

De la modélisation à la communication : évaluer l'impact écologique d'un projet autoroutier pour débattre entre scientifiques, aménageurs et grand public

*Quatorzièmes rencontres de ThéoQuant - Besançon
7 février 2019*

Marc Bourgeois¹, Yohan Sahraoui², Judicaëlle Dietrich¹

¹Université Lyon 3 Jean Moulin
UMR 5600 Environnement Ville Société (EVS)

²Université de Bordeaux
LabEx COTE, Chaire d'Écologie Théorique et Intégrative

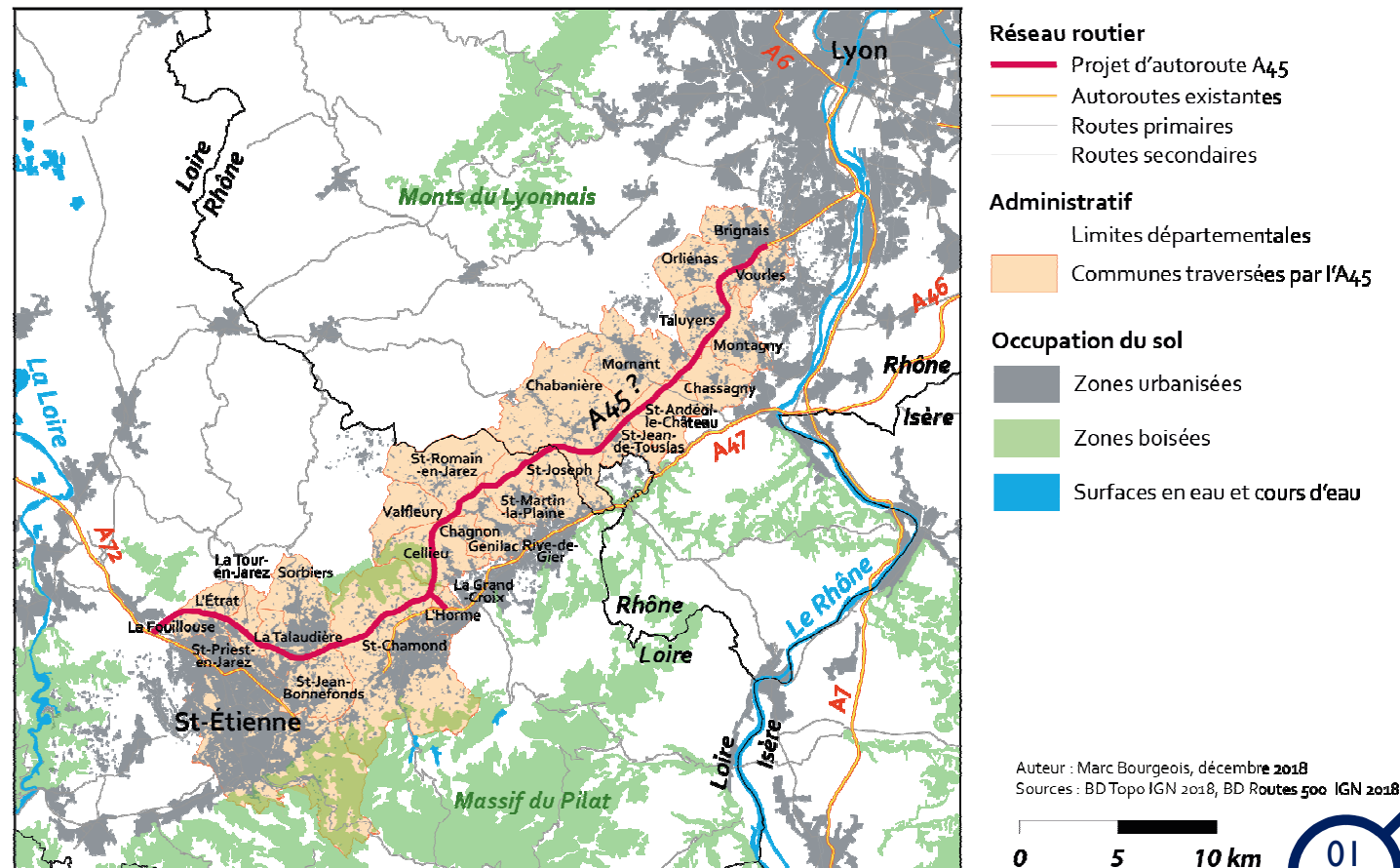
marc.bourgeois@univ-lyon3.fr



Introduction

Contexte de la recherche

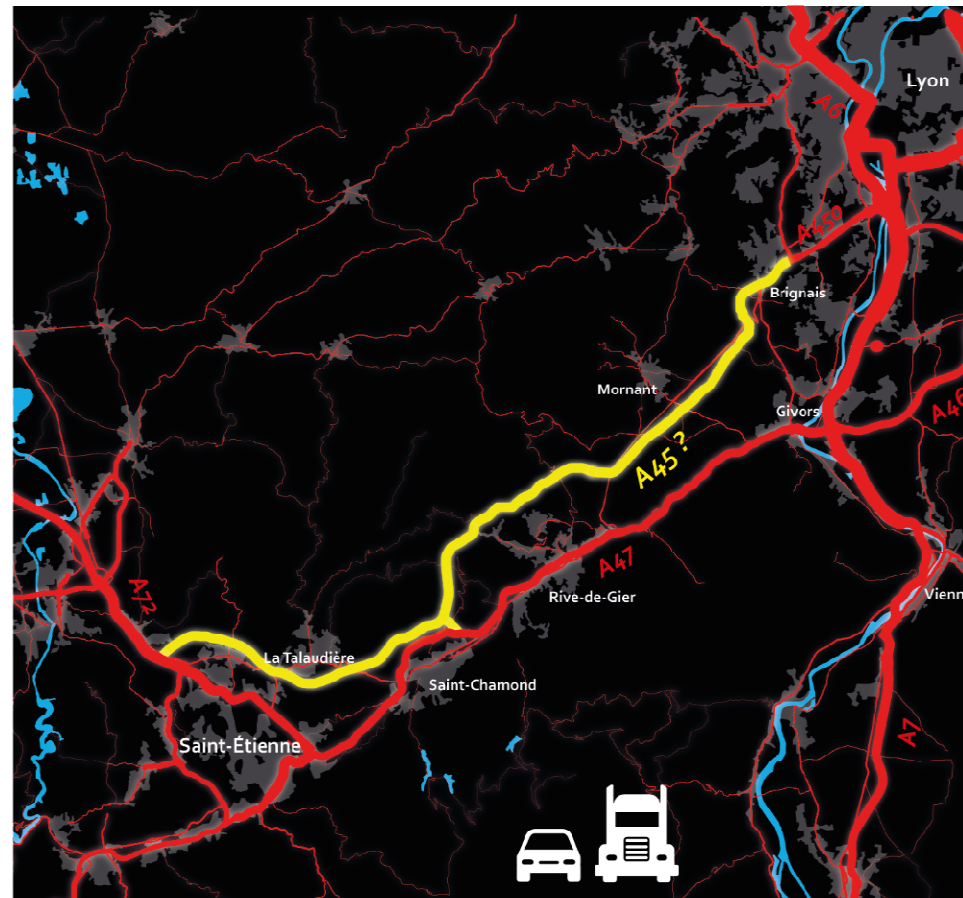
- Projet A45 : relier les métropoles de Lyon et Saint-Étienne pour favoriser les échanges entre les deux villes
- 48 km, 3 à 5 échangeurs, 4 tunnels et 11 viaducs
- 25 communes traversées
- « Doublage » de l'autoroute A47 existante



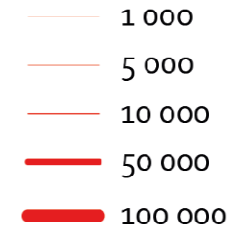
Introduction

- Triangle Lyon-Vienne-Saint-Étienne : un espace à forte densité de trafic routier
- Saturation de l'A47 et de l'A7
- A45 : meilleure répartition du trafic sur la zone ?
- Fin des bouchons ?

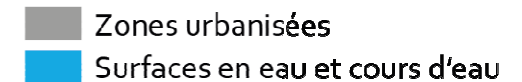
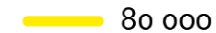
Contexte de la recherche



Trafic routier en nombre de véhicules par jour hors zones intra-urbaines



Trafic estimé sur l'A45 en nombre de véhicules / jour*



* Source : Conseil Général de l'Environnement et du Développement durable, sur la base d'un trafic estimé à 78 700 véhicules/jour sur l'A45, étude de 2011



Introduction

Contexte de la recherche

■ Un projet « serpent de mer »

Estimation financière du projet

Un coût estimé entre 1,2 et 1,8 milliard d'euros

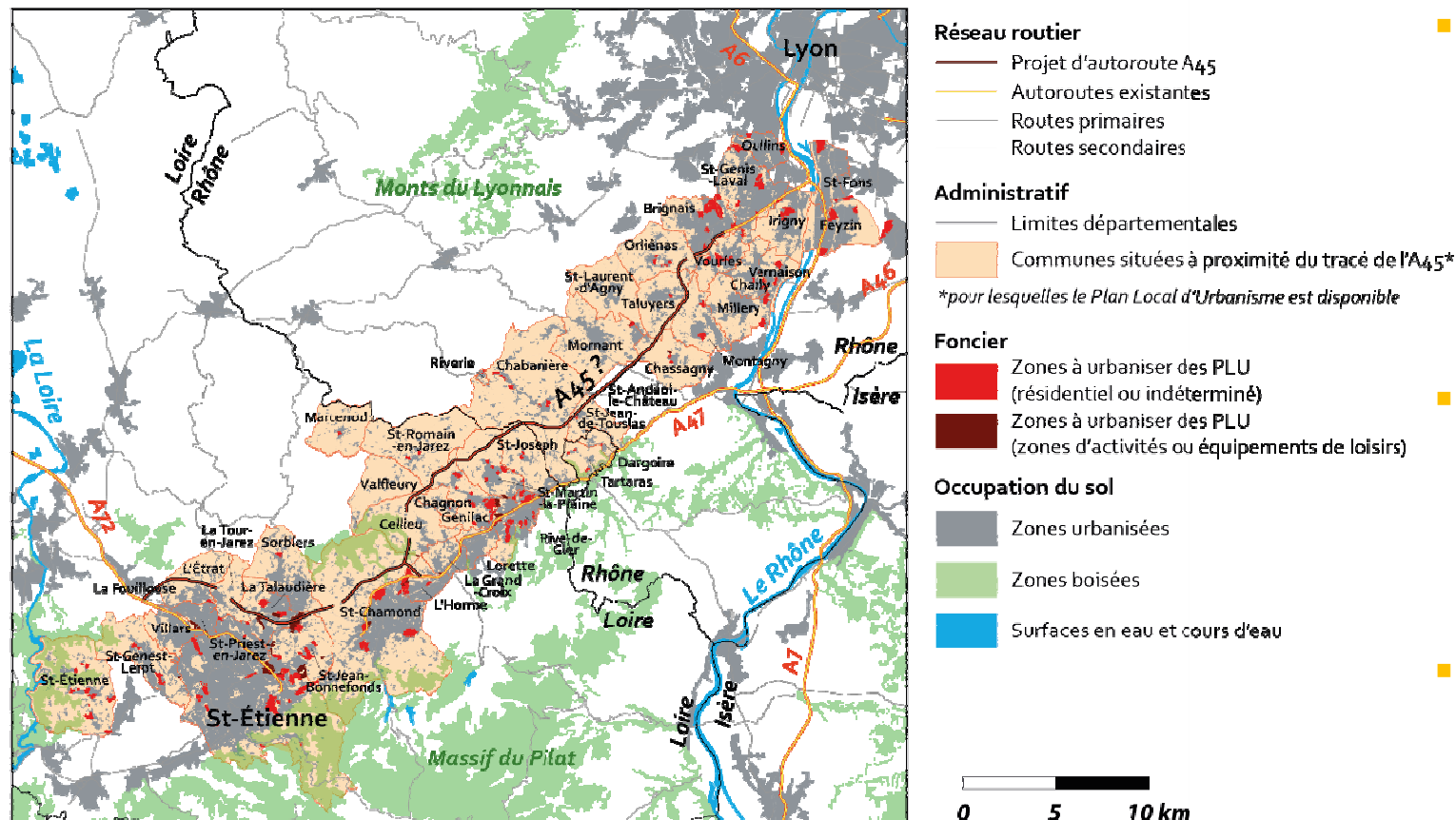
Une subvention prévue à Vinci Autoroutes de 845 millions d'euros, supportée à 50% par l'Etat et à 50% par les collectivités (Région, Saint-Etienne-Métropole et le département de la Loire)



- 1983 Mise en service définitive de l'A47, gratuite, entre Givors/Chasse-sur-Rhône et Saint-Chamond (29 km)
- 1993 Lancement d'un débat public sur les intérêts d'un dédoublement de la liaison Lyon-Saint-Etienne
- 1994 Lancement des études préliminaires d'Avant-Projet Sommaire (APS), en vue d'une autoroute à péage entre La Fouillouse (Loire) et Brignais (Rhône)
- 2006 Approbation ministérielle de l'APS
- 2007 Fin de l'enquête publique
Manifestation rassemblant 3000 personnes à Lyon
- 2008 Déclaration d'Utilité Publique (DUP) par le Ministre J.-L. Borloo, valable jusqu'en 2020
Recours déposé par la Sauvegarde des Côteaux du Jarez pour annuler la DUP et rejeté
- 2012 Appel à candidature pour la concession de l'A45
Recours déposé et accepté contre Saint-Etienne Métropole et le département de la Loire
- 2015 Choix du concessionnaire, Vinci Autoroutes, qui l'exploitera pendant 55 ans.
- 2016 *Manifestations organisées par les opposant.e.s à l'A45*
Création de la Coordination des opposant.e.s à l'A45
- 2017 Le Conseil d'Etat donne un avis favorable au projet de l'A45
Rassemblement de 10 000 personnes à Saint-Maurice-sur-Dargoire contre l'A45
- 2018 Rapport Duron : l'A45 n'est plus une priorité

Introduction

Contexte de la recherche



Des sols convoités :

- 429 120 hab
- 1 127 ha de zones ouvertes à l'urbanisation dans les PLU, dont 82% pour le résidentiel
- Taux d'urbanisation actuel: 29,7%
- D'après les SCOT : **60 à 65 000 nouveaux habitants attendus d'ici 2030 (+15%)**

Émergences de conflits autour du projet A45

- Collectifs paysans, naturalistes...
- Association de sauvegarde des Coteaux du Jarez
- Coordination des opposants contre l'A45

Volonté de dépasser le NIMBY

Impacts écologiques ?

- De nombreux impacts attendus : expropriations, pertes de terres agricoles, pollution et nuisances diverses...
- Plusieurs études d'impacts écologiques réalisées autour du projet d'autoroute (souvent non accessibles)
- Des approches empiriques, souvent focalisées sur les impacts directs de l'autoroute : destructions d'habitats, fragmentation...



Frise réalisée par les collectifs naturalistes engagés contre le projet A45 (sept. 2018)



Photo : Marie Detemple

Mobilisation du collectif paysan à la Talaudière (sept. 2018)



Journée de mobilisation à St Maurice sur Dargoire (juillet 2017)

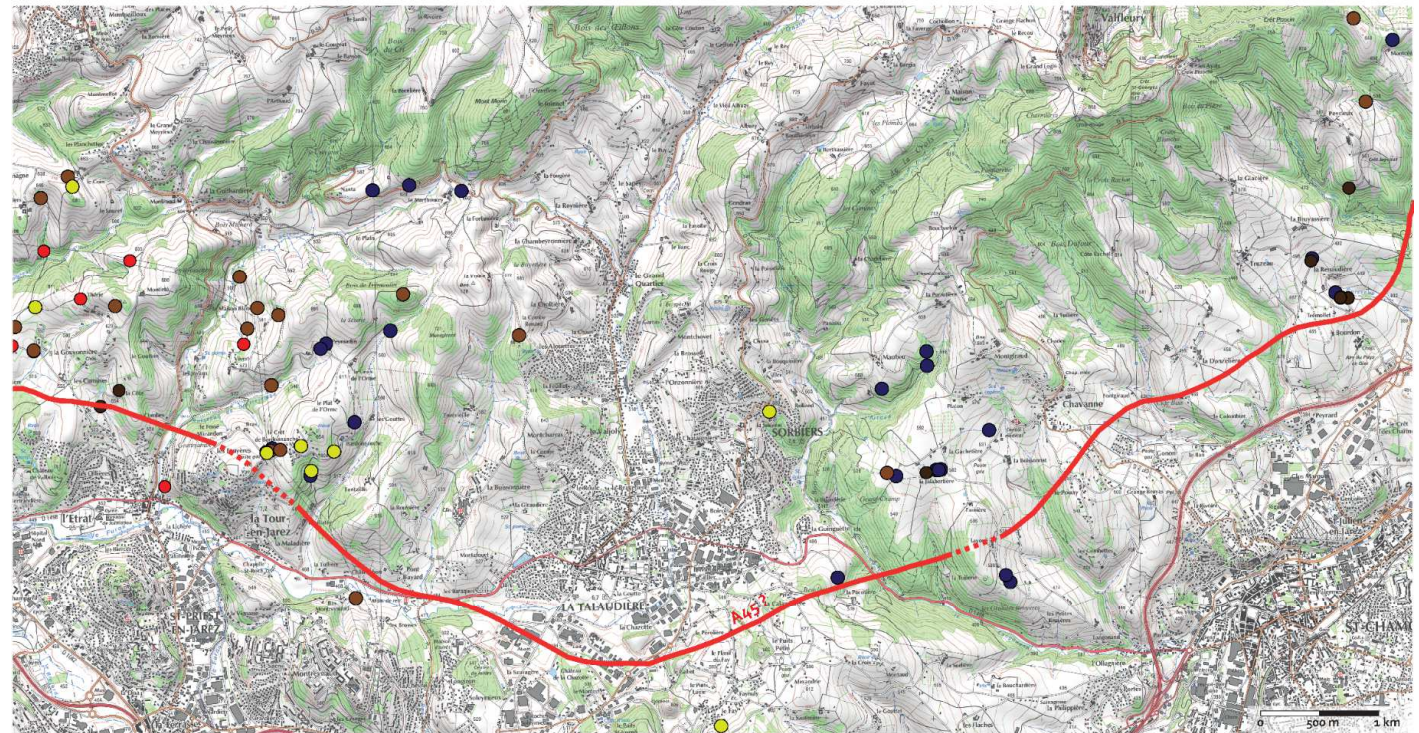


Tour de veille à Cellieu (42)

Impacts écologiques ?

- Cartographies utiles pour identifier les espèces menacées par le projet d'autoroute
- Mais peu de mesures effectuées à une échelle plus globale : pas de spatialisation des impacts
- Quid de l'impact sur la connectivité ?

Relevés d'observations de quelques espèces d'oiseaux remarquables à proximité du fuseau A45 (Nord-Ouest de Saint-Étienne, Loire)



Fond de carte : SCAN 25 IGN 2017 / Relevés terrain : Yannick Carteron (naturaliste bénévole) / Descriptifs habitats oiseaux : www.oiseaux.net
Réalisation : Marc Bourgeois, septembre 2018 (Université Lyon 3 Jean Moulin - Laboratoire Environnement Ville Société)



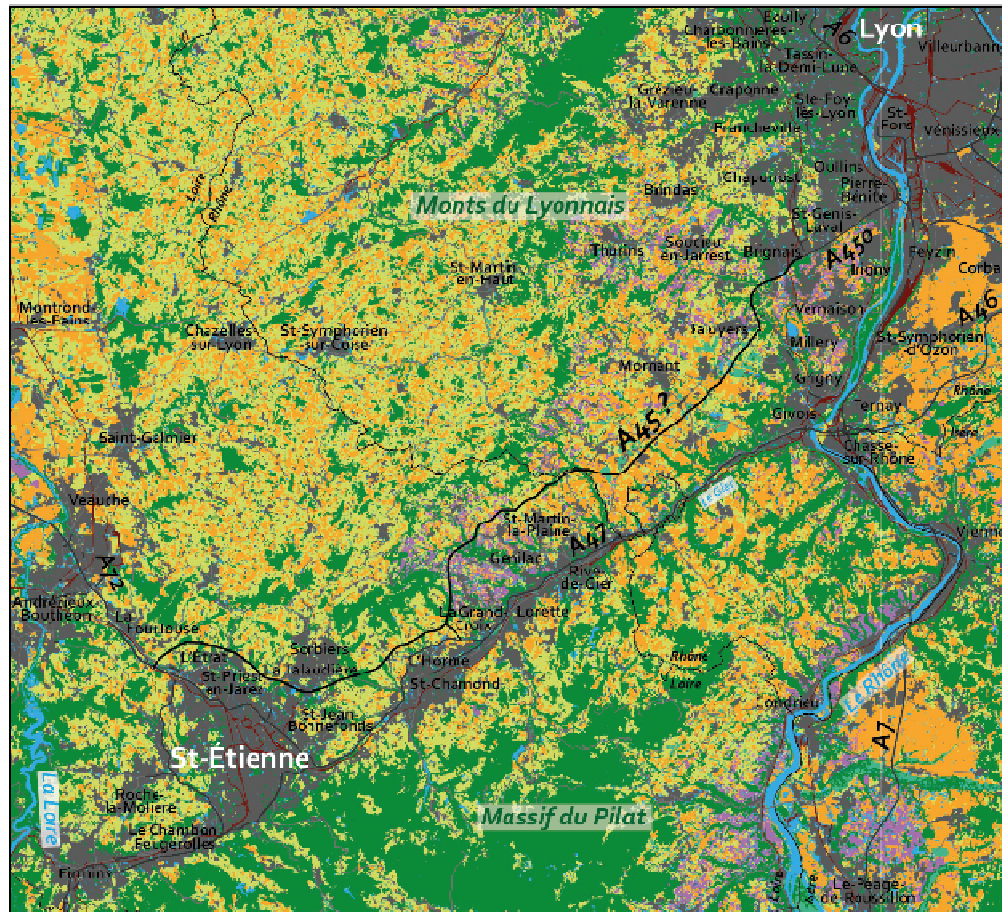
Questionnements principaux

- Comment évaluer l'impact du projet A45 sur la connectivité écologique ?
- Comment représenter spatialement ces résultats pour les rendre explicites et utilisables pour la communauté scientifique, les acteurs locaux d'aménagement du territoire et le grand public ?



Zone d'étude

Méthodologie



Carte d'occupation du sol de la zone d'étude

Réseaux

- Routes principales
- Autoroutes et voies express
- Routes principales
- Voies ferrées

Administratif

- Limites départementales

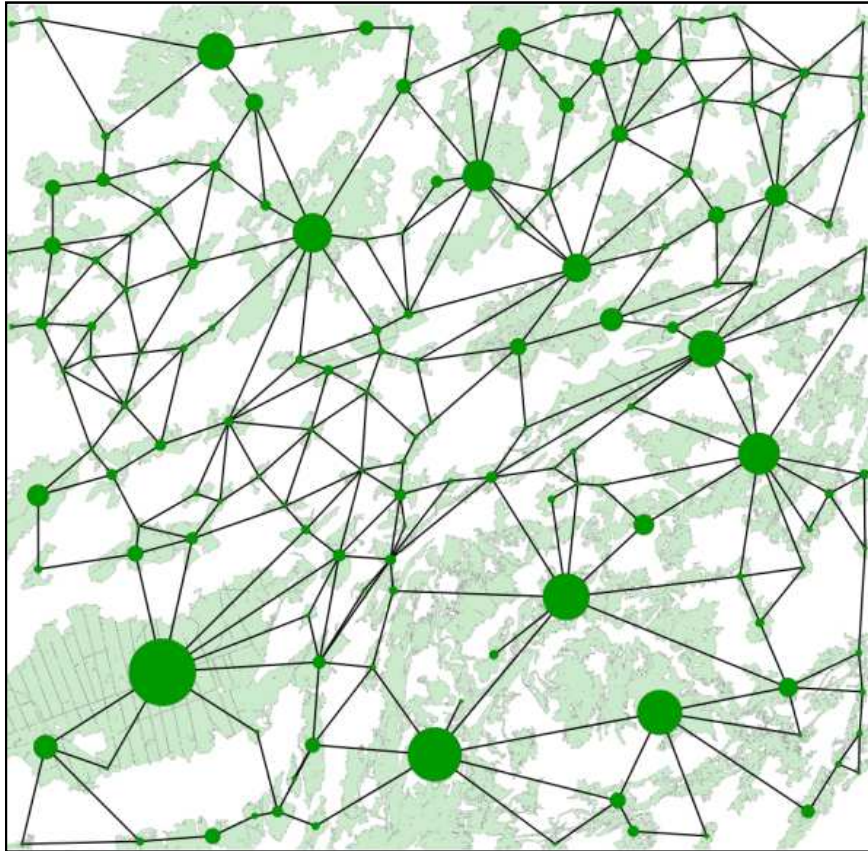
Occupation du sol

- Surfaces en eau et cours d'eau
- Zones humides
- Bois et forêts
- Bâti et surfaces artificialisées
- Vignes et vergers
- Cultures
- Prairies, pelouses et sols nus

0 5 10 km

- Zone de 60 km de côté centrée sur l'A45
- Prendre en compte un large panel d'espèces
- Assemblage de différentes bases de données (BD Topo, BD Forêt, DATARA, Urban Atlas, OSO-CESBIO, Registre Parcellaire Graphique) en un raster à 10m de résolution

Modélisation de la connectivité avec les graphes paysagers



- Représenter spatialement les réseaux écologiques
- 1 nœud = 1 tache
- 1 lien = déplacements potentiels entre ces taches d'habitats
- Support pour effectuer des **mesures de métriques de connectivité écologique**
- Permet d'effectuer des analyses sur de larges zones d'études

Modélisation de graphes paysagers



Simulations :

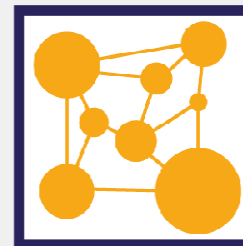
Réseaux écologiques de
14 groupes d'espèces
sous forme de graphes
paysagers

Modélisation de graphes paysagers

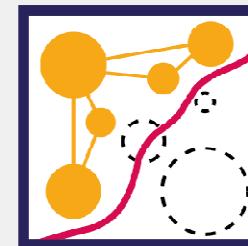


Simulations :
Réseaux écologiques de
14 groupes d'espèces
sous forme de graphes
paysagers

Évaluation des impacts *Mesures de connectivité*



À l'état initial
Valeur métrique : 0,8



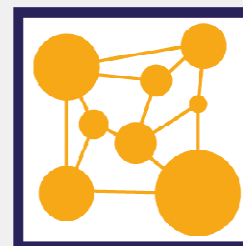
Après A45
Valeur métrique : 0,4
PERTE DE CONNECTIVITE GLOBALE : 50%

Modélisation de graphes paysagers

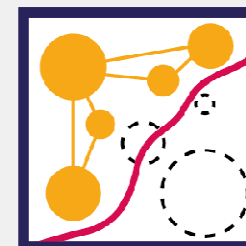


Simulations :
Réseaux écologiques de
14 groupes d'espèces
sous forme de graphes
paysagers

Évaluation des impacts *Mesures de connectivité*

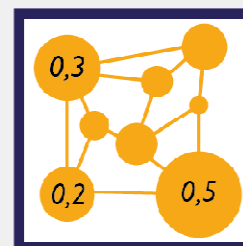


À l'état initial
Valeur métrique : 0,8

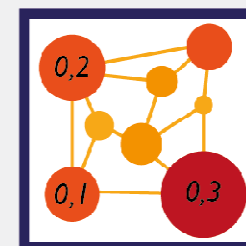


Après A45
Valeur métrique : 0,4

PERTE DE CONNECTIVITE **GLOBALE** : 50%



À l'état initial

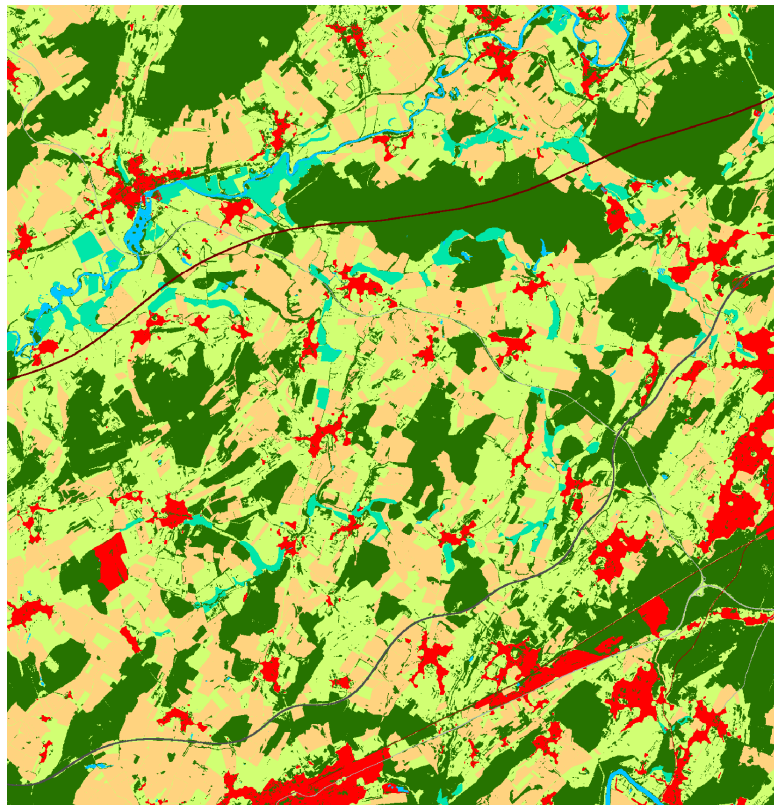


Après A45

PERTE DE CONNECTIVITE CALCULEE
LOCALEMENT

Construction des graphes paysagers

Méthodologie

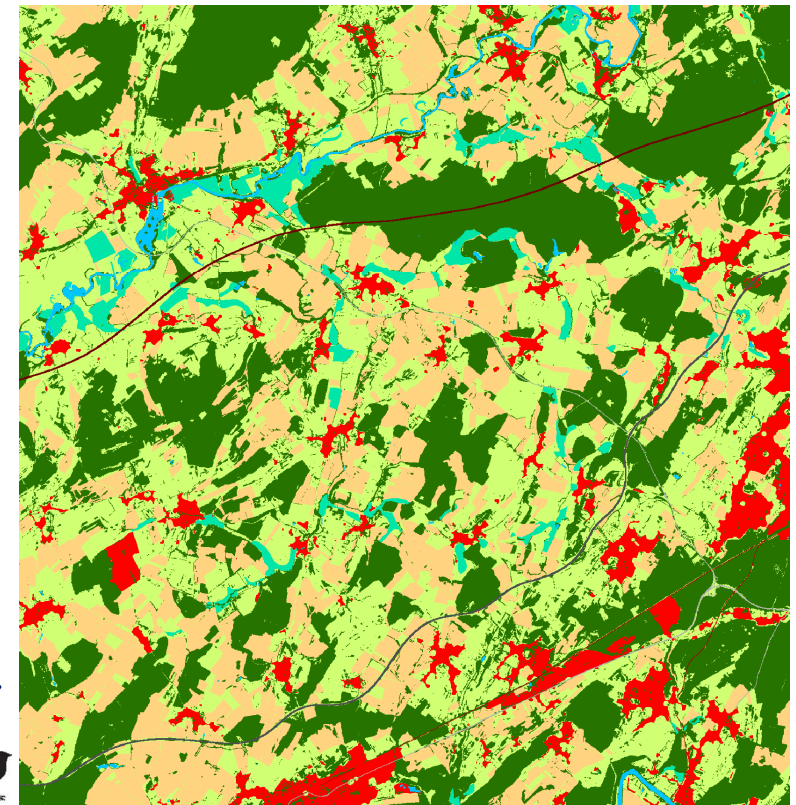


Carte d'occupation du sol

« Oiseaux forestiers
moyen disperseurs »
Habitat : forêts de feuillus

Une carte d'OS
spécifique à chaque
groupe d'espèces

« Oiseaux de milieux ouverts
moyen disperseurs »
Habitat : prairies humides



Carte d'occupation du sol

Construction des graphes paysagers



« Oiseaux forestiers
moyen disperseurs »
Habitat : forêts de feuillus

Définition des taches
d'habitat

« Oiseaux de milieux ouverts
moyen disperseurs »
Habitat : prairies humides

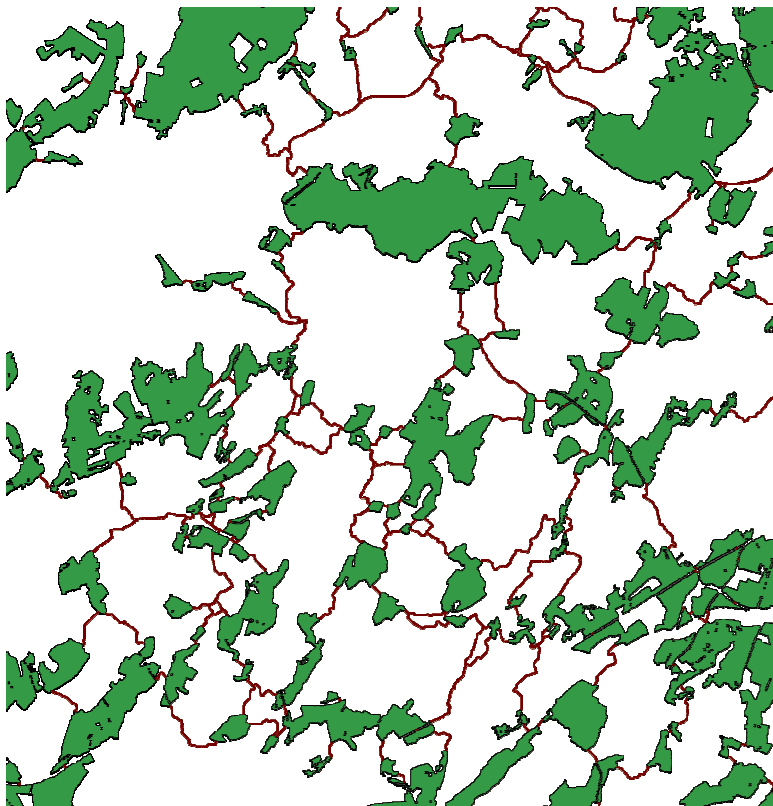
Taches d'habitat du groupe « oiseaux forestiers
moyen disperseurs »



Taches d'habitat du groupe « oiseaux de milieux
ouverts moyen disperseurs »

Construction des graphes paysagers

Méthodologie

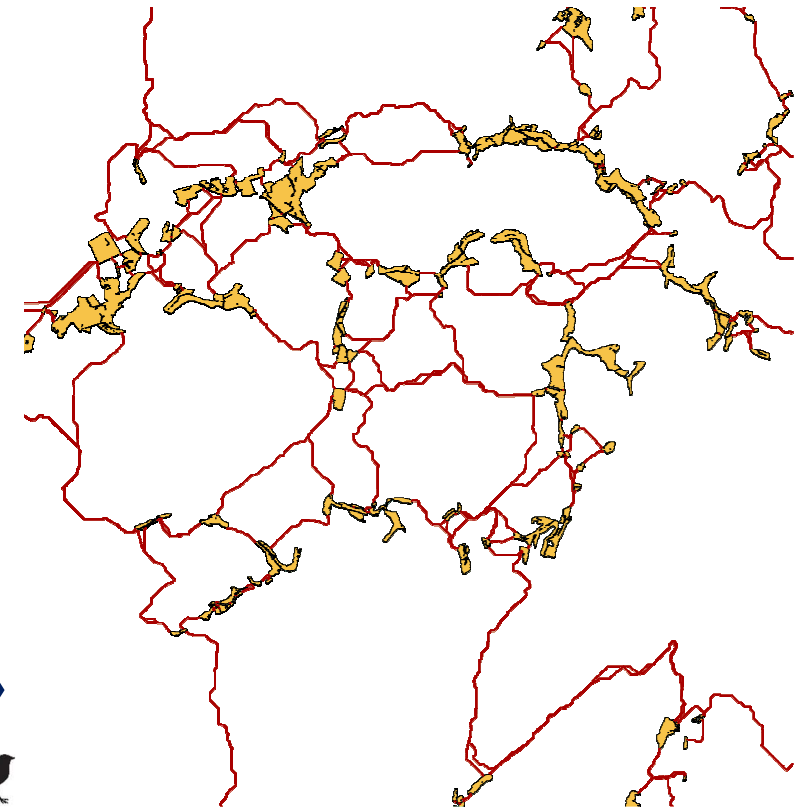


Vue réaliste du graphe paysager du groupe
« oiseaux forestiers moyen disperseurs »

« Oiseaux forestiers
moyen disperseurs »
Habitat : forêts de feuillus

Création des liens en
fonction des chemins de
moindre coût entre les
taches d'habitat

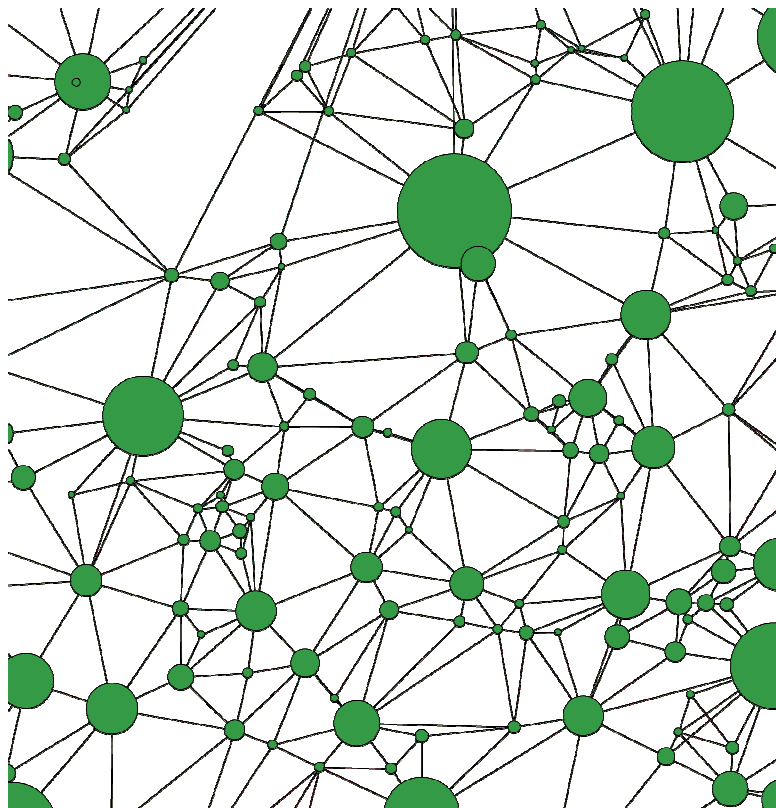
« Oiseaux de milieux ouverts
moyen disperseurs »
Habitat : prairies humides



Vue réaliste du graphe paysager du groupe
« oiseaux de milieux ouverts moyen disperseurs »

Construction des graphes paysagers

Méthodologie



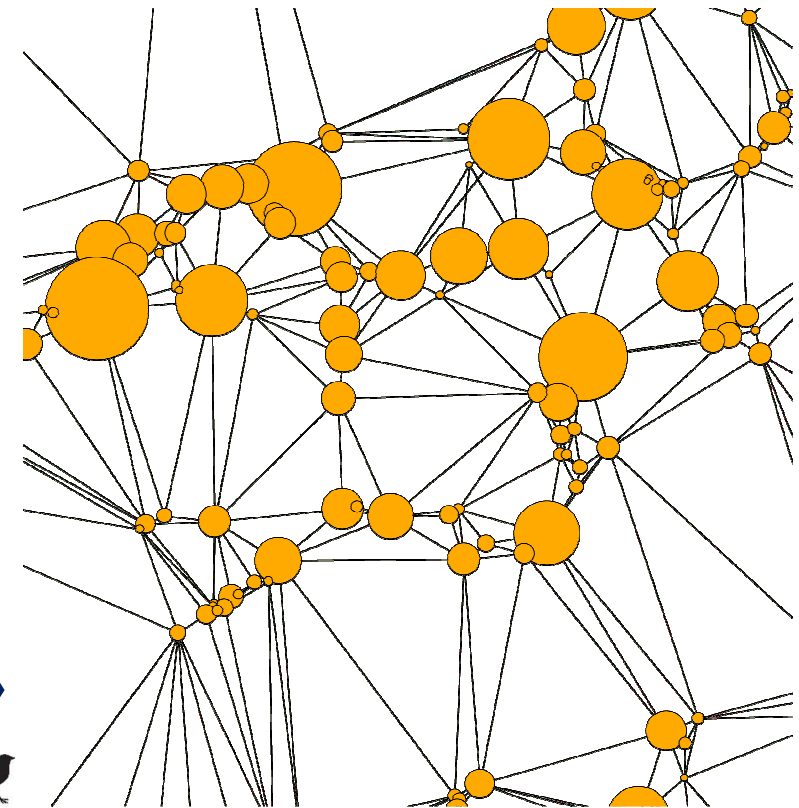
Groupe Pouillot siffleur
« Oiseaux forestiers moyen
disperseurs »
Habitat : forêts de feuillus

Graphes : support pour
calculer des métriques
de connectivité

Groupe Pipit farlouse
« Oiseaux de milieux ouverts
moyen disperseurs »
Habitat : prairies humides



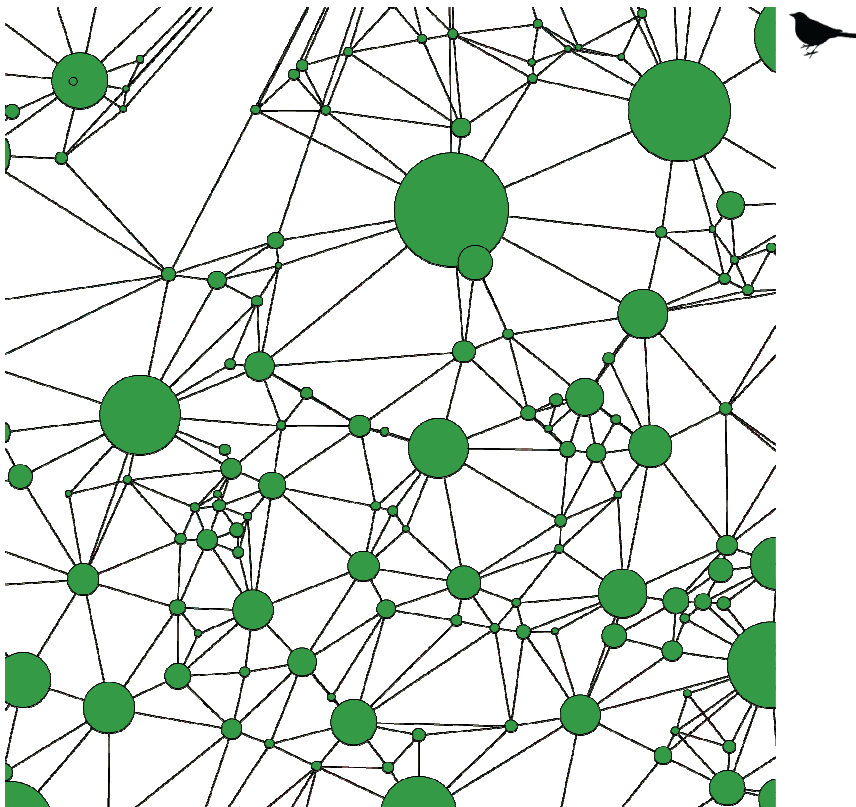
Vue topologique du graphe paysager du groupe
« oiseaux forestiers moyen disperseurs »



Vue topologique du graphe paysager du groupe
« oiseaux de milieux ouverts moyen disperseurs »

Calcul d'une métrique globale

Méthodologie



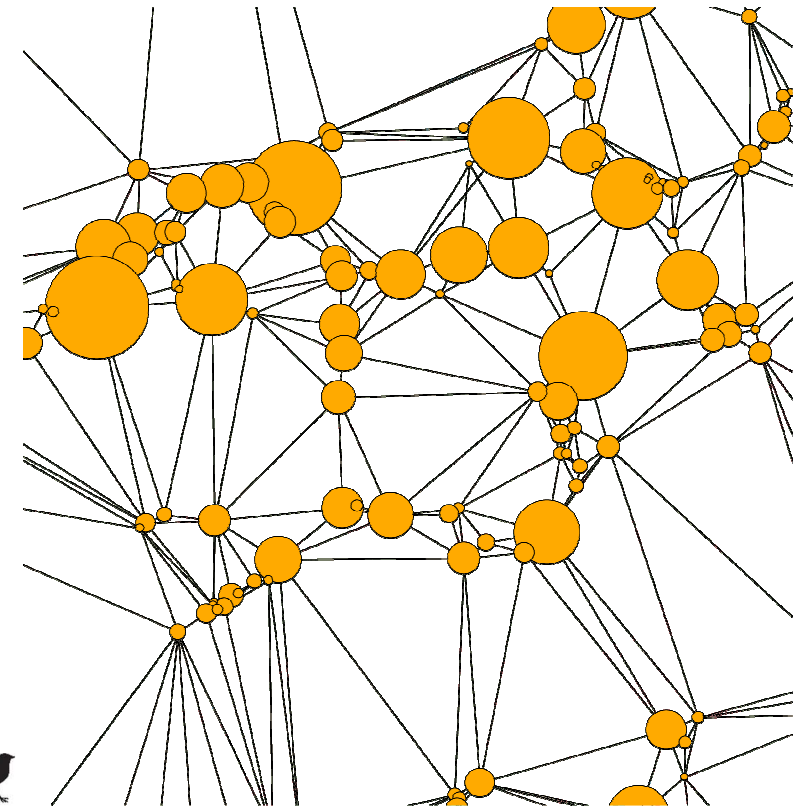
Vue topologique du graphe paysager du groupe
« oiseaux forestiers moyen disperseurs »

Métrique globale

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j p_{ij}^*}{A^2}$$

Une valeur pour l'ensemble
du graphe

Possibilité de mesures
diachroniques

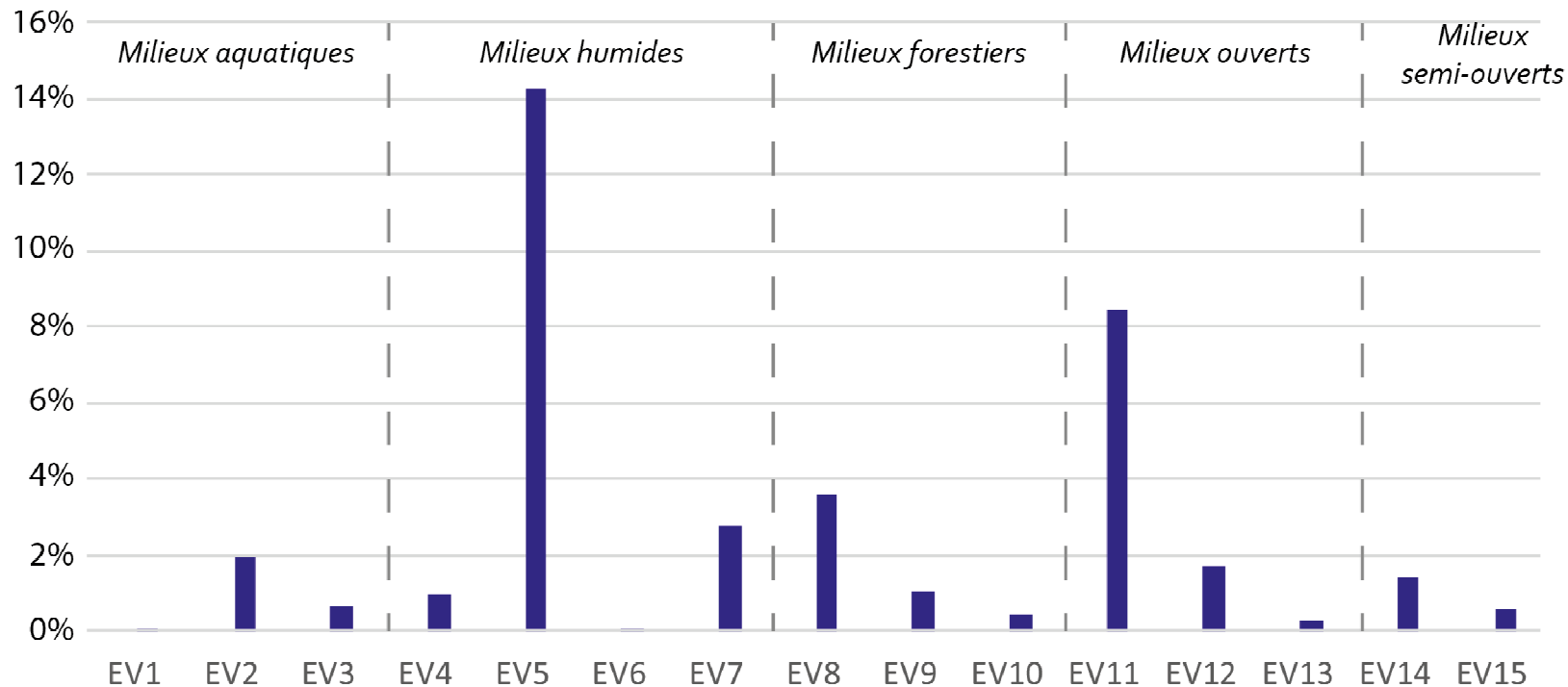


Vue topologique du graphe paysager du groupe
« oiseaux de milieux ouverts moyen disperseurs »

Résultats : Valorisables ? Communicables ?

Impacts globaux

Taux de variation de la métrique
PC entre l'état initial et la
construction de l'autoroute A45



Impacts
écologiques
globaux faibles
dans l'absolu
mais différenciés
selon les groupes
d'espèces

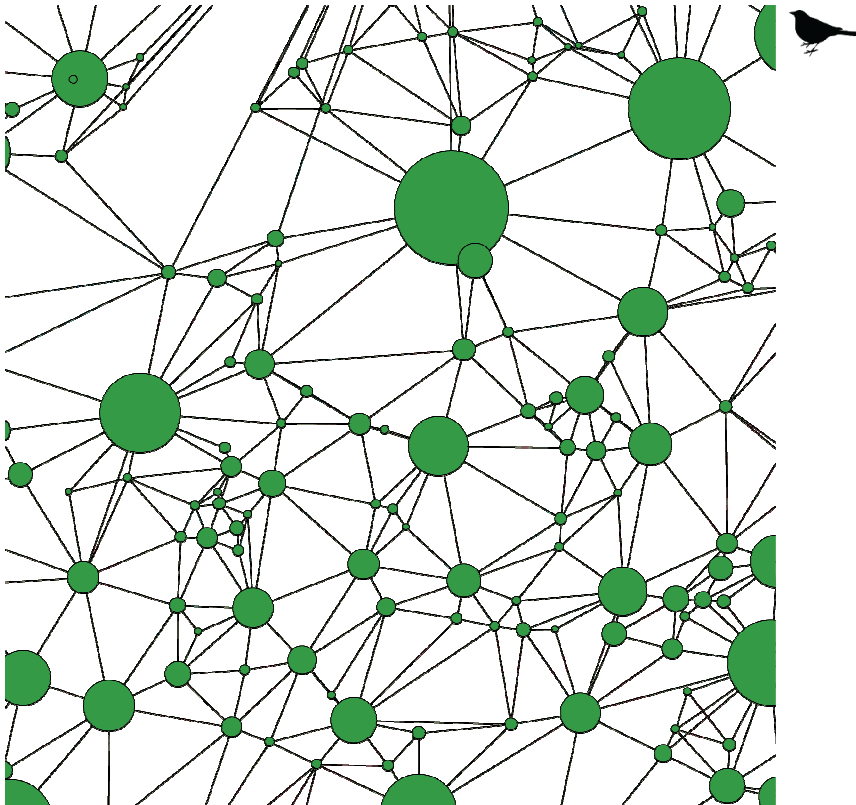
Problème : où
sont les impacts ?

Taux de variation
moyen : -2,53 %

EV# correspond aux groupes d'espèces sélectionnés (EV = espèce virtuelle)

Calcul d'une métrique locale

Méthodologie



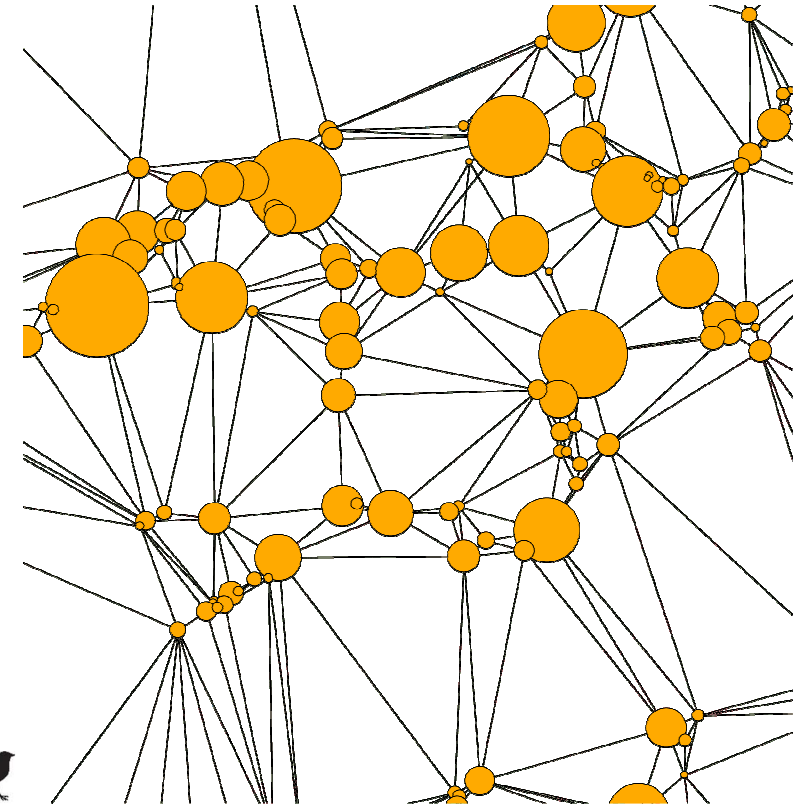
Vue topologique du graphe
paysager du groupe Pouillot siffleur

M. Bourgeois / EVS Lyon 3

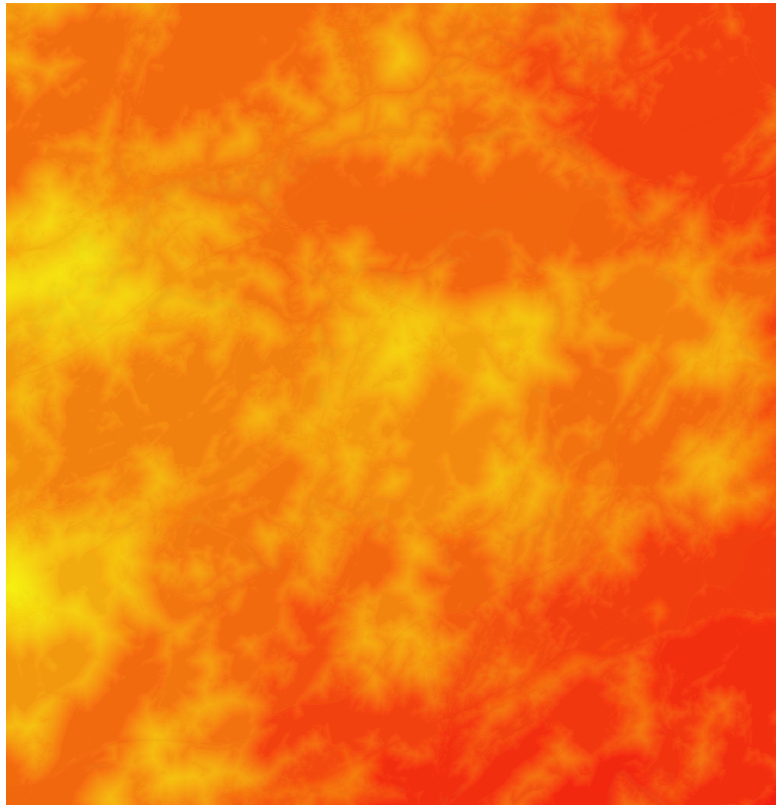
Métrique locale

$$PC_{flux}(j) = \frac{\sum_{i=1}^n a_{i,j} p_{ij}^*}{A^2}$$

Une valeur pour chaque
tache d'habitat



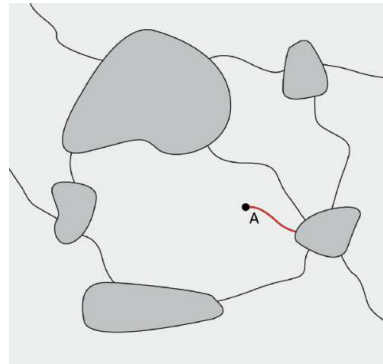
Vue topologique du graphe
paysager du groupe Pipit farlouse



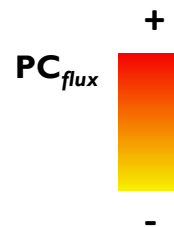
Potentiel de connectivité paysagère à l'état initial pour le groupe Pouillot siffleur



Généralisation spatiale

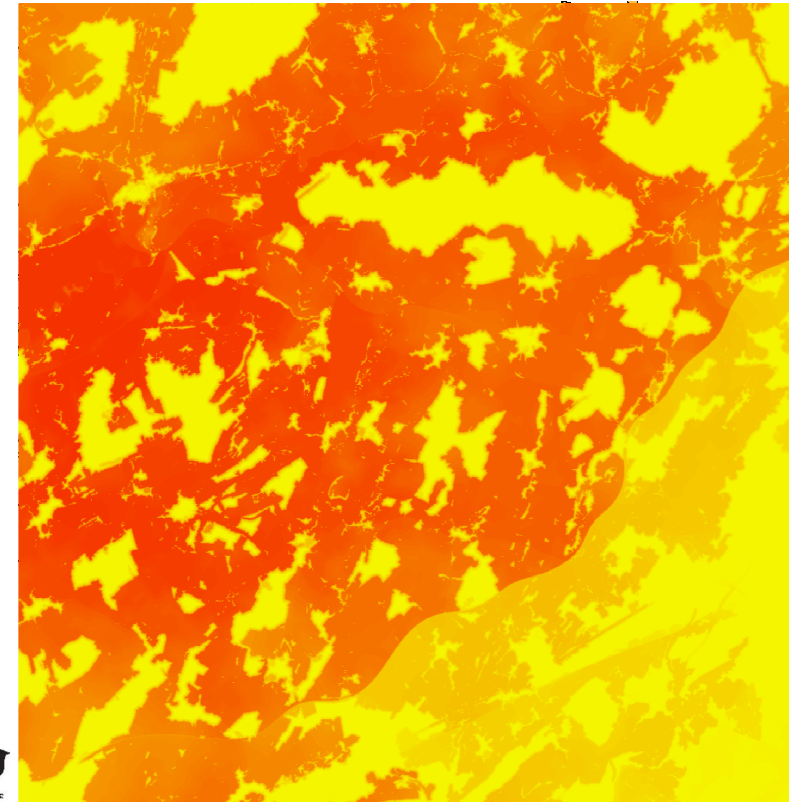


Recours à une interpolation spatiale
Fonction décroissante selon la distance coût



PC_{flux}

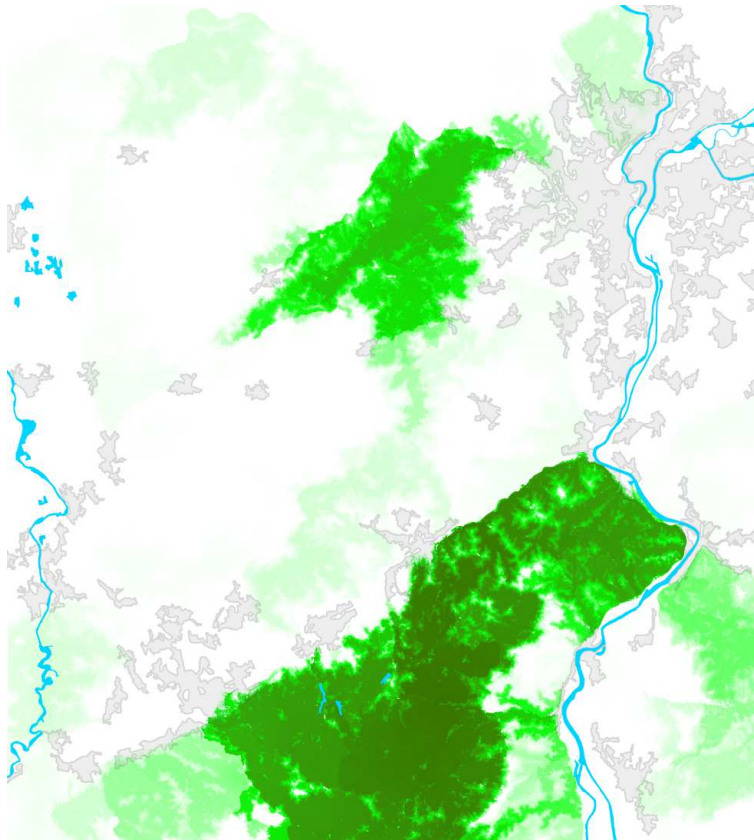
-



Potentiel de connectivité paysagère à l'état initial pour le groupe Pipit farlouse



Généralisation spatiale appliquée à l'A45



Vert foncé : fort potentiel

Généralisation spatiale

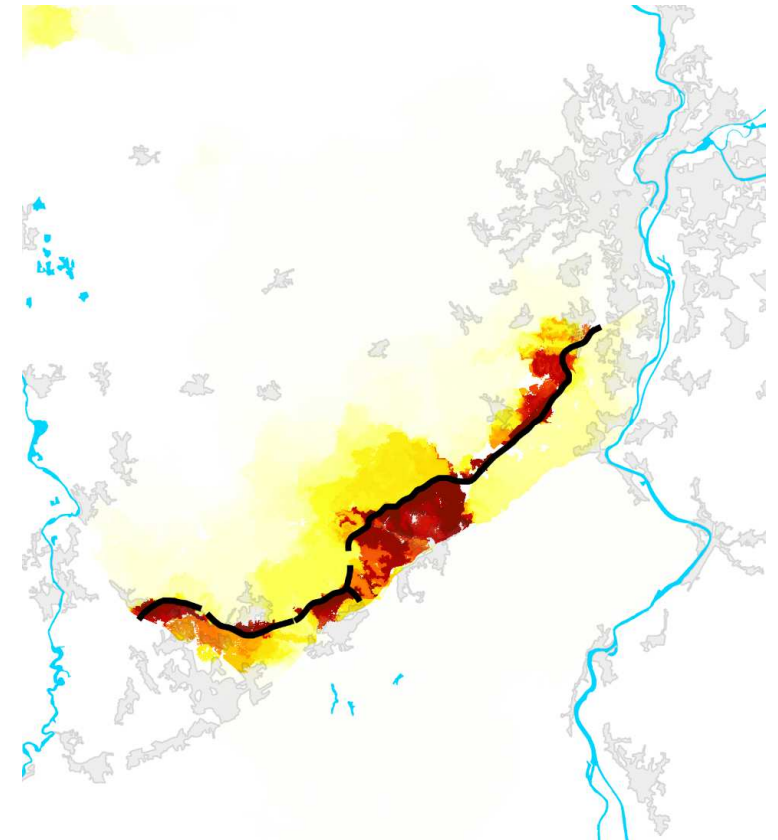
Mammifères forestiers

Habitat : forêts

Dispersion moyenne :
environ 6000 m

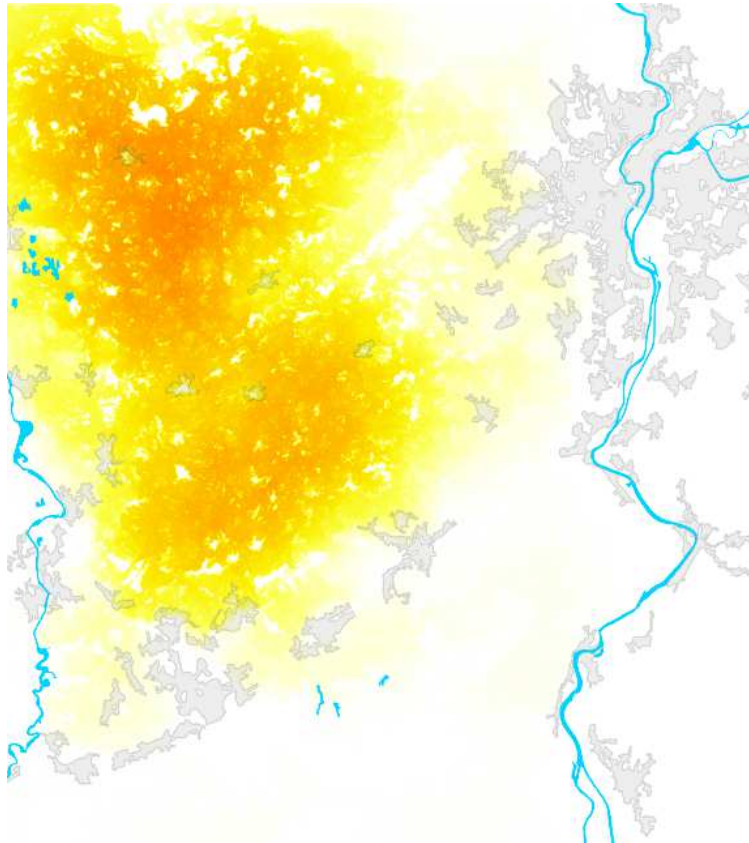
Potentiel de
connectivité avant
construction de
l'autoroute

Perte de
connectivité
directement
imputable à l'A45



Marron : impact proche de 100 %

Généralisation spatiale appliquée à l'A45



Orange : fort potentiel

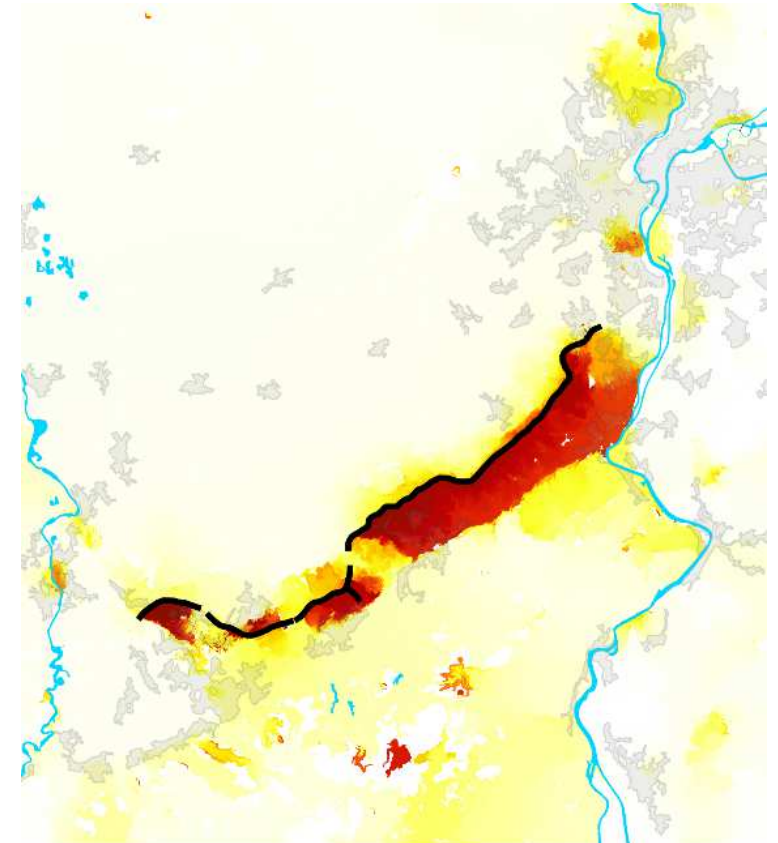
Généralisation spatiale

Oiseaux de milieux ouverts

Habitat : milieux ouverts
(prairies, pelouses)
Dispersion moyenne :
environ 7000 m

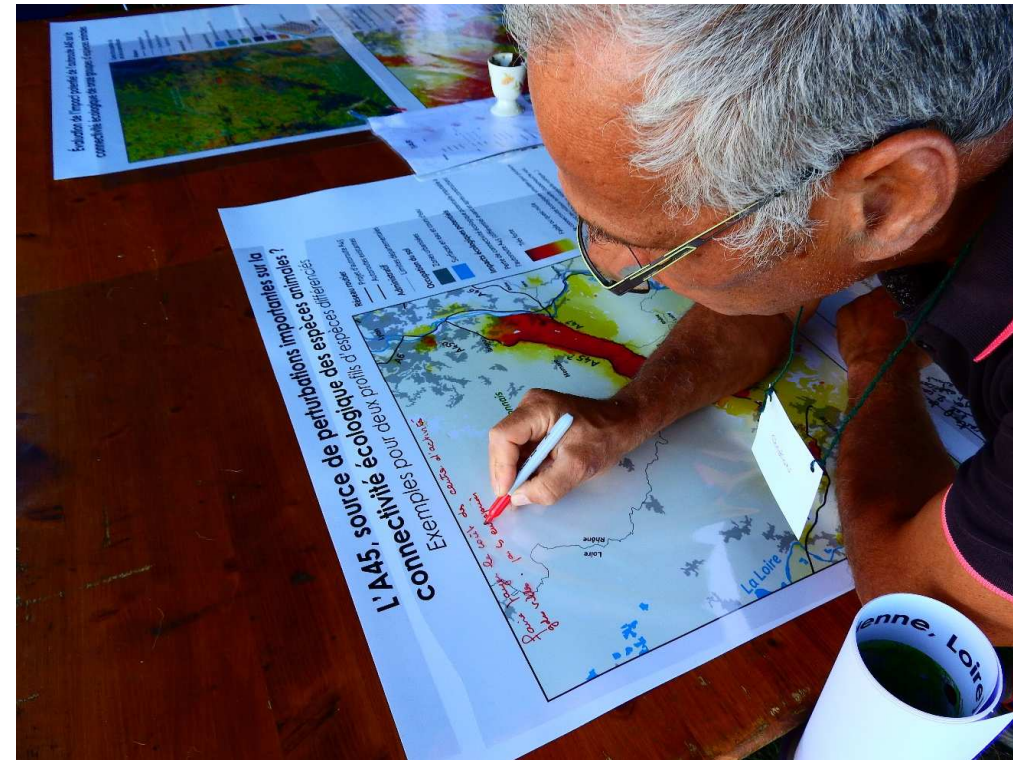
Potentiel de
connectivité avant
construction de
l'autoroute

Perte de
connectivité
directement
imputable à l'A45



Marron : impact proche de 100 %

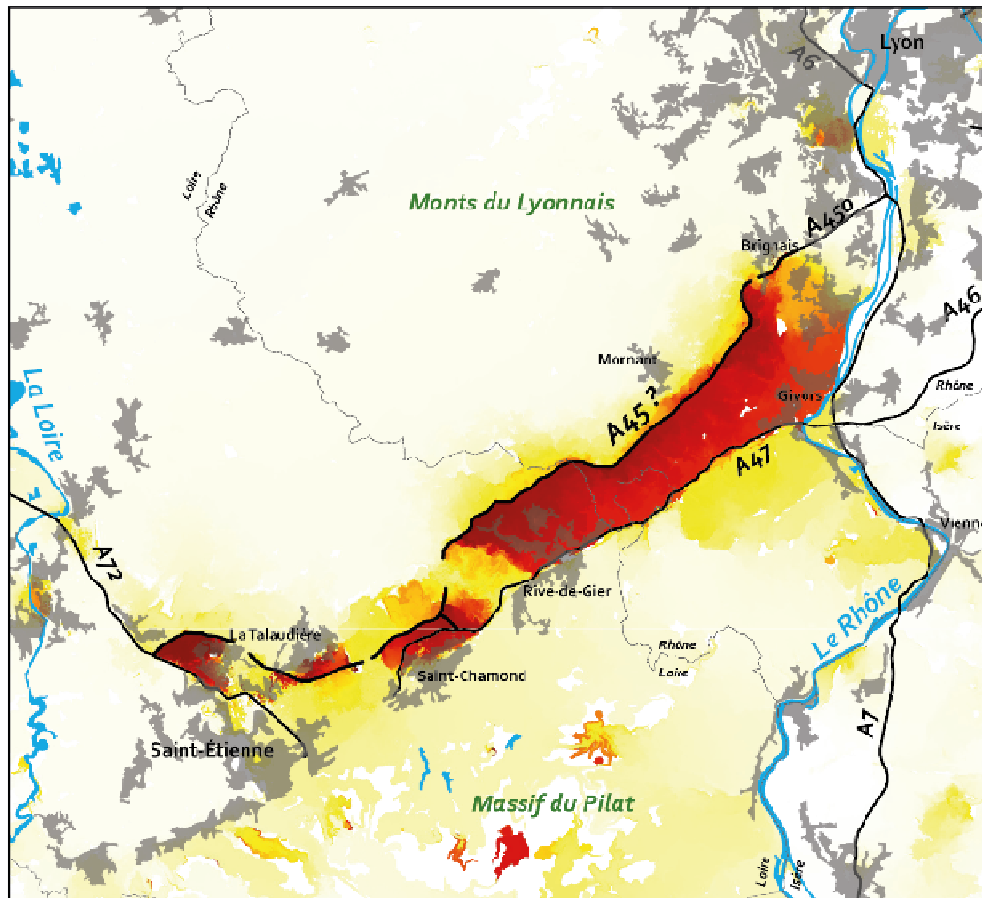
La carte comme support de discussion ?



Journée de mobilisation contre l'A45 à la Talaudière (42) le 22 septembre 2018
Photos : Marie Detemple

Résultats : exemples de débats autour des cartes

Impacts locaux



Réseau routier

- Projet d'autoroute A45
- Autoroutes existantes

Administratif

Limites départementales

Occupation du sol

- Zones urbanisées
- Surfaces en eau et cours d'eau

Impacts écologiques potentiels

Perte de connectivité écologique potentielle imputable à l'autoroute A45 (différentiel avant et après construction)



Mesures de connectivité écologiques simulées pour plusieurs oiseaux préférant les milieux ouverts (Gobemouche noir, Bruant proyer, Pouillot véloce, Hirondelle rustique...)



0 5 10 km

2

Spatialisation de l'impact pour un groupe d'espèces

Retours d'expérience :

- Carte plutôt bien comprise : le rouge montre un fort impact
- Met en évidence un impact plus éloigné que du seul tracé
- Pourquoi une tache rouge dans le massif du Pilat ?
- Pourquoi les oiseaux sont aussi menacés ? « Pourtant ils volent... »
- Beaucoup de personnes ont entendu parler de connectivité mais ne savent pas ce dont il s'agit réellement

Résultats : exemples de débats autour des cartes

Impacts locaux

5

Scénario du « pire » : impact maximum pour chacun des groupes d'espèces

Retours d'expérience :

- Plus de temps pour comprendre cette carte : explications nécessaires
- Carte surprenante : « les impacts écologiques sont terrifiants, ils ne faut absolument pas construire l'autoroute! »
- « Avez-vous utilisé la même discrétisation pour tous les groupes d'espèces ? »
- « Donc le marron correspond à des zones condamnées où la biodiversité aura totalement disparue ? »
- « Je ne comprends pas cette tache rouge dans le Pilat... »

Modélisation des impacts écologiques potentiels de l'A45

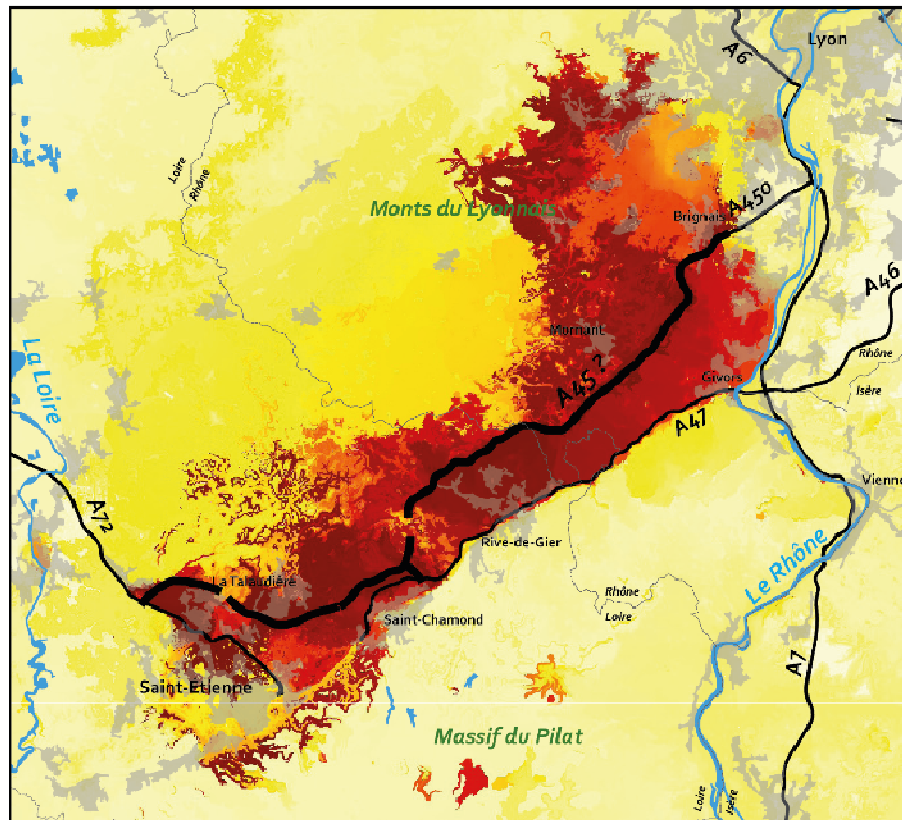
- Projet d'autoroute A45
- Autoroutes existantes
- Limites départementales
- Zones urbanisées
- Surfaces en eau et cours d'eau

Impacts écologiques potentiels pour quatorze groupes d'espèces
(représentation de l'impact le plus important pour chaque groupe d'espèces)

Perte de connectivité écologique potentielle imputable à l'autoroute A45 (différentiel avant et après construction)

- Très forte
- Faible ou quasi-nulle

0 5 10 km



Collecte des données et définition des groupes d'espèces : Gérémine Girard et Ismaïl Sanchez-Penas (printemps 2018) - Master Géosystèmes Environnementaux et Master Géographies Numériques
Sources : BD Topo IGN 2018, corpus bibliographique recensant les informations sur les préférences des espèces
Calculs réalisés avec le logiciel Graphab : Marc Bourgeois et Gilles Vuidel (laboratoire THÉMA - Besançon)
Réalisation : Marc Bourgeois (décembre 2018) - Université Lyon 3 Jean Moulin - Laboratoire Environnement Ville Société

Après les retours : d'autres types de cartes ?

Impacts locaux

3

Moyenne des impacts des 14 groupes d'espèces (normalisation des taux de variation pour chaque espèce)

Des impacts plus « lisses » ?

Modélisation des impacts écologiques potentiels de l'A45

- Projet d'autoroute A45
- Autoroutes existantes
- Limites départementales
- Zones urbanisées
- Surfaces en eau et cours d'eau

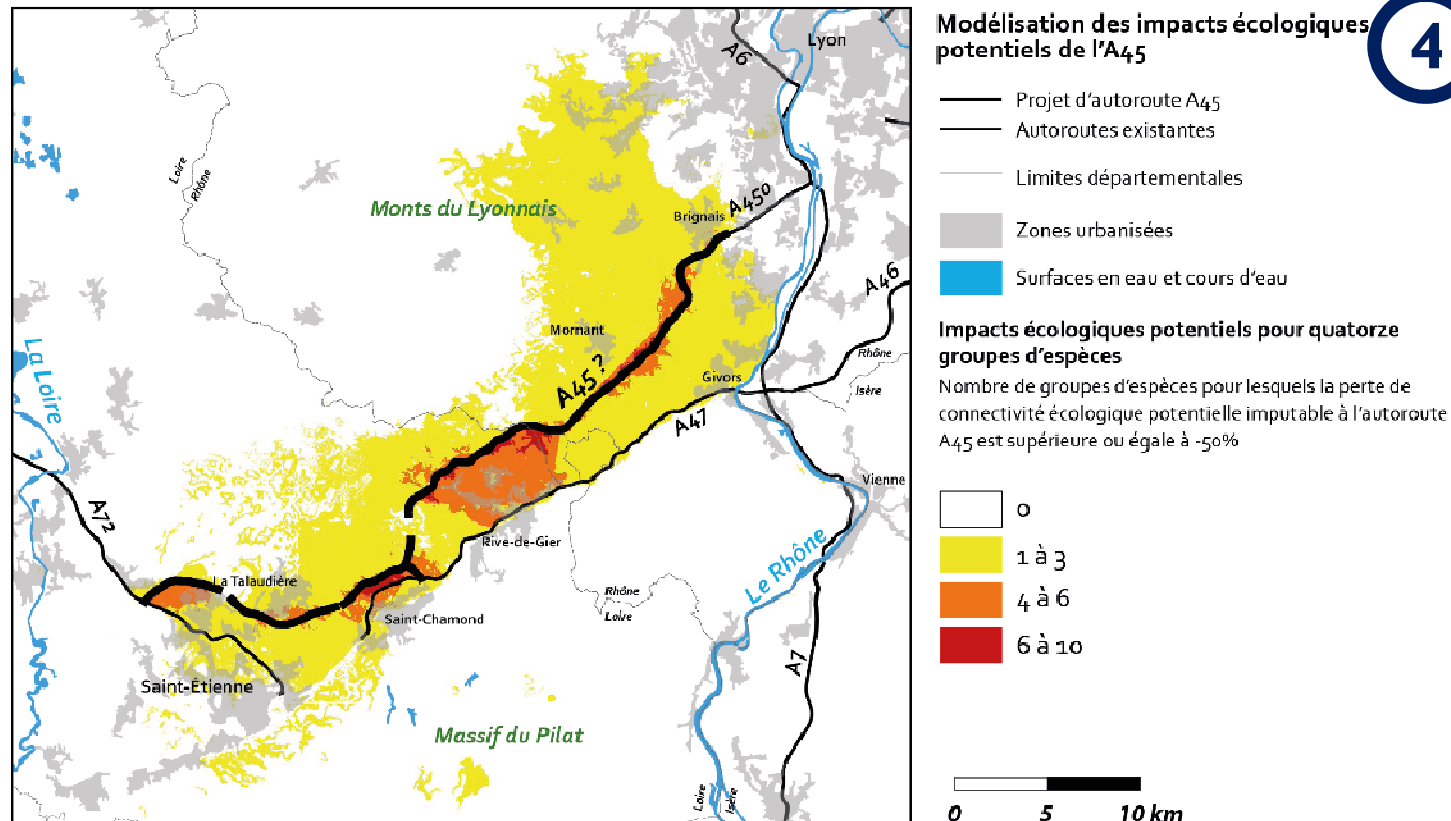
Impacts écologiques potentiels pour quatorze groupes d'espèces

(impact moyen normalisé des 14 groupes d'espèces)

Perte de connectivité écologique potentielle imputable à l'autoroute A45 (différentiel avant et après construction)

- Très forte
- Faible ou quasi-nulle

0 5 10 km



4

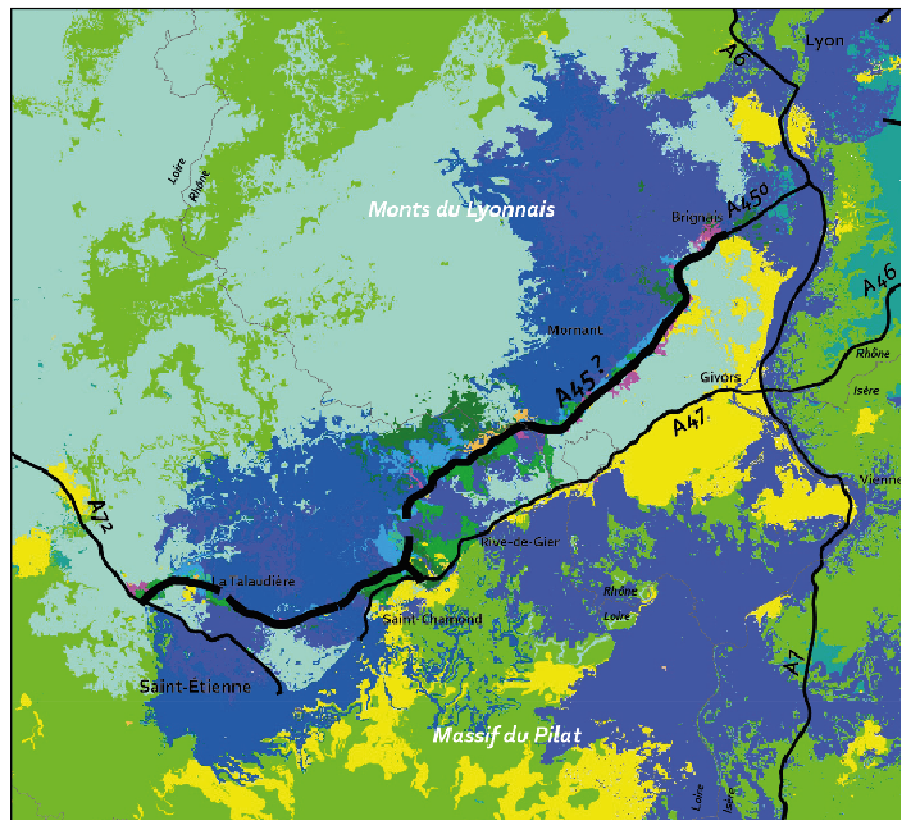
Nombre de groupes
d'espèces où l'impact
écologique est supérieur à
50 %

Des impacts plus « lisses » ?

Collecte des données et définition des groupes d'espèces : Gérémine Girard et Isma l Sanchez-Penas (printemps 2018) - Master Géosystèmes Environnementaux et Master Géographies Numériques
Sources : BD Topo IGN 2018, corpus bibliographique recensant les informations sur les préférences des espèces
Calculs réalisés avec le logiciel Graphab : Marc Bourgeois et Gilles Vuidel (laboratoire Th MA - Besançon)
Réalisation : Marc Bourgeois (décembre 2018) - Université Lyon 3 Jean Moulin - Laboratoire Environnement Ville Société

Une carte exploratoire : utile pour les décideurs ?

Impacts locaux



Modélisation des impacts écologiques potentiels de l'A45

6

- Projet d'autoroute A45
- Autoroutes existantes
- Limites départementales

Groupe d'espèces pour lequel la perte de connectivité potentielle est la plus forte :

Habitat : plans d'eau, mares

- Disp. 500 m : triton palmé, grenouille rieuse...
- Disp. 4000 m : loutre, ragondin...
- Disp. 40000 m : héron cendré, balbuzard pêcheur...

Habitat : zones humides

- Disp. 250 m : salamandre tachetée, crapaud accoucheur...
- Disp. 6000 m : pipit farlouse, couleuvre à collier...
- Disp. 40000 m : busard cendré, milan noir...

Habitat : milieux boisés

- Disp. 6000 m : chevreuil, martre, écureuil roux...
- Disp. 8000 m : pic épeichette, chouette hulotte...
- Disp. 30000 m : hibou moyen-duc, tourterelle des bois...

Habitat : milieux ouverts

- Disp. 2000 m : lièvre, couleuvre verte et jaune...
- Disp. 7000 m : gobemouche noir, pouillot véloce...

Habitat : milieux semi-ouverts

- Disp. 6000 m : linotte mélodieuse, grimpereau des jardins...

Collecte des données et définition des groupes d'espèces : Gérémine Girard et Ismail Sanchez-Penas (2018) - Master Géosystèmes Environnementaux et Master Géographies Numériques
Sources : BD Topo IGN 2018, corpus bibliographique recensant les informations sur les préférences des espèces
Calculs réalisés avec le logiciel Graphab : Marc Bourgeois et Gilles Vuidel (laboratoire THÉMA - Besançon)
Réalisation : Marc Bourgeois (décembre 2018) - Université Lyon 3 Jean Moulin - Laboratoire Environnement Ville Société

0 5 10 km

Identification du groupe d'espèces le plus impacté en chaque point de la zone d'étude

Conclusion



- Une méthode plutôt novatrice pour spatialiser la connectivité mais assez longue à mettre en œuvre
- Des résultats cartographiques intéressants pouvant servir de support de débat, un peu plus facilement que des statistiques, des graphiques ou des relevés d'espèces
- Avantage principal : mise en évidence des réseaux écologiques avec des impacts distants de l'infrastructure → sensibilisation au concept de connectivité écologique
- Inconvénient principal : une « boîte noire ». Sans explications complémentaires, difficile de savoir comment, et avec quelles données les cartes ont été réalisées
- Retours très positifs mais parmi les personnes mobilisées contre le projet d'autoroute. Quid des aménageurs ?

