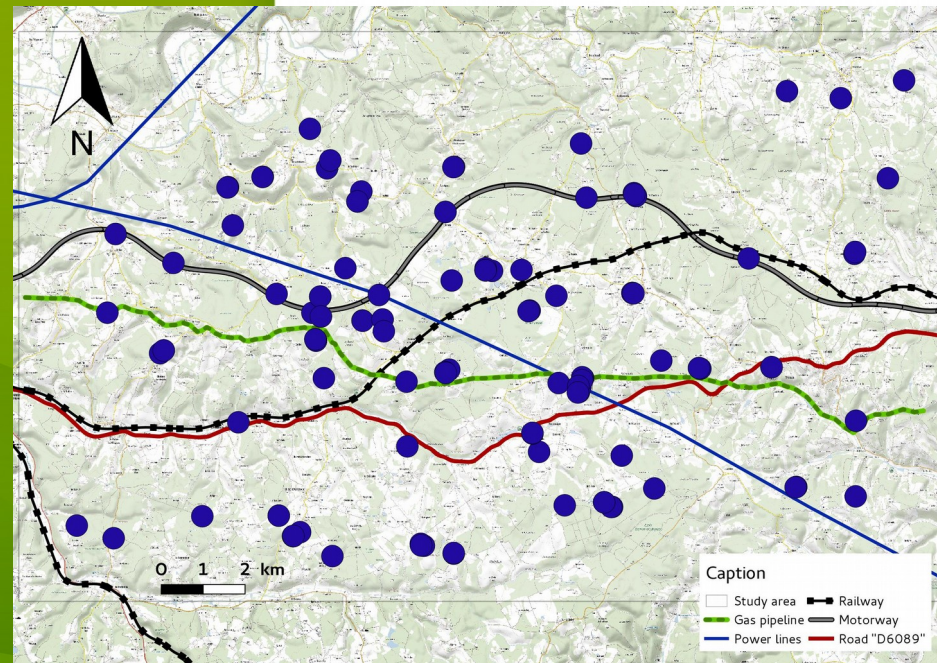
Genetic cluster



1 Cluster



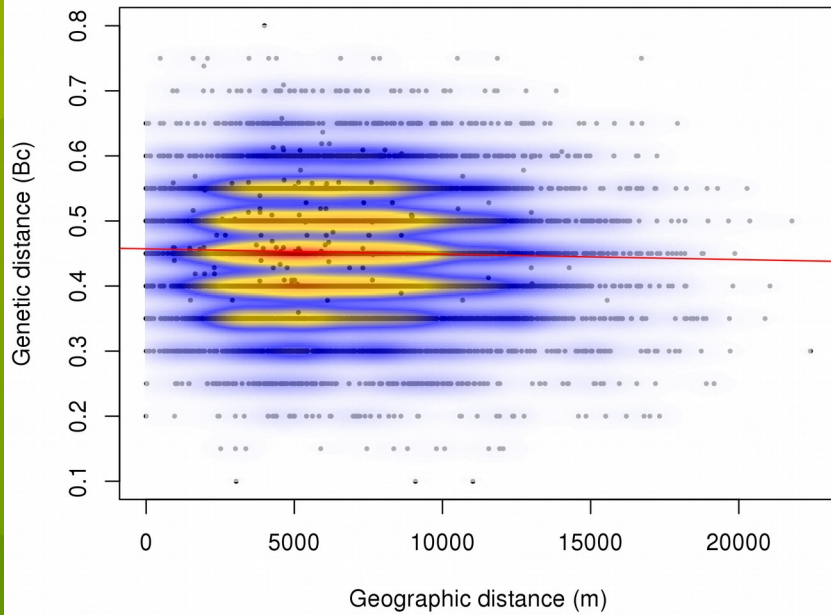
2 clusters



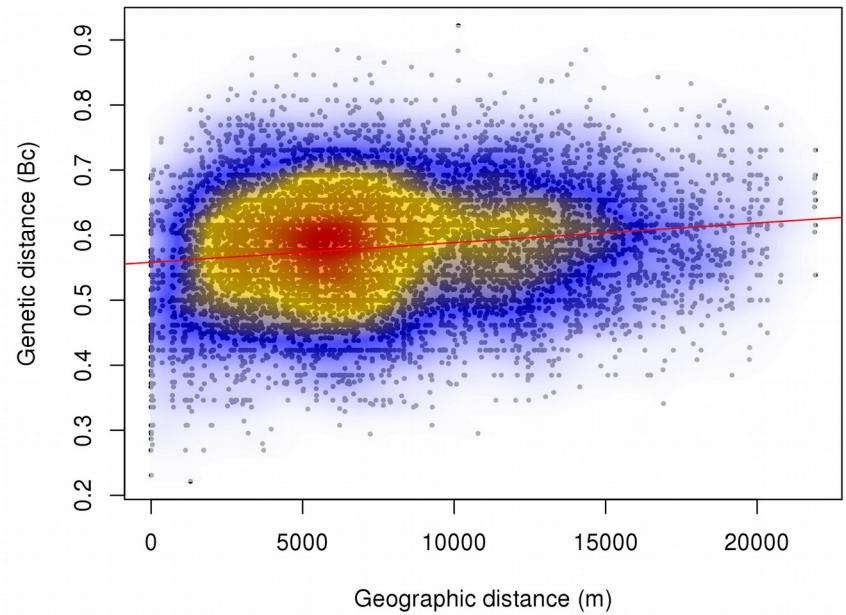
Isolation By Distance



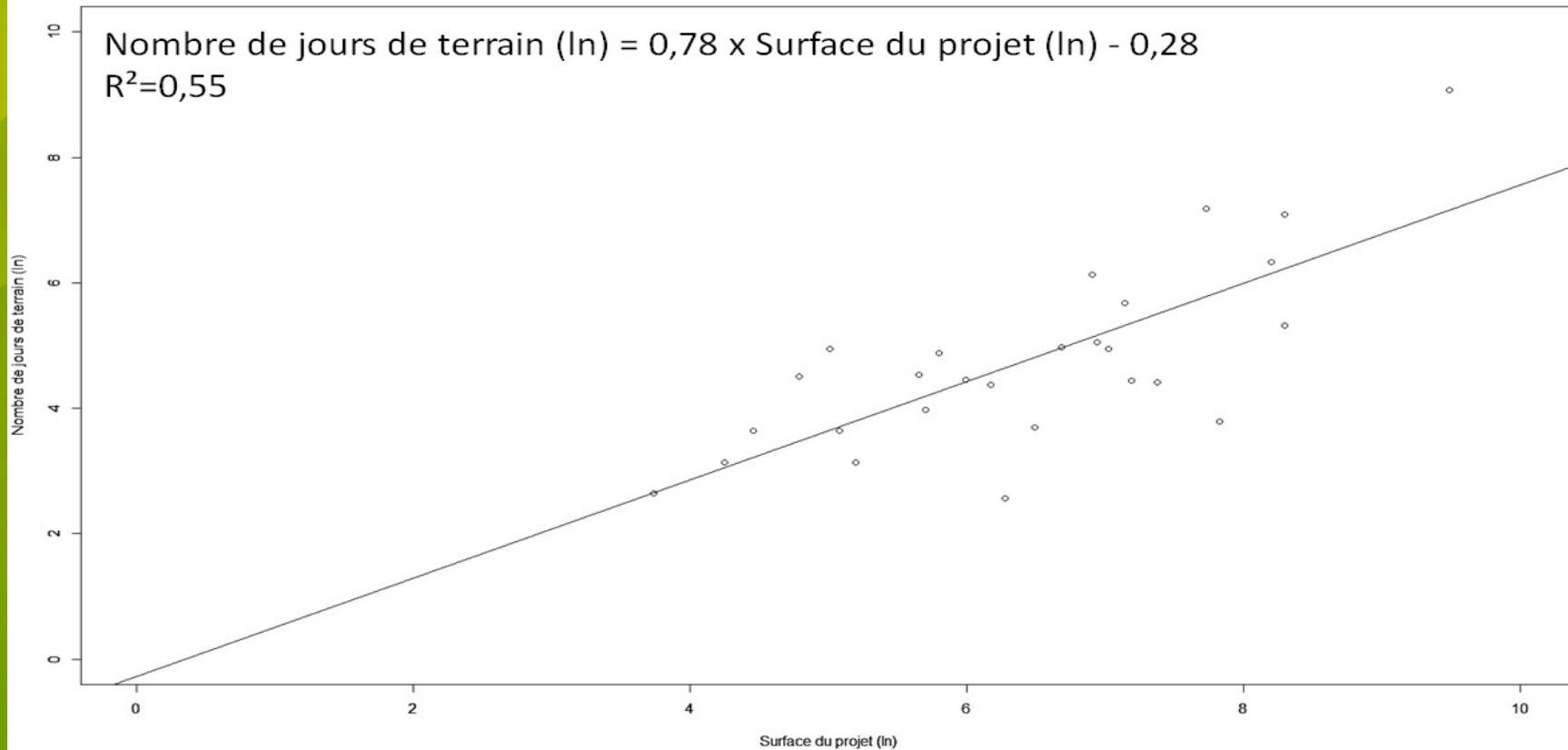
$p = 0.77$



$p = 0.001$



Etude empirique des études TVB

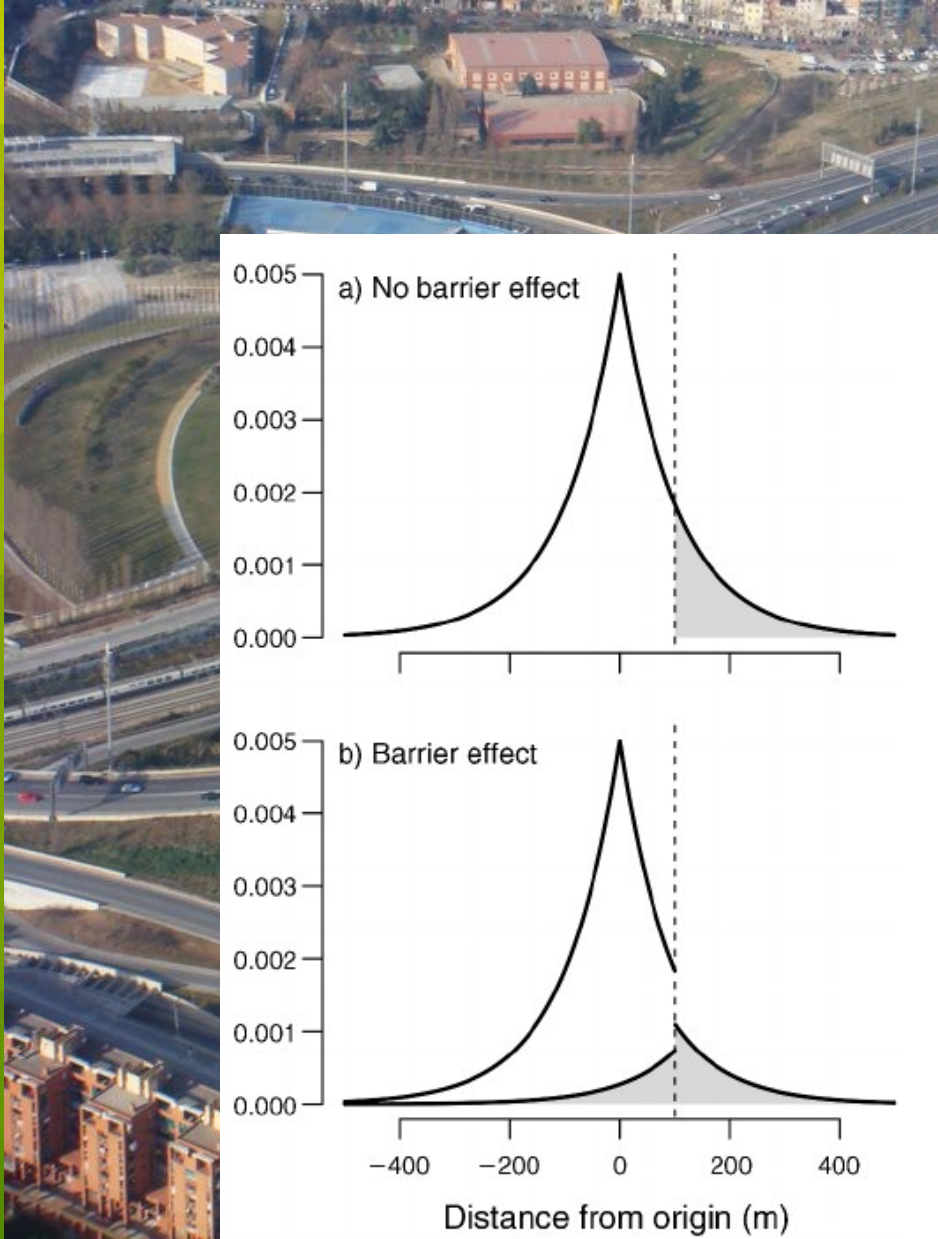


Etude empirique des études TVB

	Myrtil	Alyte	Coulevre	Féronie
Corine Land Cover Large	Compatible	Incompatible	Compatible	Compatible
Corine Land Cover 1	Incompatible	Incompatible	Compatible	Incompatible
EUNIS 1	Compatible	Incompatible	Compatible	Compatible
Corine Land Cover 2	Incompatible	Incompatible	Compatible	Incompatible
EUNIS 2	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Corine Land Cover Version Finale	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
EUNIS Version Finale	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible

	Coût total OS	Coût à l'ha
EUNIS 2	75 k€	3,05 €
Corine Land Cover Version Finale	80 k€	3,32 €
EUNIS Version Finale	80 k€	3,32 €

Outils de modélisation	MetaConnect-SimOïko	Circuitscape	Graphab	Coût-Déplacement	Fragstat	Dilatation-Erosion
Coût Configuration	425 €	280 €	280 €	280 €	185 €	95 €



Modélisation - Réalisme des modèles

Légende

Zone d'étude

Zone d'étude

Infrastructures linéaires

■ A89

■ D6089

— Réseau ferré

— Réseau électrique

— Réseau gazier

Observations d'Alytes

● Population A

● Population B

○ non assigné

Occupation du sol (EUNIS 1)

■ C - Eau de surface continentale

■ E - Prairies

■ F - Landes et fourrés

■ G - Boisements et forêts

■ I - Habitats agricoles

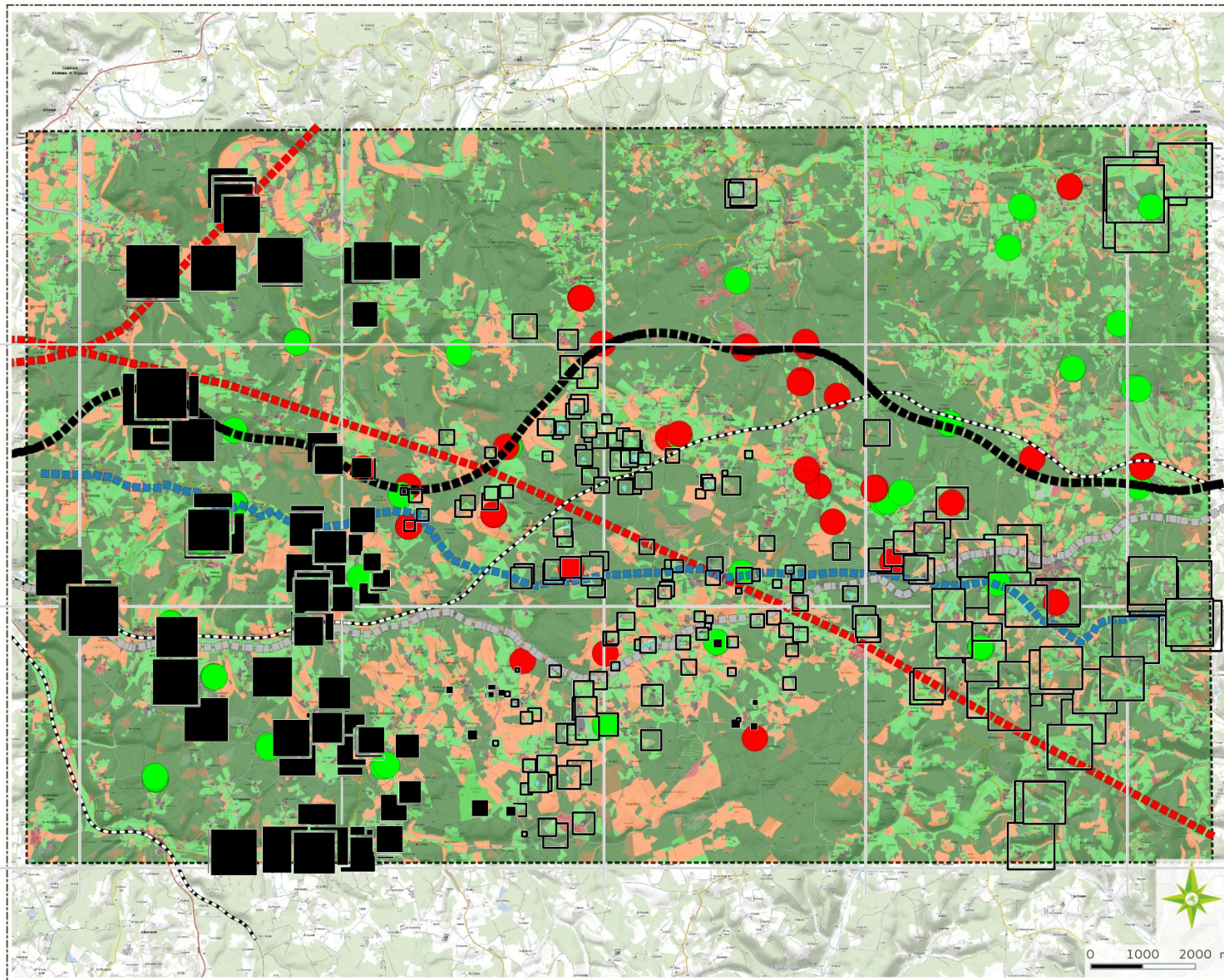
■ J - Zones bâties

■ X - Complexes d'habitats

Sources : IGN, TerrOiko



2017-10-10



Modélisation - Réalisme des modèles

Légende

Zone d'étude

 Zone d'étude

Infrastructures linéaires

 A89

 D6089

 Réseau ferré

 Réseau électrique

 Réseau gazier


Observations d'Alytes

 Population A

 Population B

 non assigné

Occupation du sol (EUNIS 1)

 C - Eau de surface continentale

 E - Prairies

 F - Landes et fourrés

 G - Boisements et forêts

 I - Habitats agricoles

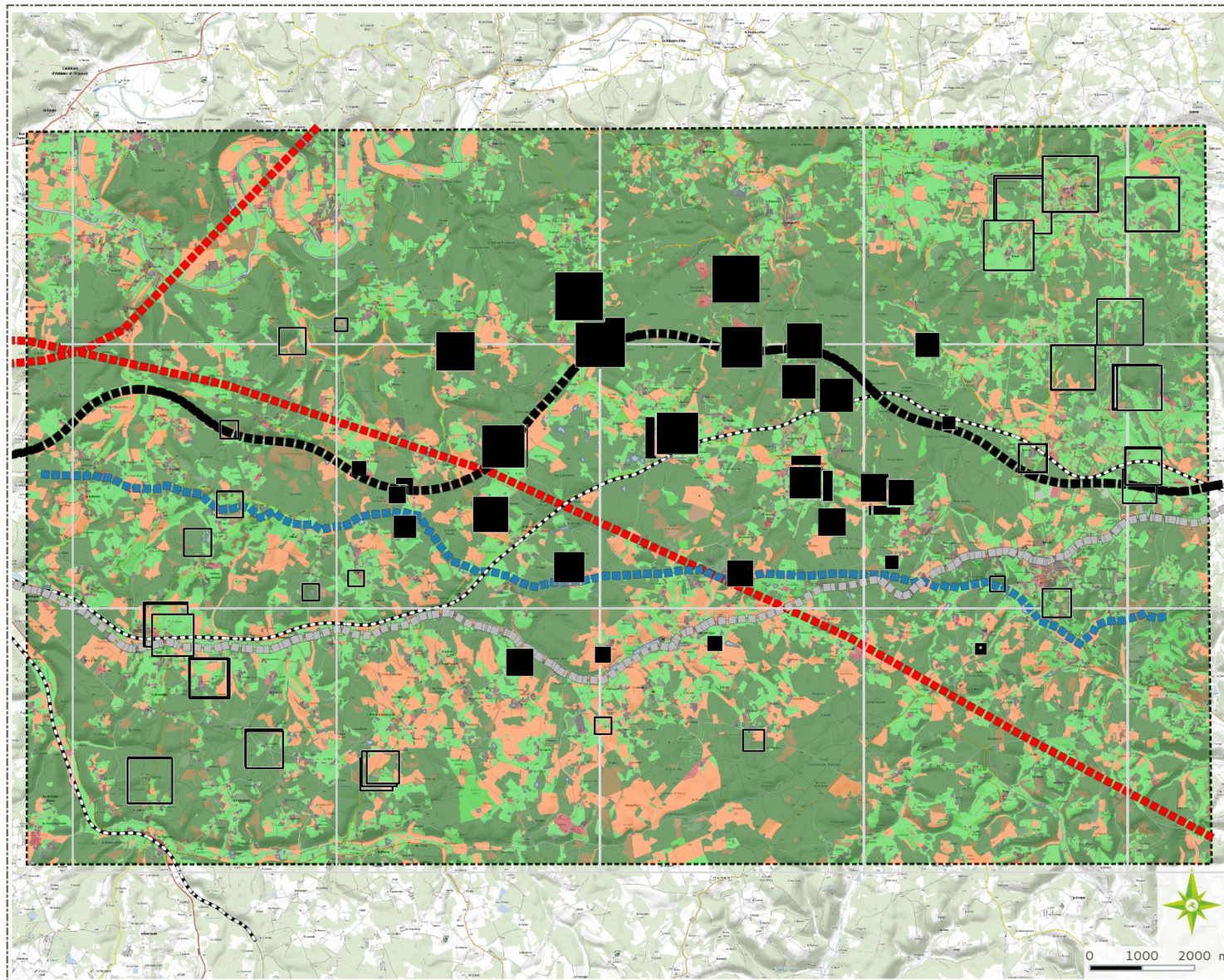
 J - Zones bâties

 X - Complexes d'habitats

Sources : IGN, TerrOïko



2017-10-16



Modélisation - Réalisme des modèles

Légende

Zone d'étude

 Zone d'étude

Infrastructures linéaires

 A89

 D6089

 Réseau ferré

 Réseau électrique

 Réseau gazier


Observations d'Alytes

 Population A

 Population B

 non assigné

Occupation du sol (EUNIS 1)

 C - Eau de surface continentale

 E - Prairies

 F - Landes et fourrés

 G - Boisements et forêts

 I - Habitats agricoles

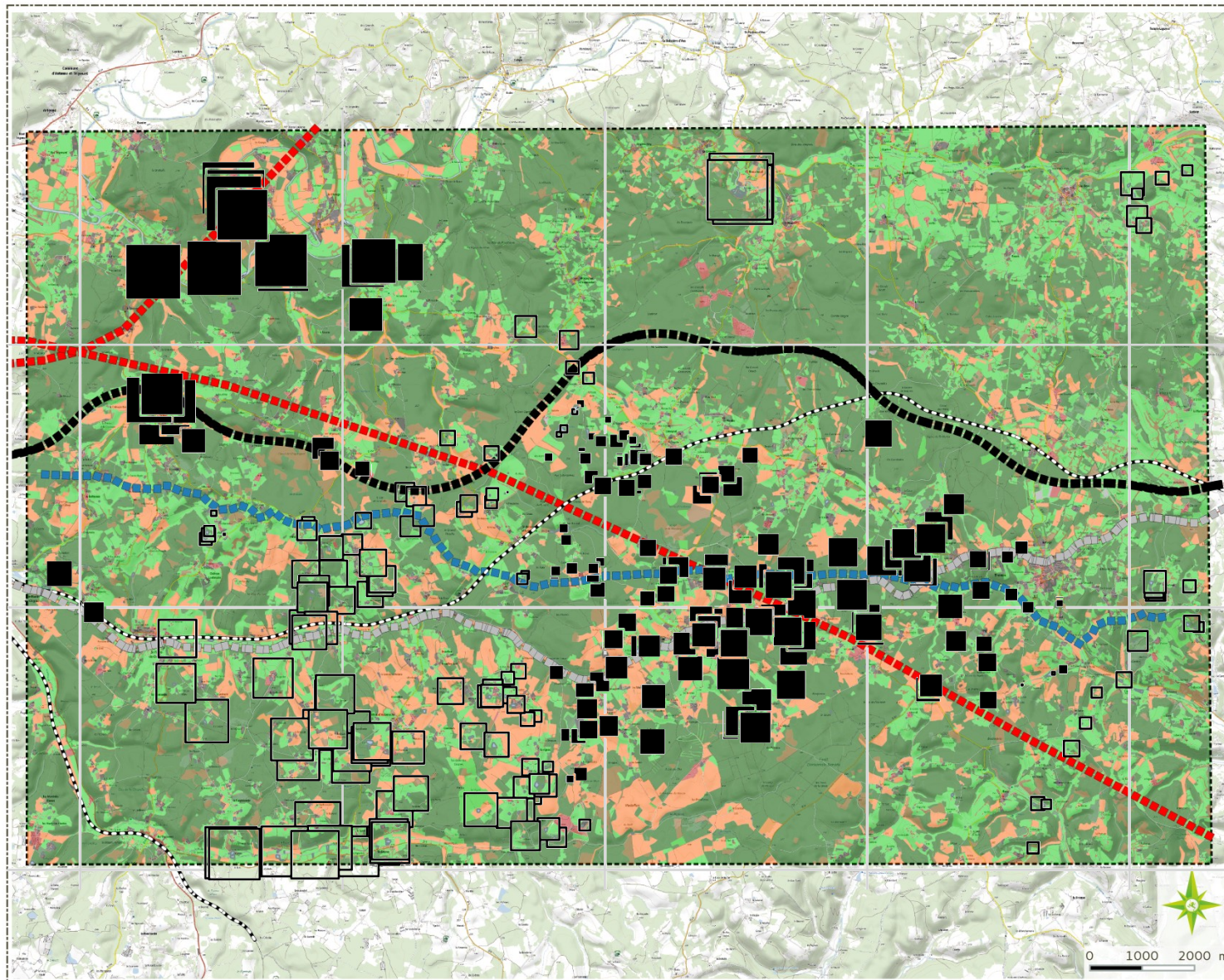
 J - Zones bâties

 X - Complexes d'habitats

Sources : IGN, TerrOiko



2017-10-16



Modélisation - Réalisme des modèles

Légende

Zone d'étude

 Zone d'étude

Infrastructures linéaires

 A89

 D6089

 Réseau ferré

 Réseau électrique

 Réseau gazier


Observations d'Alytes

 Population A

 Population B

 non assigné

Occupation du sol (EUNIS 1)

 C - Eau de surface continentale

 E - Prairies

 F - Landes et fourrés

 G - Boisements et forêts

 I - Habitats agricoles

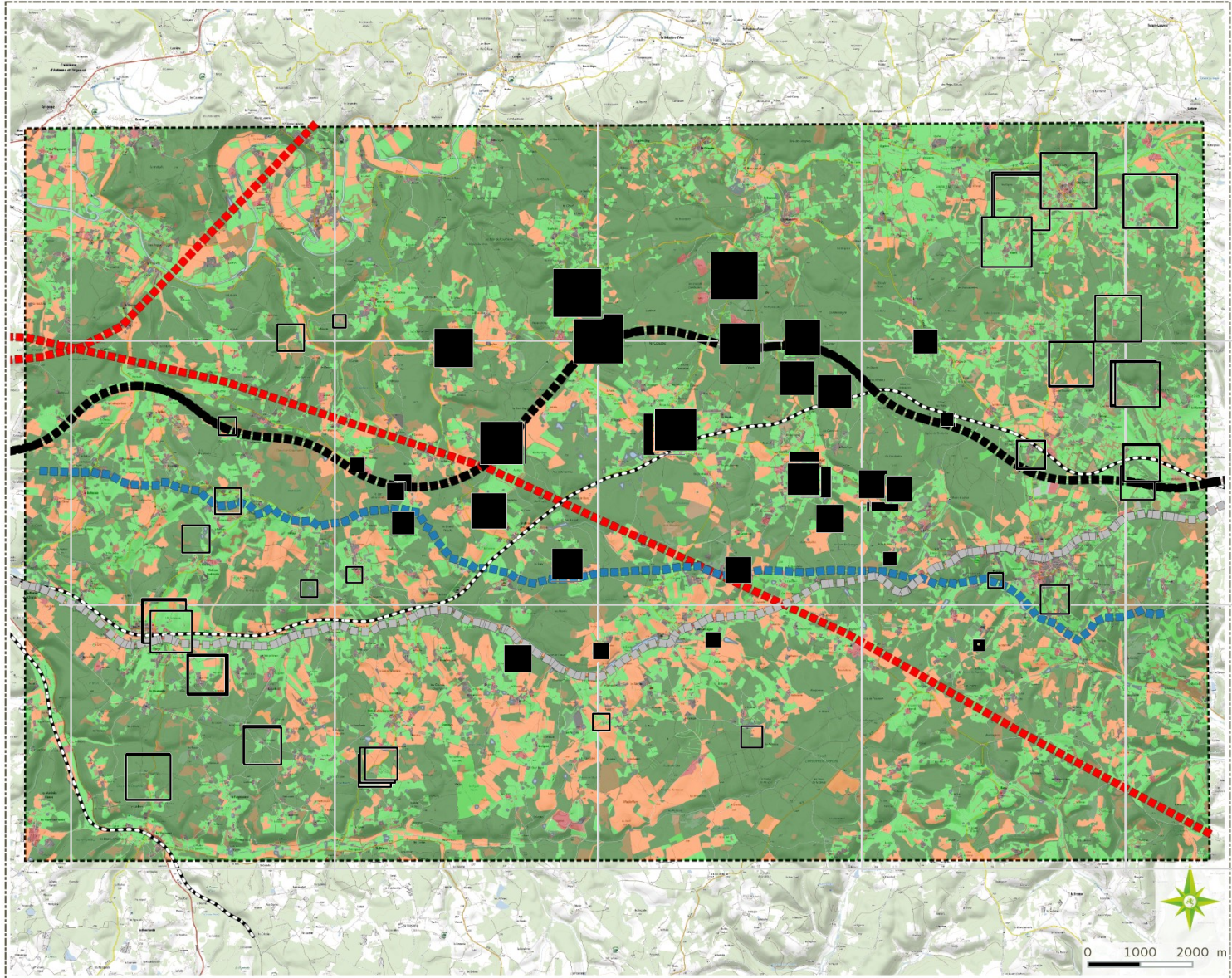
 J - Zones bâties

 X - Complexes d'habitats

Sources : IGN, TerrOiko



2017-10-16



Modélisation - Réalisme des modèles

Légende

Zone d'étude

☐ Zone d'étude

Infrastructures linéaires

▬ A89

▬ D6089

▬ Réseau ferré

▬ Réseau électrique

▬ Réseau gazier

Observations d'Alytes

● Population A

● Population B

○ non assigné

Occupation du sol (EUNIS 1)

■ C - Eau de surface continentale

■ E - Prairies

■ F - Landes et fourrés

■ G - Boisements et forêts

■ I - Habitats agricoles

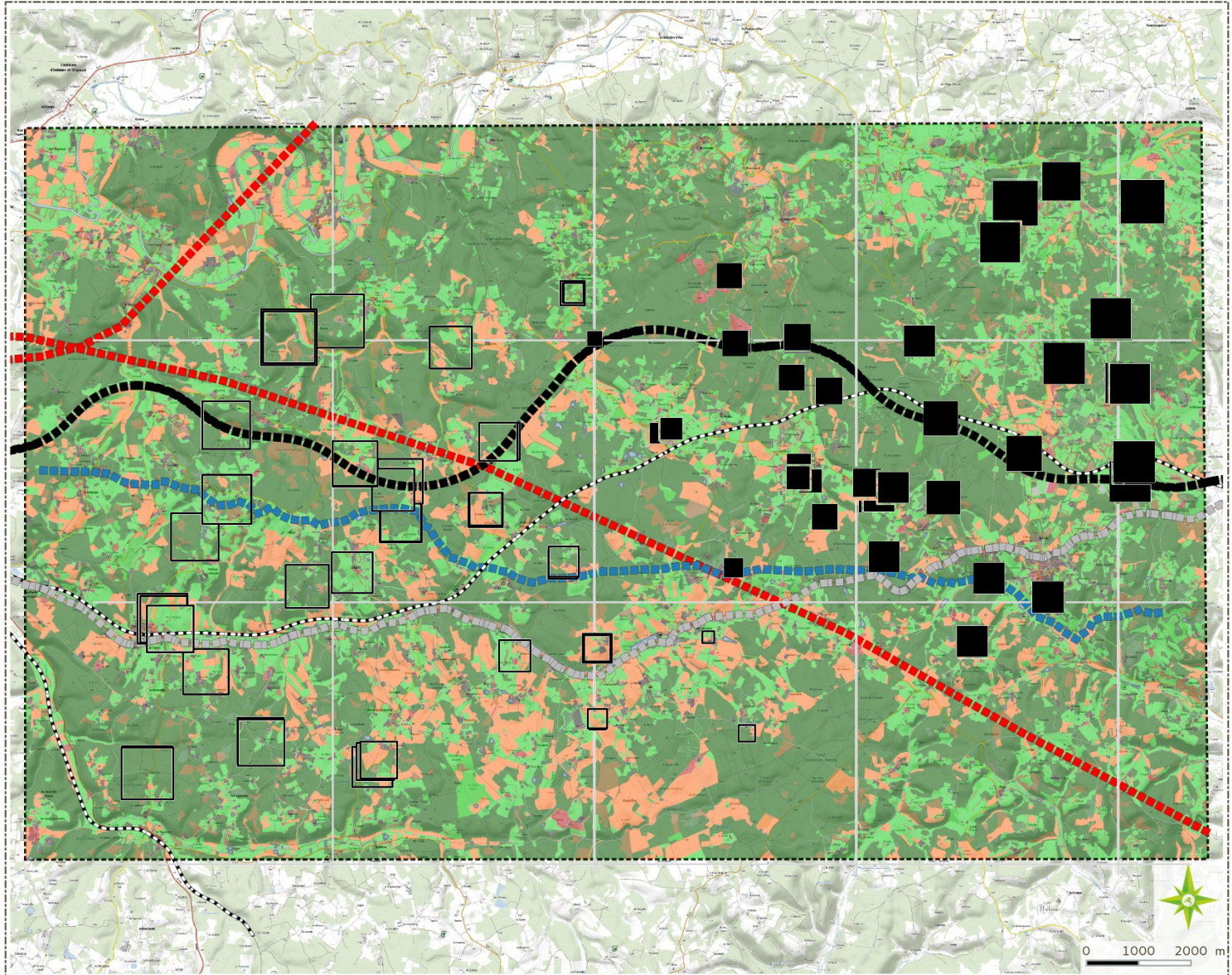
■ J - Zones bâties

■ X - Complexes d'habitats

Sources : IGN, TerrOiko



2017-10-16



Modélisation - Analyse de sensibilité

Légende

Zone d'étude

Zone d'étude

Infrastructures linéaires

A89

D6089

Réseau ferré

Réseau électrique

Réseau gazier

Résultats de simulation

Habitat de l'espèce

Accessibilité (5x5m)

Très forte

Forte

Moyenne

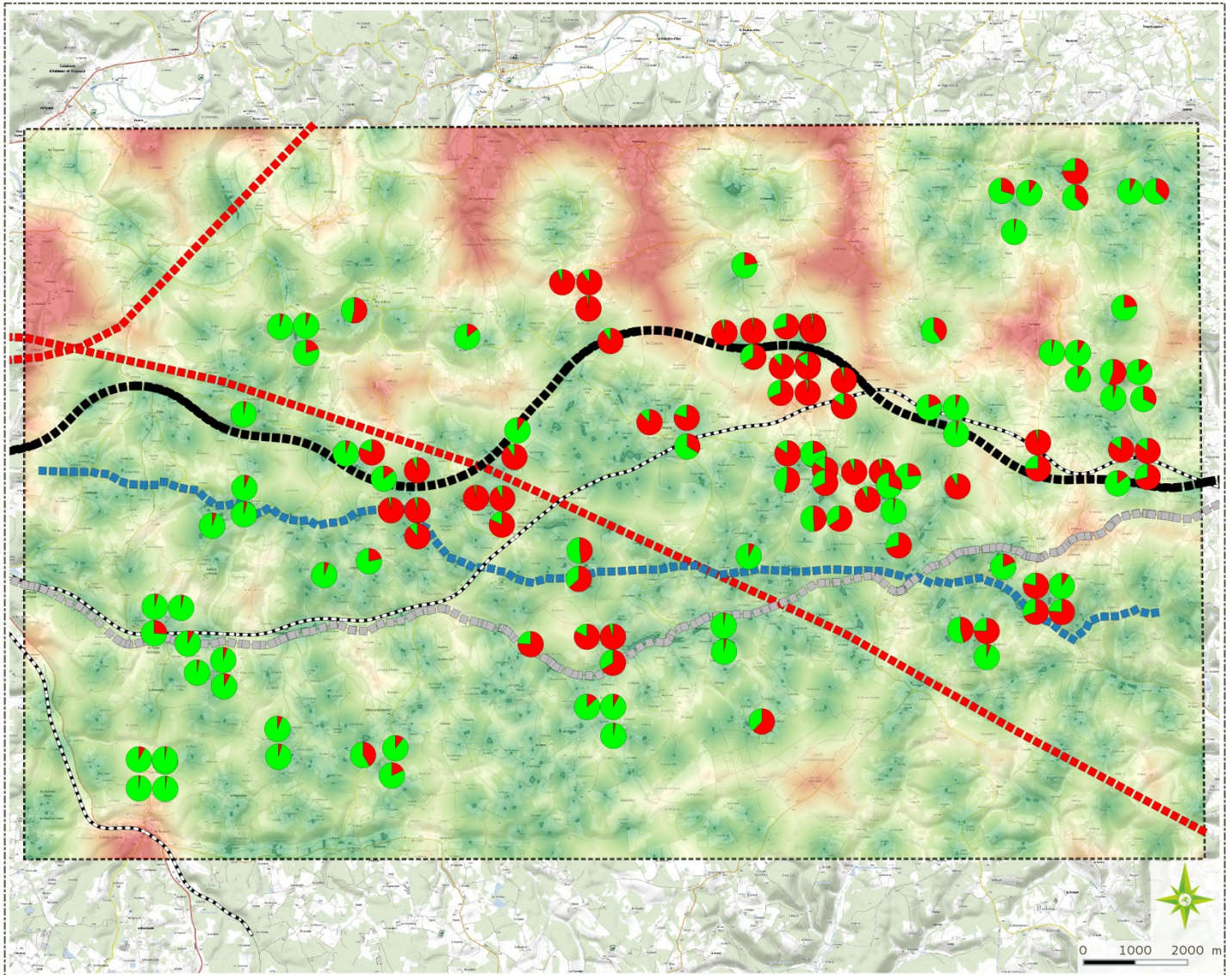
Faible

Très faible

Structure génétique réelle

Population A

Population B



2017-10-16

