

Sciences Eaux & Territoires

La revue d'Irstea

Article hors-série numéro 43

**Une collaboration constructive
entre associations naturalistes et scientifiques :
exemple de la modélisation de la distribution
des amphibiens sur un département**

**Clémentine PRÉAU, Francis ISSELIN-NONDEDEU,
Audrey TROCHET, Éric SANSALT, Romuald DOHOGNE,
Julien JEMMIN, Anne TINCHANT, André DUTERTRE
et Gilbert PAGÉ**

www.set-revue.fr

© S. De Danieli (Irstea)



Sciences Eaux & Territoires, la revue d'Irstea

Article hors-série numéro 43 – 2017

Directeur de la publication : Marc Michel

Comité éditorial : Daniel Arnault, Denis Cassard, Thomas Curt, Nicolas de Menthère, Alain Dutartre, André Evette, Véronique Gouy, Alain Hénaut, Ghislain Huyghe, Emmanuelle Jannès-Ober, Cédric Laize, Alette Maillard, Isabelle Méhault, Thierry Mougey et Michel Vallance.

Rédactrice en chef : Sabine Arbeille

Secrétariat de rédaction et mise en page : Valérie Pagneux

Infographie : Françoise Peyriguer

Conception de la maquette : C Bat

Contact édition et administration : Irstea-DRISE-IE

1 rue Pierre-Gilles de Gennes – CS 10030

92761 Antony Cedex

Tél. : 01 40 96 61 21 – Fax : 01 40 96 61 64

E-mail : set-revue@irstea.fr

Numéro paritaire : 0511 B 07860 – Dépôt légal : à parution – N°ISSN : 2109-3016

Photo de couverture : © S. De Danieli (Irstea)



Une collaboration constructive entre associations naturalistes et scientifiques : exemple de la modélisation de la distribution des amphibiens sur un département

Du fait de leurs bonnes connaissances des espèces et des milieux et de la mise en place de protocoles de suivi à grande échelle et sur le long terme, les réseaux associatifs naturalistes disposent de bases de données fiables, précieuses pour les scientifiques. Ainsi, dans cette étude, la valorisation d'une importante base de données de présence d'amphibiens via la modélisation de leur niche écologique a permis d'établir des cartes de répartition potentielle de quatre espèces protégées en France : le crapaud calamite, le triton crêté, la rainette arboricole et la rainette méridionale dans six départements français. Les résultats acquis permettront non seulement de mieux comprendre la biologie et l'écologie des espèces mais aussi d'aider à l'élaboration de plans d'actions de conservation dans les territoires concernés.

Les amphibiens : victimes des changements globaux

Les amphibiens sont actuellement un des groupes taxinomiques comportant le plus d'espèces menacées d'extinction (41 % en 2015 selon l'Union internationale pour la conservation de la nature). Ce déclin, observé à l'échelle mondiale, peut être attribué à de multiples causes agissant pour certaines en synergie (figure 1). Plusieurs facteurs ont été identifiés comme responsables du déclin des amphibiens (Beebee et Griffiths, 2005). Les pollutions, notamment issues de l'agriculture, ont des conséquences sur la croissance, le comportement et perturbent le fonctionnement endocrinien et immunitaire des amphibiens. Les maladies émergentes, particulièrement la chytridiomycose causée par les champignons *Batrachochytrium dendrobatidis*, et *Batrachochytrium salamandrivorans*, sont une menace pour la survie de nombreuses populations d'anoures et urodèles dans le monde. L'introduction d'espèces exotiques, telles que des poissons, des écrevisses invasives ou d'autres espèces d'amphibiens comme la grenouille taureau ou le xénope du Cap peuvent intensifier la pression de pré-

dation ou de compétition subie par les amphibiens. La destruction et la fragmentation de leurs habitats aquatiques et terrestres sont un facteur majeur du déclin des amphibiens (encadré 1), affectant la disponibilité et la qualité des habitats favorables aux différentes espèces, et la connectivité, nécessaire aux flux de gènes, entre les populations. En effet, l'utilisation du sol et la multiplication des infrastructures de transport conditionnent la modification des milieux terrestres et la régression des zones humides et donc la survie d'un grand nombre de populations.

1 LA FRAGMENTATION DE L'HABITAT

La fragmentation se produit lorsque l'étendue de l'habitat d'une espèce est morcelée.

Elle peut se diviser en deux concepts :

- la perte d'habitat c'est-à-dire la réduction de la taille des habitats d'origine des espèces,
- la fragmentation des habitats sensu stricto lorsque l'unité des patchs d'habitat est rompue et que la configuration spatiale du paysage change (Haila 2002).

La conservation des espèces nécessite une meilleure connaissance de l'influence de la structure du paysage sur la distribution spatiale des espèces. Ainsi, la production de connaissances sur les paramètres qui influencent la distribution de chaque espèce et leurs préférences et tolérances vis-à-vis des caractéristiques de l'environnement semble essentielle pour mettre en place des stratégies de conservation adaptées. Une vision globale permet de prendre en compte la composition ainsi que la configuration spatiale de la mosaïque d'habitats pour la conception des plans de conservation et d'aménagement durable des territoires.

L'acquisition des données de terrain : un point essentiel à l'amélioration des connaissances

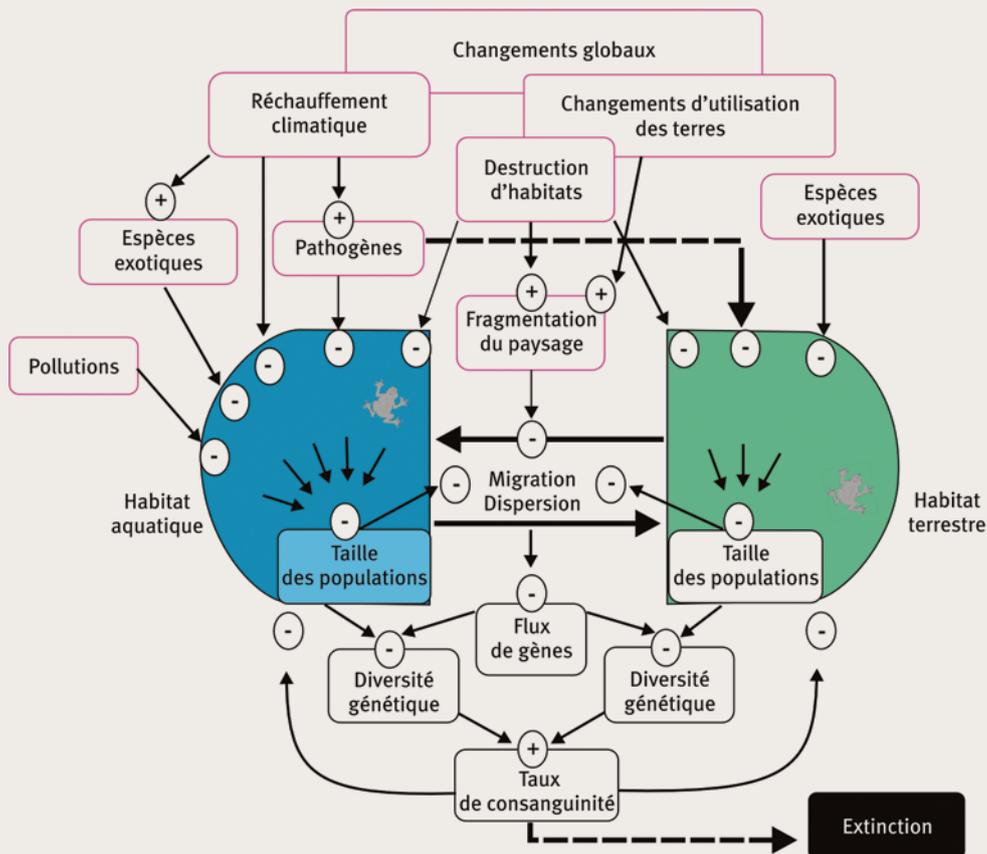
La connaissance des préférences des espèces passe par une connaissance de leur répartition spatiale ainsi que des variables environnementales et historiques qui y sont associées. De même, la cartographie des habitats des espèces à grande échelle est tributaire de la quantité d'informations disponibles concernant la distribution spatiale des espèces dans le paysage. Il est donc nécessaire d'acquérir un grand nombre de données d'observations, qui couvrent un maximum de territoires (photo 1). Il s'agit d'une tâche ardue en raison des modes de répartition des espèces, larges et/ou fractionnées, des surfaces à couvrir, des difficultés liées à la détection et à l'identification des espèces (observations nocturnes).



© M. Carroue (Istecq)

1 L'acquisition des données de terrain : une étape clé pour mieux connaître la distribution des espèces.

1 Schéma synthétique des principaux effets liés aux changements globaux sur les populations d'amphibiens dans leurs habitats aquatiques et terrestres



► Les réseaux associatifs naturalistes regroupent des bonnes compétences en matière de prospection et d'identification, et ont mis en place des protocoles de suivis à grande échelle depuis plusieurs années. Ils concentrent des bases de données fiables, dont la mobilisation peut aider non seulement à accroître les connaissances fondamentales sur la biologie et l'écologie des espèces, mais aussi sur l'élaboration de plan de conservation des espèces et de réflexions sur l'aménagement durable des territoires. Cependant, l'acquisition des données est souvent hétérogène selon les territoires, car les protocoles mis en place varient selon les associations naturalistes. Les mailles prospectées peuvent être de tailles différentes et le nombre d'observateurs diffère, ce qui induit une inégalité dans l'effort de prospection, la précision et la quantité des jeux de données. Par ailleurs, les prospections peuvent être biaisées, notamment par un « effet route », les zones éloignées des routes et des zones urbanisées, plus difficiles d'accès, étant souvent moins prospectées.

Modéliser la distribution géographique des espèces

Il existe un grand nombre de modèles permettant de prédire et de cartographier les distributions des espèces à des échelles spatiales variables. Une grande partie de ces approches conjugue la modélisation de la qualité de l'habitat (pour une espèce particulière), des analyses multi-variées, et des systèmes d'informations géographiques (SIG).

Selon le type de données disponibles, on peut distinguer deux catégories de modèles : les modèles qui gèrent des données de présence/absence d'espèces, et les modèles qui utilisent des données uniquement de présence. Le mode de gestion de ces données d'entrée renvoie également à différentes approches sur le terrain. Les jeux

de données de présence indiquent les localisations auxquelles l'espèce a été contactée, mais n'indiquent pas les localisations où elle n'a pas été observée. Dans l'idéal, les données de présence/absence sont plus fiables pour connaître et représenter précisément la niche réalisée d'une espèce. Le postulat de base qui sera utilisé pour la modélisation est que la présence d'une espèce est un indicateur d'un habitat favorable, son absence indique un habitat défavorable. Cependant, ce genre de données est compliqué à obtenir pour les espèces animales, mobiles, discrètes ou pouvant se cacher pendant une partie de l'année (notamment pendant l'hivernage, où les amphibiens restent généralement cachés dans des habitats terrestres).

Certains modèles permettent donc de contourner cette déficience en ne gérant que les données de présence relevées sur le terrain. Le principe de ces modèles est de coupler ces données de présence observées aux variables environnementales associées pour en déduire la niche écologique de l'espèce et modéliser sa répartition potentielle sur le territoire. Un ensemble de modèles utilise la notion de disponibilité d'habitats, caractérisée par la gamme des conditions environnementales trouvées dans une région et qui pourront satisfaire les préférences d'une espèce. Parmi les modèles de ce genre, deux sont couramment utilisés en écologie et en biologie de la conservation depuis quelques années, avec des modes de fonctionnement propres : MAXENT pour MAXimum ENTropy (Phillips *et al.*, 2004), est un modèle de distribution d'espèces et ENFA pour Ecological Niche Factor Analysis (Hirzel *et al.*, 2002), est un modèle de niche.

Étude de cas : modélisation de la distribution spatiale de quatre espèces d'amphibiens à l'échelle de plusieurs départements

Méthode

La présente étude se focalise sur quatre espèces d'amphibiens : le triton crêté *Triturus cristatus*, le crapaud calamite *Epidalea calamita*, et deux espèces de rainettes, la rainette arboricole *Hyla arborea* (photo ②) et la rainette méridionale *Hyla meridionalis*. Les données de présence ont été acquises en partenariat avec les différentes associations naturalistes ayant prospecté, entre 2000 et 2015, sur l'ensemble des départements suivants (du nord au sud) : Indre-et-Loire, Indre, Creuse, Haute-Vienne, Corrèze, Ariège. Les associations ont prospecté leurs départements respectifs en identifiant les espèces d'amphibiens par observation, écoute et avec localisation GPS des points de présence recensés, suivant un maillage des zones concernées. Les résultats obtenus dépendent fortement du nombre de points d'observation disponibles dans les différents départements étudiés. Ici, nous disposons d'un nombre limité de points, pour la rainette méridionale notamment, 154 points d'observation contre 2246 pour la rainette arboricole, 769 pour le crapaud calamite et 597 points d'observation pour le triton crêté. Les jeux de données ont été traités avec l'approche ENFA et MAXENT afin de sortir les cartes de distributions potentielles et de comparer ces deux approches. Ces deux modèles ont l'avantage de gérer des points de présence uniquement, et en faible nombre. Pour cela,

② La rainette arboricole est l'une des espèces en forte régression dans les zones urbanisées et dans les régions d'agriculture intensive.



© C. Tailleux (Irrstea)

des variables caractéristiques de l'occupation du sol, de la topographie et du climat ont été utilisées (tableau 1). Les deux méthodes utilisées – ENFA et MAXENT – ont permis de représenter les distributions potentielles des espèces qui varient de 0 à 100 % et pouvant être interprétées également selon un gradient de qualité d'habitats (figure 2, A et B). Pour faciliter la lecture cartographique, les résultats ont été traités en quatre classes d'habitats favorables 0%-25 % ; 25 %-50 % ; 50 %-75 % ; 75 %-100 %, chaque classe étant calculée pour une maille de 500x500 m.

Résultats

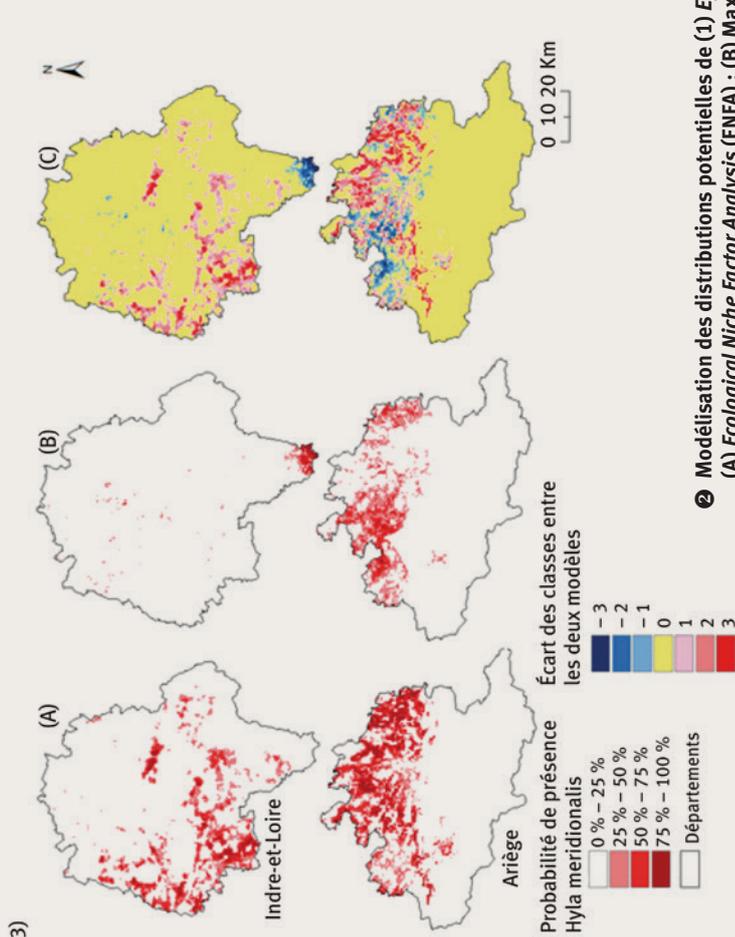
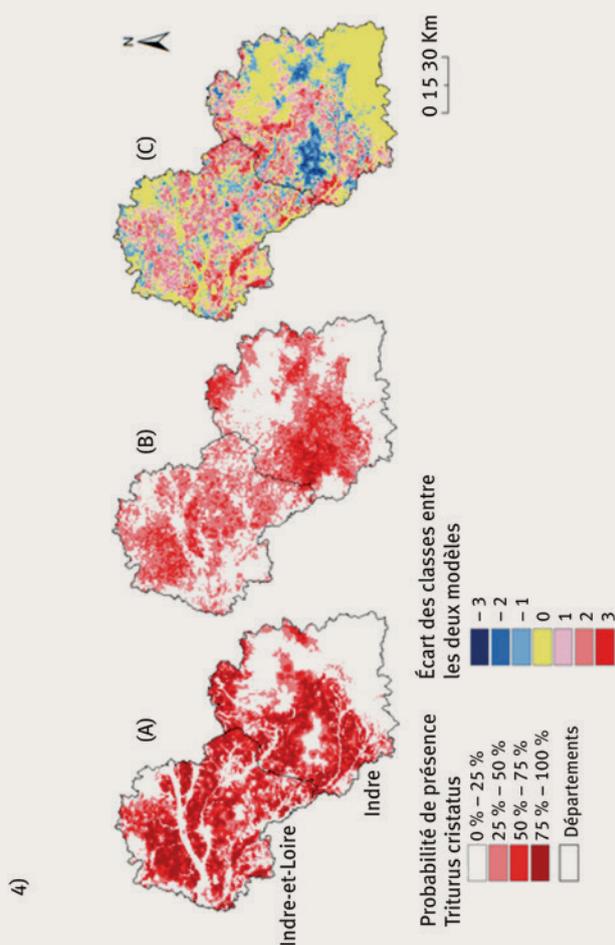
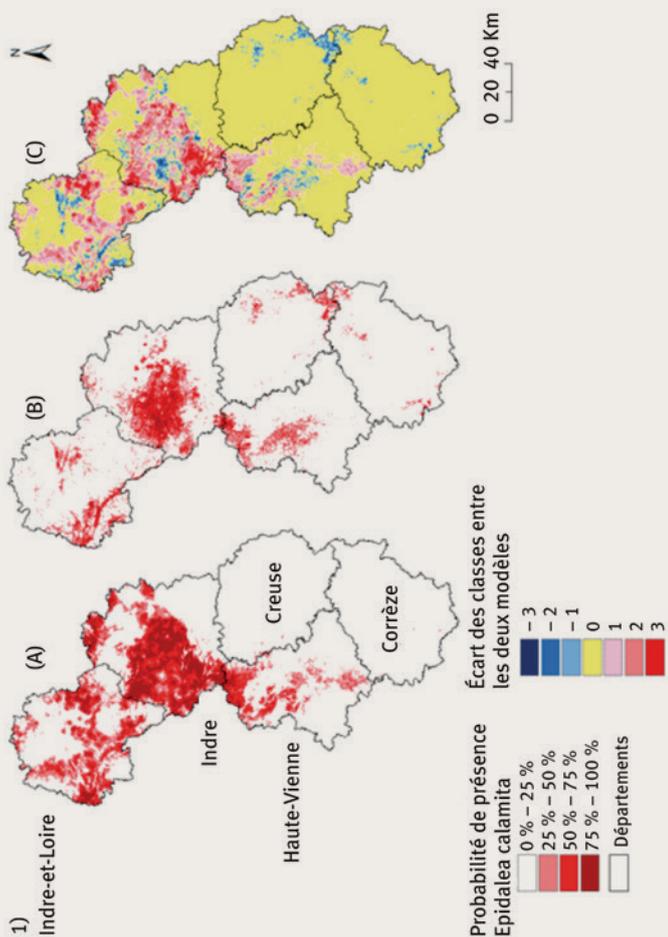
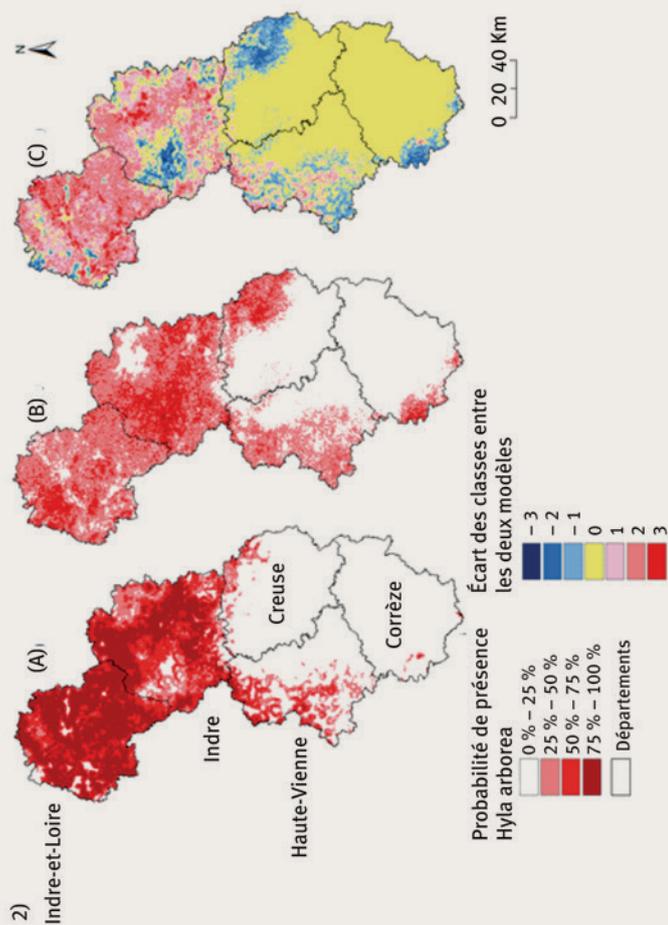
Les prédictions obtenues par l'approche ENFA semblent moins restrictives que celles obtenues par MAXENT. Cette dernière n'attribue la classe la plus élevée qu'à un nombre restreint de mailles des différentes cartes et paraît ainsi plus robuste. Les cartes des différences entre les deux modèles ont permis de déterminer les mailles

où les deux prédictions étaient différentes. Chez les quatre espèces étudiées, les zones où les prédictions sont les mêmes (en jaune ; figure 2, C) correspondent en majorité à une prédiction de 0 % à 25 % de probabilité de présence des espèces. Globalement, les écarts de classes entre les modélisations ENFA et MAXENT correspondent à une probabilité supérieure (dégradé de rouge ; figure 2, C) attribuée par le modèle ENFA par rapport à celle issue de MAXENT. L'ENFA semble donc surestimer les zones favorables aux espèces. Par ailleurs, l'évaluation de l'efficacité des modèles grâce au calcul d'aire sous les courbes caractéristiques d'efficacité (ROC, *receiver operating characteristic curve* ; Hanley et McNeil, 1982), a montré que les modélisations réalisées via MAXENT sont plus robustes pour prédire la répartition des espèces (0,93 contre 0,677 pour *Epidalea calamita*, 0,815 contre 0,525 pour *Hyla arborea*, 0,984 contre 0,621 pour *Hyla meridionalis* et 0,840 contre 0,7494 pour *Triturus cristatus*.

1 Variables éco-géographiques prises en compte dans l'étude de la répartition des amphibiens.

Variables éco-géographiques		Description	Provenance
Paramètres de l'habitat	Forêts	Forêts de conifères	Distance à la forêt de conifères la plus proche CLC : 312
		Forêts mixtes	Distance à la forêt mixte la plus proche CLC : 313
		Forêts de feuillus	Distance à la forêt de feuillus la plus proche CLC : 311
	Agriculture	Terres arables	Distance à la terre arable la plus proche CLC : 211
		Vergers et petits fruits	Distance à la culture de petits fruits ou au verger le plus proche CLC : 222
		Vignobles	Distance au vignoble le plus proche CLC : 221
		Cultures	Distance à la surface essentiellement agricole ou au système cultural et parcellaire complexe le plus proche CLC : 242 ; 243
		Prairies permanentes	Distance à la prairie permanente la plus proche CLC : 231
	Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée	Pelouses et pâturages naturels	Distance à la pelouse et au pâturage naturel le plus proche CLC : 321
		Landes et broussailles	Distance à la lande ou broussaille la plus proche CLC : 322
	Topographie	Pente	Pente -
		Altitude	Altitude IGN
	Hydrographie	Plans d'eau	Distance au plan d'eau le plus proche Sandre
		Cours d'eau	Distance au cours d'eau le plus proche Sandre
Zones humides (marais et tourbières)		Distance à la tourbière ou au marais le plus proche CLC : 411 ; 412	
Paramètres de fragmentation de l'habitat	Extraction de matériaux	Distance à la zone d'extraction de matériaux la plus proche CLC : 131	
	Zones artificialisées	Distance à la zone industrielle et/ou commerciale ou à l'espace urbain (continu ou discontinu) le plus proche CLC : 111 ; 112 ; 121	
	Routes primaires	Distance à l'autoroute, la liaison principale ou régionale la plus proche IGN	
	Routes secondaires	Distance à la liaison locale la plus proche IGN	
	Voies ferrées	Distance à la voie ferrée la plus proche IGN	
Paramètres climatiques	Températures moyennes	Moyennes de températures moyennes entre 2002 et 2014 *	
	Précipitations	Moyennes de précipitations entre 2002 et 2014 *	

* Paramètres climatiques : source Romain Bertrand (Station d'écologie expérimentale du CNRS, 2 Route du CNRS, 09200 Moulis, France).



② Modélisation des distributions potentielles de (1) *Epidalea calamita*, (2) *Hyla arborea*, (3) *Hyla meridionalis* et (4) *Triturus cristatus*.
(A) Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) ; (B) Maxent ; (C) Différences entre les deux modèles (ENFA-Maxent).

Conclusion : la modélisation des distributions d'espèces, aide à la gestion des territoires et à la conservation

Les approches par modélisation type ENFA et MAXENT aident à améliorer la connaissance des distributions réelles et potentielles des espèces sur un territoire donné et à connaître les variables environnementales qui influent sur ces distributions. Ce sont également des « outils pour l'action » de plus en plus utilisés pour les plans de conservation des espèces, l'aménagement et la gestion des territoires, par exemple en tant qu'aide à la décision pour la mise en place des SCoT (schémas de cohérence territoriale), des trames vertes et bleues. Ces outils sont particulièrement importants pour des espèces comme les amphibiens dont la biologie rend difficile l'acquisition de données. En cas de prospection, l'absence de données sur un site peut signifier soit une véritable absence, soit une non-détection des individus de l'espèce en question. En prenant en compte les variables environnementales et paysagères, et en affinant les connaissances de la niche écologique des espèces, ces modèles permettent d'obtenir des probabilités de présence, probabilités qui peuvent être prises en compte, pour des opérations d'aménagement du territoire par exemple, dans un cadre de principe de précaution.

Le travail considérable de prospection sur le terrain réalisé par les membres des associations naturalistes permet d'avoir des données de terrain et d'alimenter les bases de données à différentes échelles (départementale, régionale, nationale). Dans cette étude, l'approche MAXENT a montré les résultats les plus robustes statistiquement. Les zones identifiées comme potentiellement favorables aux espèces semblent plus concordantes avec la répartition connue des espèces, identifiée par les prospections. Cependant, les résultats cartographiques des deux approches doivent être vérifiés sur le terrain pour apprécier l'intérêt de chaque méthode. En effet, même si les cartes issues de MAXENT semblent plus cohérentes, la comparaison avec l'ENFA permet deux visions différentes de ce que peuvent être les habitats favorables d'une espèce en fonction de la méthode de modélisation utilisée. La collaboration entre chercheurs et associations naturalistes a permis de générer des cartes de prédiction qui peuvent par la suite être utilisées pour orienter les prospections par les associations afin de vérifier les prédictions, d'affiner les modèles et d'améliorer les connaissances sur la répartition des espèces sur le territoire étudié. Néanmoins, la mise en place de protocoles homogènes dans les différentes associations augmenterait la robustesse de ces analyses et la précision des cartes obtenues. Ce type de partenariat permet de mettre en application la recherche, au service des gestionnaires et des acteurs des territoires, et d'accroître l'efficacité des mesures de gestion et de conservation via une meilleure connaissance des espèces. ■

Remerciements

Les parties de cette étude ont été réalisées avec le soutien financier de la Région Centre, du FEDER et de l'agence de l'eau Loire-Bretagne en partenariat avec l'établissement public Loire.

Les auteurs

Clémentine PRÉAU^{1,2}

1. Laboratoire Écologie et biologie des interactions, Équipe « Écologie Évolution Symbiose », Université de Poitiers, UMR CNRS 7267, F-86073 Poitiers, France.
2. UMR CNRS 7324 CITERES, équipe IPAPE, École Polytechnique de l'Université François Rabelais, Département d'aménagement et d'environnement, 33-35 allée Ferdinand de Lesseps, F-37200 Tours, France.
✉ clementine.preau@univ-poitiers.fr

Francis ISSELIN-NONDEDEU^{1,2}

1. UMR CNRS 7324 CITERES, équipe IPAPE, École Polytechnique de l'Université François Rabelais, Département d'aménagement et d'environnement, 33-35 allée Ferdinand de Lesseps, F-37200 Tours, France.
2. UMR CNRS/IRD 7263 IMBE, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon Cedex 09, France.

Audrey TROCHET^{1,2,3}

1. Université Toulouse 3 Paul Sabatier, CNRS, ENFA, UMR5174 EDB (Laboratoire Évolution & Diversité Biologique), 118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse, France.
2. CNRS, Université Paul Sabatier UMR5174 EDB, F-31062 Toulouse, France.
3. CNRS, Station d'écologie expérimentale du CNRS à Moulis, USR 2936, F-09200 Moulis, France.

Éric SANSAULT

Association naturaliste d'étude et de protection des écosystèmes CAUDALIS, 9 rue du Nouveau Calvaire, F-37100 Tours, France.

Romuald DOHOGNE

Indre Nature, 44 Avenue François Mitterrand, F-36000 Châteauroux, France.

Julien JEMMIN

Groupe Mammalogique et Herpétologique du Limousin, 11 rue Jauvion, F-87000 Limoges, France.

Anne TINCHANT

SEPANT, 8 bis allée des Rossignols, F-37170 Chambray-lès-Tours, France.

André DUTERTRE et Gilbert PAGÉ

SHT 37, 152 rue Fleurie, F-37540 Saint-Cyr-sur-Loire, France.

EN SAVOIR PLUS...

- 📖 **BEEBEE, T.J.C., GRIFFITHS, R.A.**, 2005, The amphibian decline crisis: a watershed for conservation biology?, *Biological Conservation*, vol. 125, n° 3, p. 271-285.
- 📖 **HAILA, Y.**, 2002, A Conceptual Genealogy of Fragmentation Research: From Island Biogeography to Landscape Ecology, *Ecological Applications*, vol. 12, n°2, p. 321-34.
- 📖 **HANLEY, J.A., MCNEIL, B.J.**, 1982, The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve, *Radiology*, vol. 143, n° 1, p. 29-36.
- 📖 **HIRZEL, A.H., HAUSSER, J., CHESEL, D., PERRIN, N.**, 2002, Ecological-Niche Factor Analysis: How to Compute Habitat-Suitability Maps without Absence Data?, *Ecology*, vol. 83, n° 7, p. 2027-36.
- 📖 **PHILLIPS, S. J., DUDIĆ, M. SCHAPIRE, R.E.**, 2004, A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling, p. 655-662.