



Modélisation de la répartition potentielle des reptiles en Auvergne & estimation des zones sous-prospectées

Adrien Pinot, Michaël Guillon et Hélène Lisse

Contact : adrien.pinot@vetagro-sup.fr

Merci à la LPO Auvergne et aux contributeurs de Faune-Auvergne pour les données mises à disposition à l'occasion de cette analyse et à Nicolas Lolive pour la relecture du présent document. Les nombreux auteurs des données analysées sont cités en annexe de ce document.

Résumé

A partir des données naturalistes déjà disponibles sur la région via le site de saisie en ligne Faune-Auvergne et de données environnementales, nous avons modélisé l'habitat potentiel de plusieurs espèces de reptiles à l'échelle de l'Auvergne. Ces cartes nous permettent d'extrapoler la répartition des espèces sur l'Auvergne à partir de données lacunaires, mais également d'essayer d'estimer les zones prioritaires à prospecter à l'avenir. En effet, en comparant la richesse spécifique théorique à celle déjà observée, nous sommes en mesure d'estimer quelles sont les zones sous prospectées. Ce travail est exploratoire, il a surtout pour but d'essayer de motiver les naturalistes et citoyens bénévoles à collecter et à transmettre des données de présence de reptiles en les orientant sur les zones actuellement sous-documentées.

Mots clefs ; Habitat, Richesse spécifique, ENFA, sélection d'habitat, niche climatique, niche écologique

Introduction

En tant qu'organismes ectothermes, les reptiles sont très contraints par le climat, la structure de leur habitat et la présence de micro-habitats. Ils sont de ce fait particulièrement sensibles aux menaces de destruction de leurs habitats et au changement climatique. Dans le but de mieux connaître la répartition des espèces sur le territoire en Auvergne, un projet d'atlas et d'évaluation d'état des populations a été lancé, porté par une nouvelle association dédiée à ce projet et plus généralement à la protection des reptiles via une meilleure connaissance et sensibilisation. Une première étape du projet consiste à compiler les données existantes sur l'Auvergne portée par différentes structures et personnes. Le premier partenariat a été conclu avec la LPO Auvergne pour la mise à disposition de données issues de Faune Auvergne, outil participatif très utilisé par les naturalistes de la région, et a permis une première analyse des données disponibles. De nombreux indices, comme des zones sans aucune donnée, des données trop ponctuelles (manque d'autocorrélation spatiale dans les données de présence), la surabondance d'espèces aux alentours des grandes villes nous indique que le jeu de donnée sur les reptiles est à l'heure actuelle trop lacunaire. Ainsi, pour mieux estimer la répartition potentielle des reptiles en Auvergne, une première modélisation a été réalisée à titre d'essai méthodologique. Les modèles nous permettent également d'estimer le degré de spécialisation de chaque espèce sur les habitats et niches climatiques occupés en Auvergne. Ces modèles pourront ensuite être réutilisés pour affiner le rendu des cartes de répartition des espèces lorsque les données collectées seront en nombre suffisant (i.e. Atlas des Reptiles et Amphibiens de Rhône-Alpes, GHRA). Nous avons également agrégé les cartes d'habitat potentiel des 13 espèces à la répartition la plus large afin d'estimer la répartition spatiale de la richesse spécifique théorique en Auvergne. La comparaison de cette carte de richesse spécifique théorique avec celle de la richesse spécifique observée permet de détecter les zones étant potentiellement sous prospectées ou du moins sous documentées.

Dans un avenir plus lointain, nous espérons que la comparaison entre la répartition réalisée par espèce et la répartition potentielle nous donnera des indicateurs capables d'évaluer l'état des populations de reptiles en Auvergne ainsi que ses possibilités d'évolution.

Matériel & Méthodes

Données de présence d'individus

Le jeu de données Faune-Auvergne contient 7519 données de présence réparties sur 15 espèces autochtones et 1798 observateurs (Tab. 1).

A partir de ce jeu de données, la richesse spécifique observée a été comptée sur une maille de carré de 5km de côté. Dans le but de comparer cette richesse spécifique observée à la richesse spécifique théorique (voir dernier paragraphe du matériel et méthode), nous avons ici travaillé sur les 13 espèces les plus communes en Auvergne (les espèces ponctuelles ont été retirées de l'analyse ; coronelle girondine et lézard ocellé).

	Observations	Observateurs	N50
Vipère péliade	139	68	14
Lézard vivipare	381	128	16
Couleuvre vipérine	209	99	15
Couleuvre d'Esculape	127	75	16
Couleuvre verte et jaune	200	96	17
Cistude d'Europe	195	90	15
Lézard vert occidental	1736	263	16
<i>Lézard ocellé</i>	5	4	2
Lézard des murailles	2126	282	19
Vipère aspic	578	166	16
Orvet fragile	652	169	19
Couleuvre à collier	804	177	20
Coronelle lisse	244	111	16
<i>Coronelle girondine</i>	2	2	1
Lézard des souches	123	68	17

Table 1 : Nombre d'observations et nombre d'observateurs pour chaque espèce de reptile

Modélisation de l'habitat potentiel par Ecological Niche Factor Analysis

Nous nous sommes intéressés aux méthodes de modélisation qui permettent de travailler avec uniquement des données de présence d'une espèce. Ces méthodes ont été développées pour produire des cartes d'habitat potentiel pour des atlas de répartition (Hirzel 2002). La méthode d'analyse utilisée s'inspire des travaux de thèse de Michaël Guillon, portant sur la répartition des deux espèces de vipères sur le Massif central (Guillon M. 2011). Les modélisations réalisées pour les deux espèces lui ont permis d'évaluer finement leurs niches climatiques et des *scenarii* d'évolution des espèces en fonction des prévisions du changement climatique.

Nous avons utilisé la méthode ENFA (Ecological Niche Factor Analysis – Hirzel 2002) pour modéliser l'habitat potentiel en Auvergne de plusieurs espèces de reptiles. Le principe de l'ENFA est de recouper les données climatiques et d'habitats disponibles en chaque point du territoire avec les points de présence de l'espèce modélisée (uniquement les points de présence, ainsi la méthode est robuste aux problèmes de faux 0 liés à des lacunes de prospections contrairement aux modèles linéaires généralisés). Au moyen d'une Analyse en Composante Principale

(ACP), le modèle en ressort la combinaison de variables qui explique le mieux la répartition géographique de l'espèce. A partir des mêmes variables environnementales, le modèle peut alors prédire en chaque point du territoire la qualité d'habitat pour une espèce (Fig. 1).

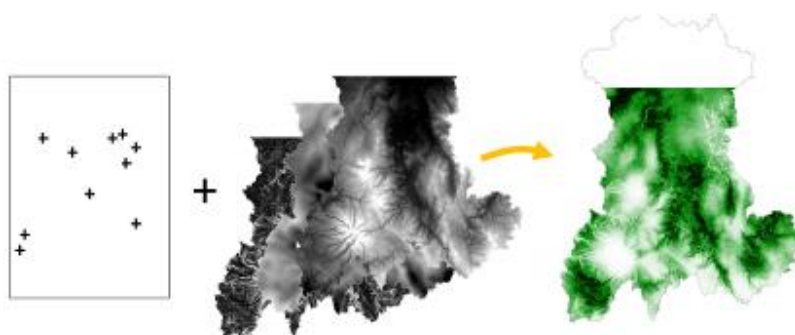


Figure 1: Principe de l'Ecological Niche Factor Analysis

Les cartes produites présentent un indice continu de 0 à 100 ; 0 pour les pixels où l'habitat est défavorable, 100 pour les habitats favorables. Ces cartes ne sont toutefois pas des cartes de répartition d'espèce dans le sens où un habitat peut être favorable à une espèce sans que

celle-ci y soit présente pour diverses raisons (fragmentation, disparition locale de d'espèce, ...).

Les données environnementales permettant de produire les cartes d'habitats potentiels sont les mêmes que celles utilisées par Michaël Guillon lors de sa thèse en 2011 (voir table 2). L'utilisation de ces données dans les modèles a pour but de modéliser les niches climatiques des espèces (Guillon 2012). Elles ont une résolution de 200m.

Données de topographie	Données climatiques
Altitude (SRTM v4.1)	Précipitations mensuelles (AUREHLY - moyennes sur 30 ans)
Pente (SRTM v4.1)	Température maximum mensuelle (AUREHLY - moyennes sur 30 ans)
Irradiation potentielle (SRTM v4.1)	Température minimale mensuelle (AUREHLY - moyennes sur 30 ans)
	Radiations solaires interpolées (PVGIS © European Communities, 2001-2008 - moyennes sur 9 ans en 1981 et 1990)
Index de nébulosité calculé comme le pourcentage de différence entre l'irradiation potentielle (données interpolées d'irradiation effective mensuelles issues de PVGIS © European Communities) et l'irradiation effective (données topographiques issues du SRTM).	

Table 2 : Variables environnementales utilisées pour la modélisation des habitats potentiels des différentes espèces de reptiles

Ces cartes d'habitat potentiel ont été construites pour 13 espèces de reptiles différentes sur les 15 indigènes connues à ce jour en Auvergne ; 5 couleuvres (verte et jaune, à collier, d'Esculape, vipérine, coronelle lisse), 2 vipères (aspic, péliade), 5 lézards (vert occidental, des murailles, des souches, vivipare, orvet fragile) et 1 tortue (cistude d'Europe). Les cartes d'habitat potentiel de la coronelle girondine et du lézard ocellé n'ont pas été produites car ces espèces sont présentes dans des habitats très minoritaires à l'échelle de l'Auvergne, ne nécessitant probablement pas d'être modélisés pour estimer la répartition de l'espèce. En outre, le faible nombre d'observations disponibles, dû à leur rareté dans notre région, ne nous permet pas de modéliser correctement leur habitat potentiel.

Estimation de la richesse spécifique théorique

Une fois les cartes d'habitat potentiel fabriquées, nous avons développé une méthode permettant d'essayer d'estimer la probabilité qu'un pixel représente un habitat potentiel pour l'espèce. Cette binarisation est une étape nécessaire à la construction d'un indice de richesse spécifique théorique. Pour ce faire, nous avons récupéré la valeur des habitats prédits sous chacune des observations de reptiles. A partir de la distribution de ces valeurs, nous avons recueilli la valeur d'habitat potentiel seuil (S75) qui comprend 75% des données de présence (i.e. pour le lézard des murailles, 75% des données de présence sont observées dans des valeurs d'habitat potentiel contenues entre 54 et 100, la S75 est donc de 54). Cette valeur de 75% est empirique, elle permet la modélisation d'une aire de répartition « restrictive » qui se traduit par la mise de côté des erreurs potentielles d'identification lors de la collecte des données, des animaux observés dans des habitats non optimaux, et peut se justifier par la taille des pixels qui présente un grain probablement trop grand pour les reptiles mais qui est le grain disponible le plus fin. Ces S75 sont différentes pour chacune des espèces de reptile et contenues entre 38 pour la couleuvre à collier et 72 pour la vipère péliade en fonction de la plasticité de sa niche climatique.

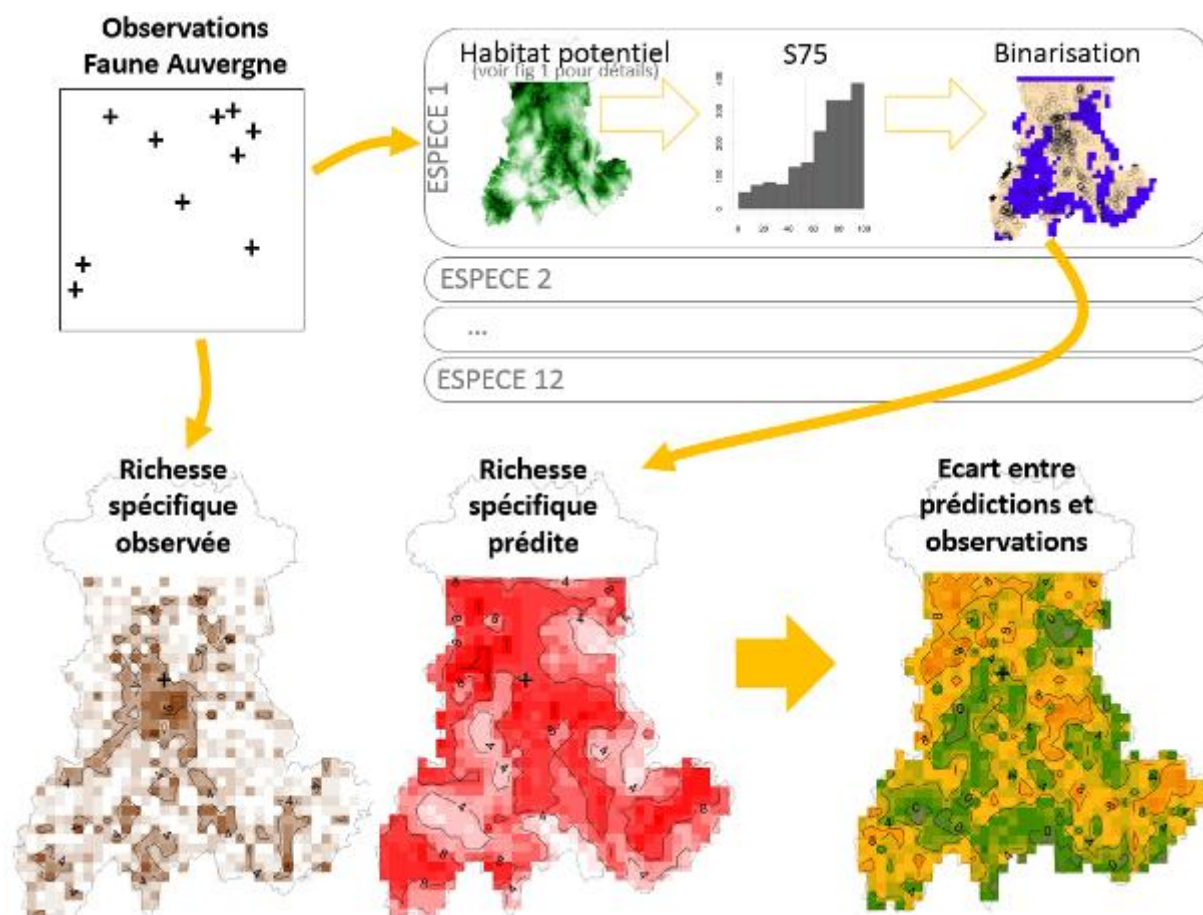


Figure 2 : Schéma de synthèse de la construction des indices de richesse spécifique

Ensuite, la carte d'habitat a été binarisée pour chacune des espèces avec la valeur de S75 ; tous les pixels ayant une valeur supérieure à la S75 ont été considérés comme des zones de présence potentielle de l'espèce. Cette binarisation, d'abord effectuée à la résolution de 200m*200m a ensuite été résumée à une échelle de maille plus grande (5km par 5km) afin de pouvoir comparer ces valeurs aux données observées.

La richesse spécifique prédite sur chaque pixel est obtenue en additionnant les espèces pour lesquelles ce pixel correspond à une présence potentielle. Elle s'étend théoriquement de 0 (aucune espèce n'est prédite comme potentiellement présente sur ce carré) à 13 (toutes les espèces sont potentiellement prédites).

Ecart entre richesse spécifique théorique et observée

Sur chacun des pixels, nous avons soustrait le nombre d'espèce observées au nombre d'espèces prédites. Les valeurs proches de 0 montrent des zones où le nombre d'espèces observées est proche du nombre d'espèces prédites, les valeurs positives montrent les zones où le nombre d'espèces observées est inférieur au nombre d'espèces prédites, ce qui suggère soit un défaut de prospection ou de données, soit le fait que l'espèce ne soit pas présente dans un habitat qui lui est favorable. A l'inverse, dans les zones où l'indice est négatif, les modèles prédisent moins d'espèces que ce qui a déjà été observé.

Résultats et interprétation

Richesse spécifique observée en Auvergne

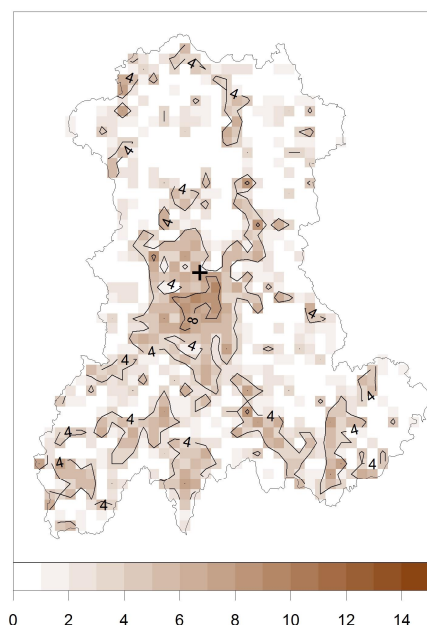


Figure 3: Richesse spécifique observée à partir des données de Faune Auvergne à l'Automne 2015

A l'heure actuelle, les données disponibles sur la base de données Faune-Auvergne montrent une répartition de la richesse spécifique en Auvergne hétérogène à l'échelle de la région. L'indice de richesse spécifique est compris entre 0 et 8 espèces recensées sur des carrés de 5km par 5km. On observe très nettement un effet positif de la concentration humaine sur l'indice de richesse spécifique (autour de Clermont-Ferrand, du Puy en Velay) mais il existe aussi des « hotspots » qui sont probablement dus à des herpétologues locaux. Il existe de nombreux endroits où peu de données, voire aucune n'est recensée. Au vu de la faible autocorrélation spatiale de la richesse spécifique en reptiles, cette carte est probablement peu représentative de la situation dans la nature et illustre bien les défauts de prospection des reptiles.

Cartes des habitats potentiels

La modélisation de l'habitat potentiellement favorable de chaque espèce donne une valeur qui indique la spécialisation (marginalité ; m) de l'espèce par rapport à la combinaison de variables utilisée. Ainsi, les espèces ayant des forts indices de marginalité occupent des habitats originaux par rapport à la disponibilité d'habitat de la zone d'étude. A l'inverse, les espèces ayant un indice de marginalité faible sont considérées comme plus ubiquistes. La figure 4 compile les résultats obtenus pour l'ensemble des espèces traitées. Pour une espèce donnée, si l'indice de marginalité est plus petit qu'attendu (l'inverse est plus rare), c'est que la niche de l'espèce a mal été modélisée (variables environnementales pas assez discriminantes, pas assez de données de présence de l'espèce...).

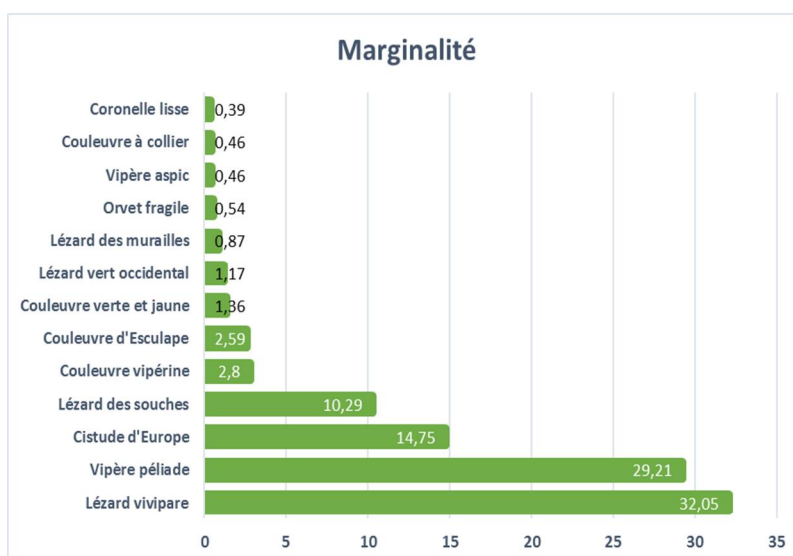
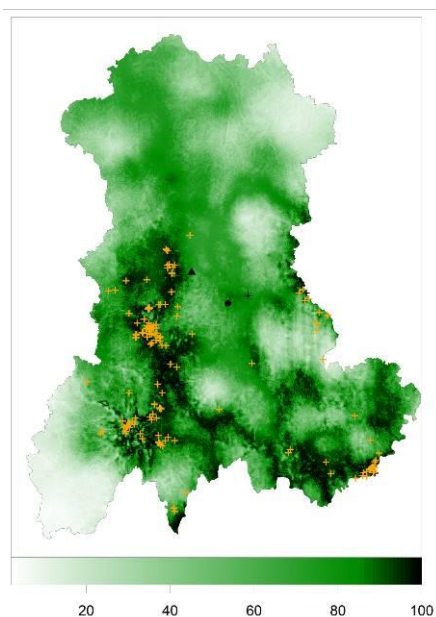


Figure 4: Marginalité estimée pour chacune des 13 espèces de reptiles.



Chez certaines espèces, la modélisation donne des résultats qui semblent très bons au regard de l'écologie de l'espèce (eg. Vipère péliade, Lézard vivipare, voir en annexe les résultats pour chacune des espèces). L'indice de marginalité est élevé, la majorité des pixels dans lesquels des individus ont été observés correspondent à des indices de qualité d'habitat importants.

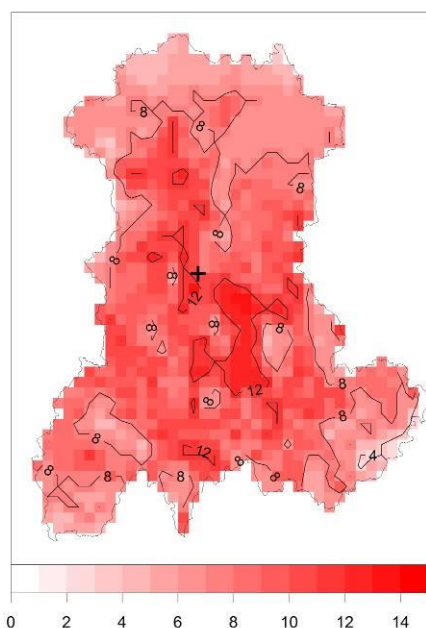
Chez les espèces très ubiquistes, la modélisation est moins bonne. L'indice de marginalité est par construction plus faible et un nombre non négligeable d'individus ont été trouvés dans des pixels où l'habitat prédit n'est pas favorable.

Figure 5 : Carte de l'habitat potentiel de la vipère péliade et points de présence observée de l'espèce (croix oranges)

Ceci peut être dû à :

- Des populations d'une espèce montrant des sélections d'habitat différentes entre plusieurs zones de l'Auvergne
- Un mauvais échantillonnage des individus (niche non représentative de l'espèce)
- La résolution des pixels qui est bien plus grande que le domaine vital des animaux (e.g. on voit très nettement pour le lézard des murailles la présence d'individus dans des vallées de montagne)
- La non prise en compte de variables environnementales importantes
- Des erreurs de détermination

Carte de la richesse spécifique théorique



La carte de la richesse spécifique théorique des reptiles en Auvergne montre une répartition hétérogène de l'indice à l'échelle de la région, mais qui est auto-corrélée dans l'espace. Elle montre des zones de « hotspots » de richesse spécifique de reptiles pouvant accueillir jusqu'à 12 espèces sur des mailles de 5km par 5km (Combrailles auvergnates, Livradois, Velay). Elle montre aussi des zones de « déserts » qui sont principalement situées sur les climats froids (e.g ; Chaîne des Puys, Forez, Monts du Cantal, Montagne Bourbonnaise). Le Val d'Allier ou la Limagne, aux habitats plutôt thermophiles, ne ressortent pas comme des zones de très forte richesse spécifique.

Figure 6: Richesse spécifique théorique en reptiles prédite à l'échelle de l'Auvergne pour les 12 espèces les plus abondantes.

Carte des écarts entre richesse spécifique théorique et richesse spécifique observée



Figure 7: Ecarts entre la richesse spécifique théorique et celle observée ; en orange, les zones où il a été observé moins d'espèces que le nombre prédit par les modèles ; en vert, les zones où il a été observé à peu près le même nombre d'espèces que celui prédit par les modèles ; en gris, les endroits où les modèles prédisent moins d'espèces que le nombre qui a déjà été observé. La croix marque le centre du monde, Clermont Ferrand.

Tout d'abord, l'autocorrélation spatiale de l'indice nous indique qu'il est probablement intéressant. Afin d'analyser ce résultat, il est possible de le découper en trois groupes.

Les zones où la richesse spécifique observée est similaire à la richesse spécifique théorique (autour de 0, zones en vert sur la fig).

Ces zones sont principalement placées dans des environnements à faible richesse spécifique théorique ou en frange d'agglomération. La méthode ne nous dit pas si ce sont les espèces prédites théoriquement qui sont observées ! Elle nous dit seulement que le nombre d'espèce observé est sensiblement égal au nombre d'espèce prédit. Si nos modèles sont suffisamment justes, ce sont les zones où l'effort de prospection est raisonnable. Dans certaines zones, on peut penser que le faible nombre de données disponibles est responsable d'une sous-estimation du nombre d'espèces potentielles, les niches présentes dans ces zones étant alors moins bien prises en compte dans les modèles. Cela pourrait être le cas du Nord/Nord-Ouest de l'Allier, et sans doute de l'extrême Sud-Ouest du Cantal selon les naturalistes de cette région...

Les zones où la richesse spécifique observée est supérieure à la richesse spécifique théorique (indice négatif, zones en gris sur la fig).

Plusieurs mécanismes peuvent être avancés pour expliquer ces erreurs de modélisation : les erreurs de détermination, les animaux erratiques ou les micro-habitats en frange des habitats potentiels non modélisables à la résolution de 200m*200m (i.e. autour de la chaîne de Puys), et peut-être également la grande rareté des données sur certains secteurs.

Heureusement, ces zones grises sont minoritaires à l'échelle de l'Auvergne. On peut au moins les découper en 3 groupes différents ;

- Les franges de climats froids, où les limites de répartition de certaines espèces abondantes sont mal prises en compte (c'est typiquement le cas pour le lézard des murailles ou le lézard vert occidental et cela pourrait être dû à la taille des pixels des données environnementales).

- Les zones en vert citées précédemment dans le Cantal et l'Allier où les données sont assez rares.

Les zones où la richesse spécifique observée est inférieure à la richesse spécifique théorique (indice positif, zones en orange sur la fig).

C'est dans ces zones que le défaut de prospection est probablement le plus fort. Ainsi, il serait intéressant afin d'avoir une vision représentative des animaux à l'échelle de la région, de prospecter ces zones de façon prioritaire.

Bilan sur la méthode

Globalement, les espèces pour lesquelles la méthode semble la mieux adaptée sont celles qui sont suffisamment spécialisées sur les niches climatiques, comme on pouvait l'attendre (voir figure 4 pour les coefficients de marginalité des espèces ; plus le coefficient est fort, plus l'espèce est spécialisée sur un milieu particulier). Pour ces espèces, on observe très peu de points en dehors de l'aire de répartition donnée comme très favorable par les modèles (zone en vert foncé à noir). Dans l'ensemble cela concerne la Vipère péliade, le Lézard vivipare et le Lézard des souches, espèces de milieux froids, mais aussi la Couleuvre d'Esculape et la Couleuvre verte et jaune qui ont pourtant des coefficients de marginalité moindres. Malgré la grande marginalité du Lézard des souches, de trop nombreuses erreurs d'identification dans les données pourraient expliquer les moins bons résultats de la modélisation (points de présence hors des zones prédites comme très favorables).

Pour les espèces de milieux aquatiques, le modèle donne de bons (Cistude d'Europe) ou assez bons (Couleuvre vipérine) résultats mais tend en fait à recréer les cours d'eau ou points d'eau à partir des variables climatiques, ce qui pourrait être bien entendu simplifié en ajoutant directement une variable d'habitat sur les cours d'eau et points d'eau. La modélisation nous indique toutefois que la niche climatique de la Cistude semble assez précise en comparaison de celle de la Couleuvre vipérine.

Pour les autres espèces, dans l'ensemble plus ubiquistes sur leur habitat et leur niche climatique (qu'elles aient une tendance thermophile ou non), les modélisations donnent des résultats pertinents dans l'ensemble, mais on note cependant de nombreux points hors des aires prédites comme très favorables. Des ajustements sont envisageables pour tenter d'améliorer les modèles, les espèces pouvant être sensibles à d'autres facteurs en priorité. Sur ce point il nous semblerait intéressant d'ajouter des variables d'habitat à proprement parler, comme celles du Corine Land Cover (ce qui permettrait également la prise en compte de l'habitat aquatique pour la Cistude d'Europe et la Couleuvre vipérine) Des indices prenant en compte la proportion de lisières et haies par mailles pourraient par exemple être pris en compte. On peut également penser à d'autres informations comme l'abondance de proies pour certaines espèces plus spécialisées. Pour la Coronelle lisse, il est probable également que le faible nombre de données (<250) soit responsable des moins bons résultats observés pour le modèle par rapport à d'autres espèces à large répartition. Il est aussi probable qu'aucun facteur très discriminant ne puisse être trouvé pour la plupart des espèces plus opportunistes, et notamment pour le Lézard des murailles et le Lézard vert occidental pour lequel l'utilisation de micro-habitats ne pourra sans doute pas être prise en compte. Pour ces deux espèces qui concentrent à elles seules la moitié des observations de la base, il est également très probable que l'habitat prédit soit biaisé par le grand nombre de données

proches de l'agglomération Clermontoise, le modèle ayant alors tendance à reproduire les caractéristiques climatiques de la plaine en priorité.

La pertinence du modèle est donc moindre pour les espèces « non spécialistes » mais reste satisfaisante si les données d'observation sont assez nombreuses et réparties de façon suffisamment homogène. Il permet également de donner de bonnes indications sur le caractère thermophile ou non des habitats utilisés préférentiellement par les espèces dans la région.

Enfin, pour les espèces très ponctuelles en Auvergne (Lézard ocellé et Coronelle girondine), il n'y a pas lieu de réaliser de modélisation à l'échelle de la région, les milieux pouvant accueillir les espèces étant à priori anecdotiques. Il serait cependant intéressant d'essayer de caractériser finement les stations à Coronelle girondine, afin d'essayer d'orienter les recherches de cette espèce peut-être plus présente que ce qu'il n'y paraît à l'heure actuelle.

Globalement nous pensons que le type de modélisation testé ici pourra effectivement servir à affiner les rendus cartographiques de la répartition des espèces, excepté peut-être pour les espèces à très large répartition sur la région comme la Couleuvre à collier.

Bilan sur les données et zones d'observations

La comparaison entre les cartes de richesse spécifique observée et les cartes de richesse spécifique théorique nous permet d'observer l'écart entre ce que nous connaissons de façon sure, et ce que nous pourrions avoir potentiellement. Nous avons choisi de comparer des indices portant sur plusieurs espèces afin de ne pas orienter des prospections spécifiques et ainsi laisser aux futurs observateurs tous leurs sens pour observer toutes les espèces possibles.

Cette carte nous montre globalement qu'il y a des zones où il manquerait massivement des données d'observation. Ces manques pourraient avoir deux origines, un défaut de prospection ou des absences dues à des disparitions locales. Elle nous montre aussi que par endroits, les modèles sous-estiment la répartition des reptiles et il reste à mieux comprendre ce qui induit ce phénomène. A partir de ce travail, nous sommes ainsi capables de proposer les zones de prospections prioritaires (fig8).

A propos de la qualité des données, on note quelques données éparées hors de leurs limites connues et hors de leur habitat potentiel qui laissent penser que quelques données méritent d'être passées au crible des vérificateurs FA/ORA (principalement Vipères péliade, Cistudes, Lézards des souches). Il faut préciser que le jeu de données participatives utilisé n'est pas entièrement vérifié à l'heure actuelle, et qu'un travail à ce niveau est toujours en cours.

Conclusion et perspectives

Les modèles d'habitat potentiel de type ENFA pourront être informatifs sur la spécialisation et les absences/régression de 13 espèces sur les 16 notées à ce jour en Auvergne. Des espèces spécialistes sont d'ores et déjà identifiables, en cohérence avec ce que l'on connaît de l'écologie de ces espèces : la Vipère péliade, le Lézard vivipare, le Lézard des souches et la Cistude d'Europe.

Comme perspectives de ce travail de modélisation, il s'agira de mieux cibler les zones de prospections prioritaires et de refaire les analyses avec l'ajout de variables d'habitats. Pour certaines espèces le travail de modélisation prendra tout son sens après un travail supplémentaire de collecte de données. Sur la base de ces niches climatiques modélisées, il pourrait par la suite être intéressant de chercher quelles communautés de reptiles sont les plus observées en fonction des différentes entités climatiques de la région.

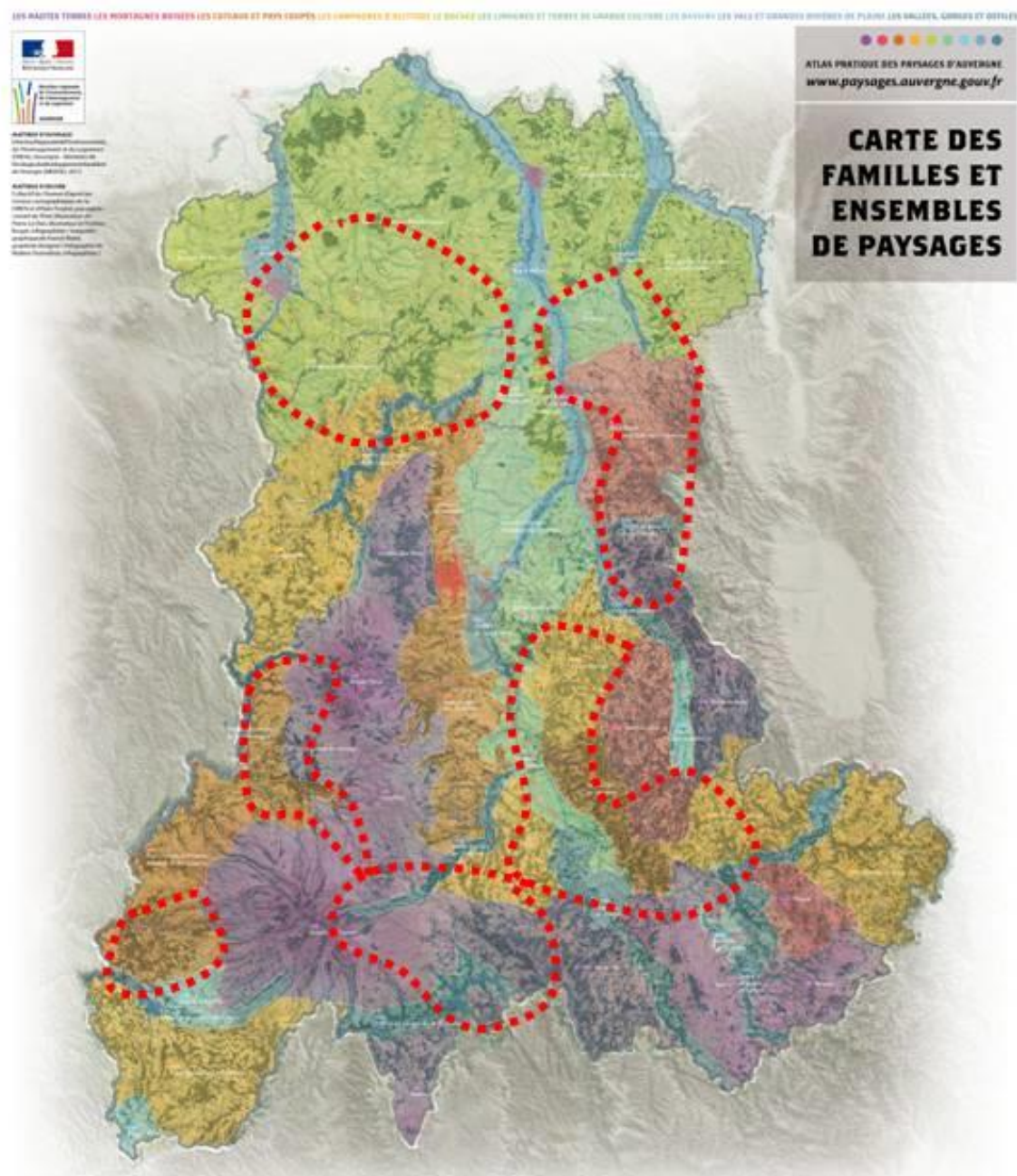
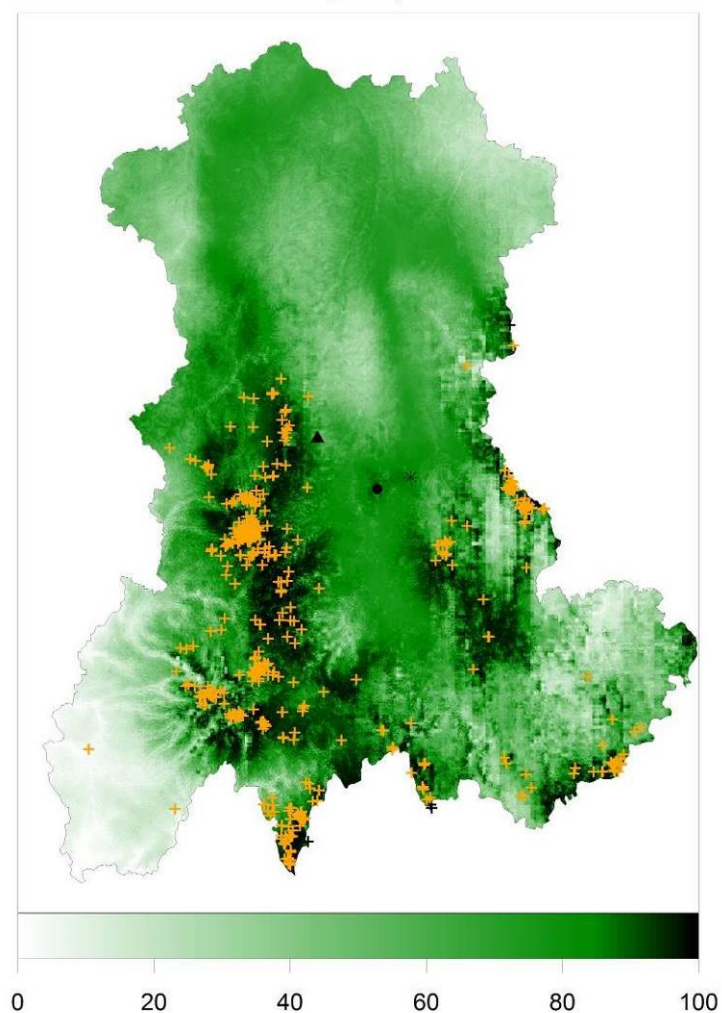


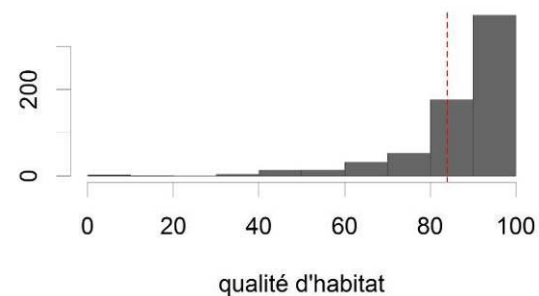
Figure 8 : zones qui seraient sous prospectées en Auvergne (sous couvert de robustesse des modèles) et qui devraient ainsi être prospectées prioritairement.

ANNEXES : Résultats - Espèces pour lesquelles le modèle fonctionne bien

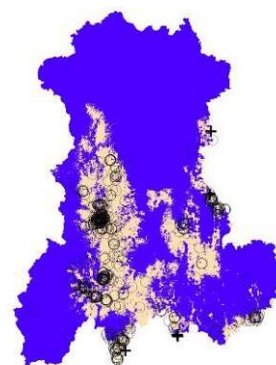
Ecological Niche Factor Analysis
lézard vivipare | $m = 32.05$



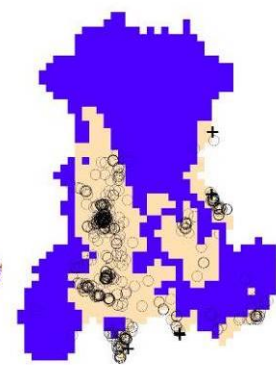
Distribution des habitats prédits
sur les points de présence



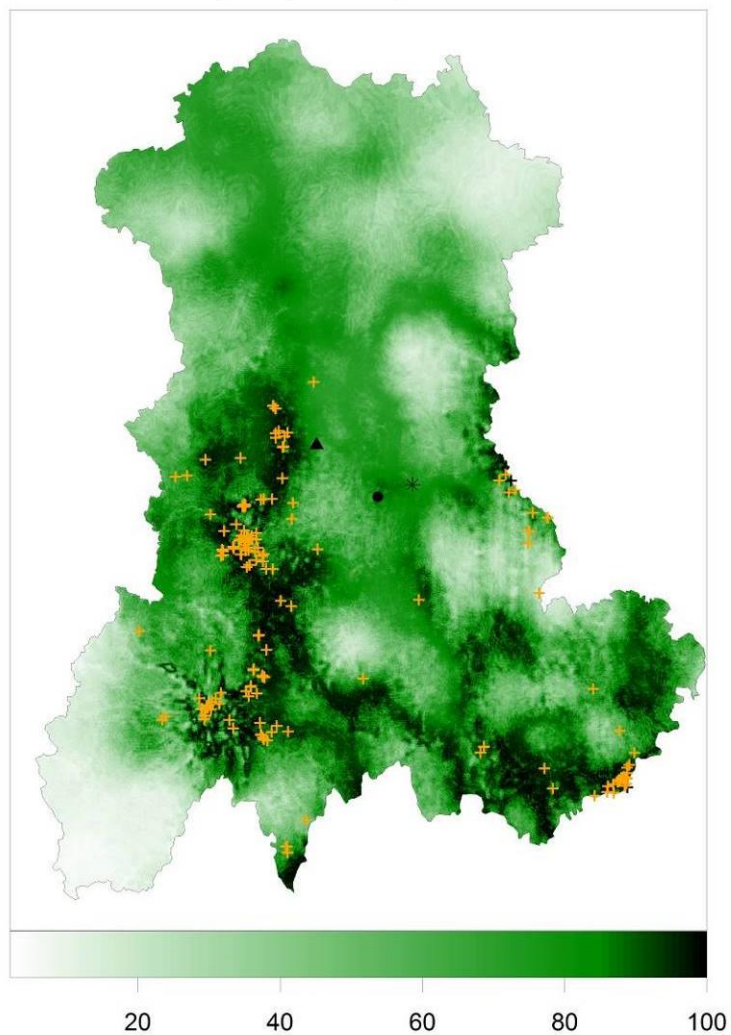
Présence | absence
200m resolution



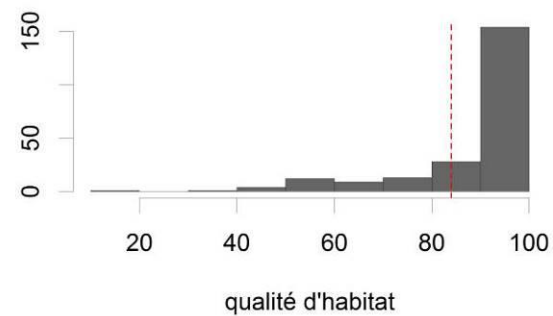
Présence | absence
5000m resolution



Ecological Niche Factor Analysis vipere peliade | m= 29.21

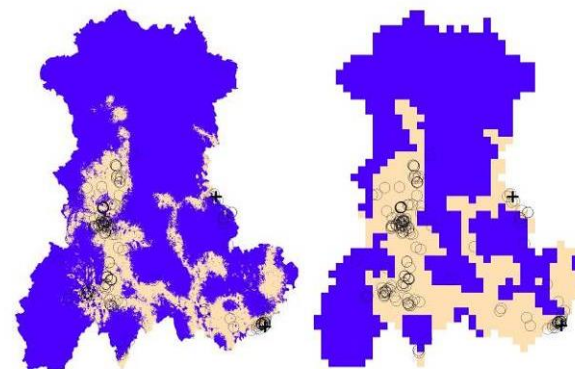


Distribution des habitats prédits sur les points de présence



Présence | absence
200m resolution

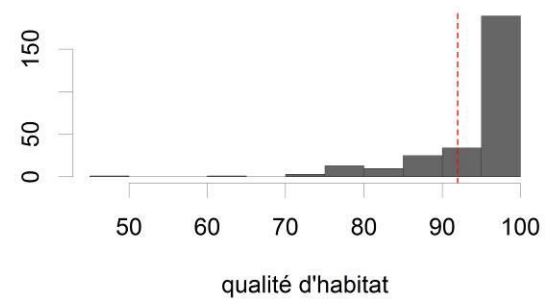
Présence | absence
5000m resolution



Ecological Niche Factor Analysis Cistude d'europe | $m = 14.75$

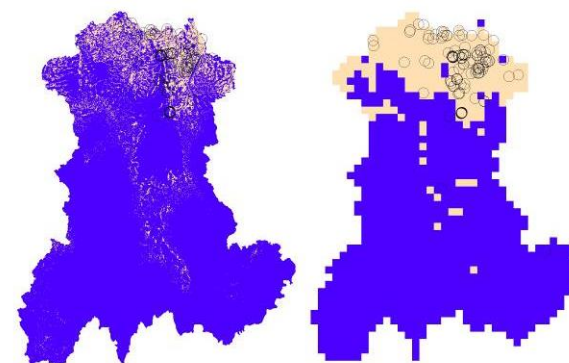


Distribution des habitats prédits sur les points de présence

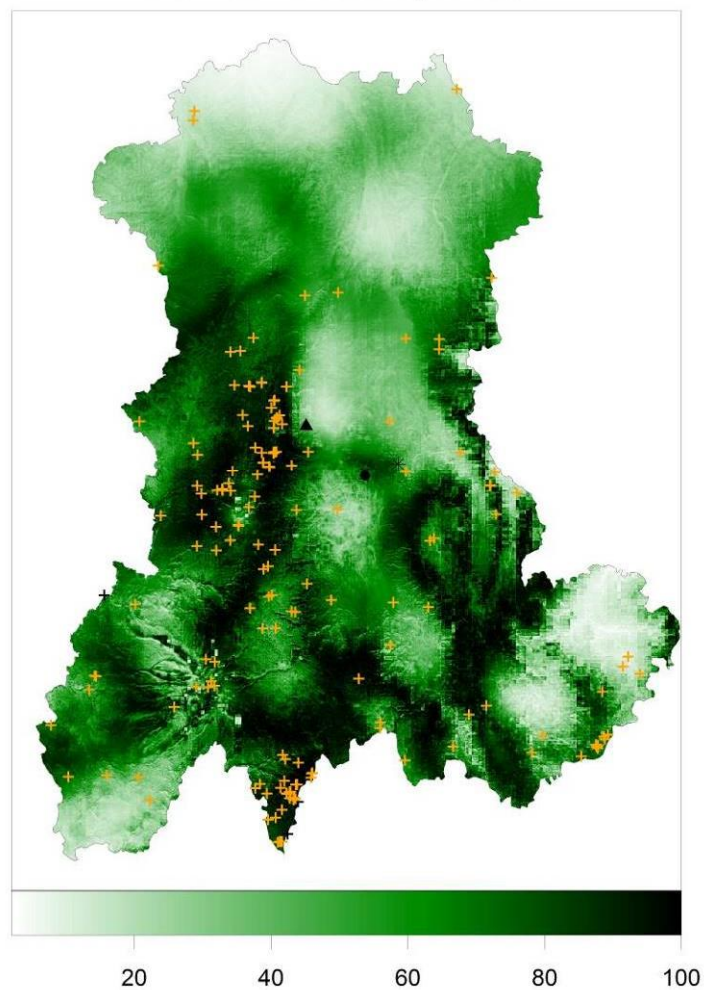


Présence | absence
200m resolution

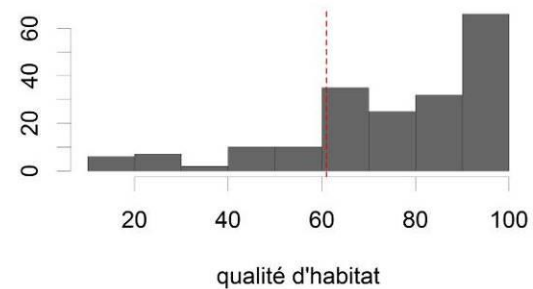
Présence | absence
5000m resolution



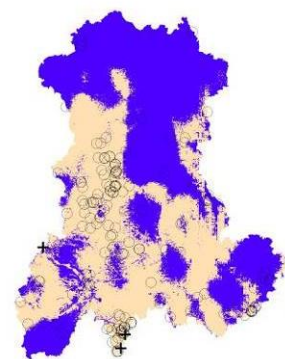
Ecological Niche Factor Analysis lézard des souches | $m = 10.29$



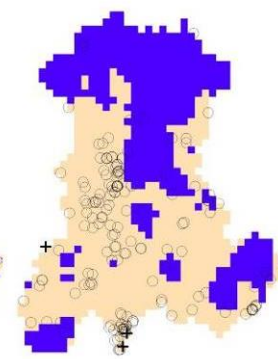
Distribution des habitats prédits sur les points de présence



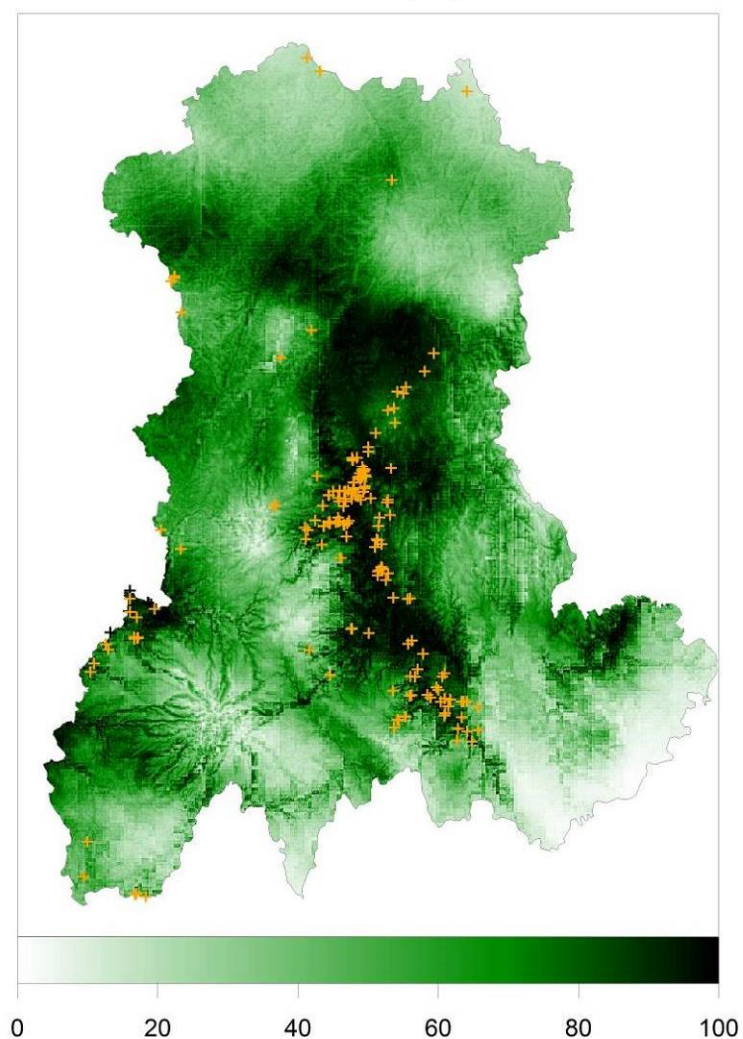
Présence | absence
 200m resolution



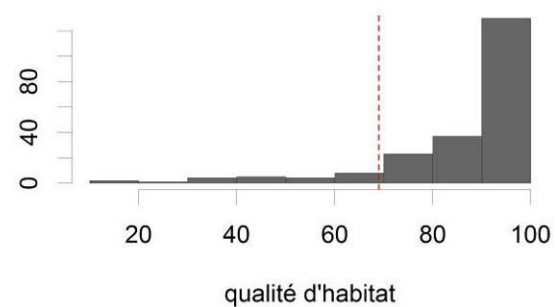
Présence | absence
 5000m resolution



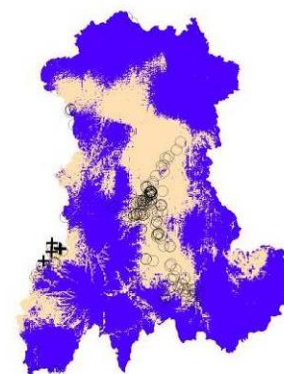
Ecological Niche Factor Analysis Couleuvre esculape | $m = 2.59$



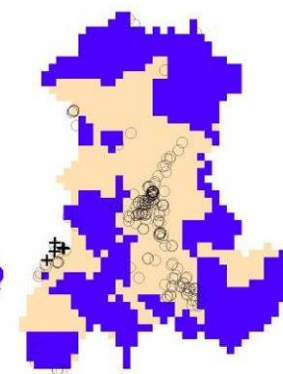
Distribution des habitats prédits sur les points de présence



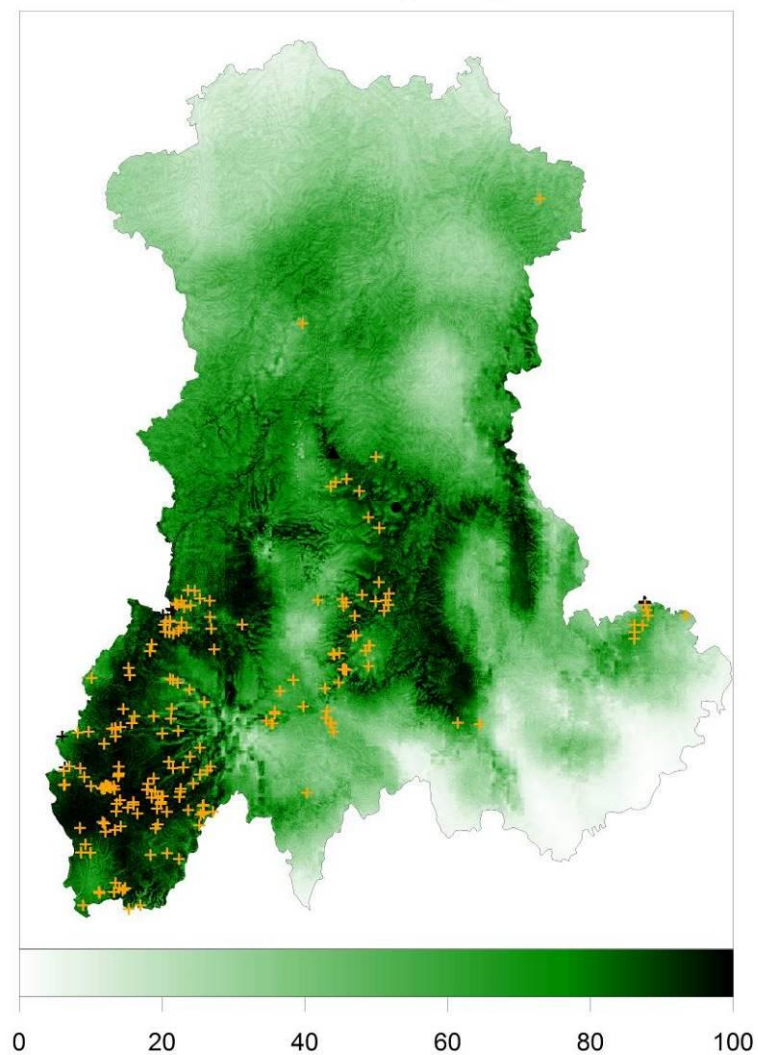
Présence | absence
200m resolution



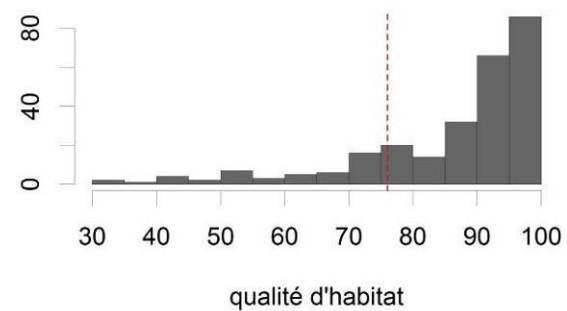
Présence | absence
5000m resolution



Ecological Niche Factor Analysis Couleuvre verte et jaune | $m = 1.36$

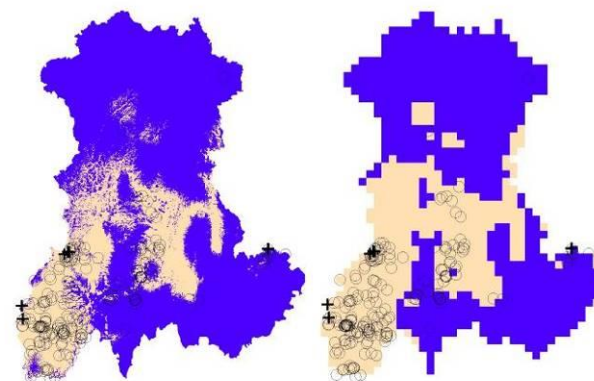


Distribution des habitats prédits sur les points de présence



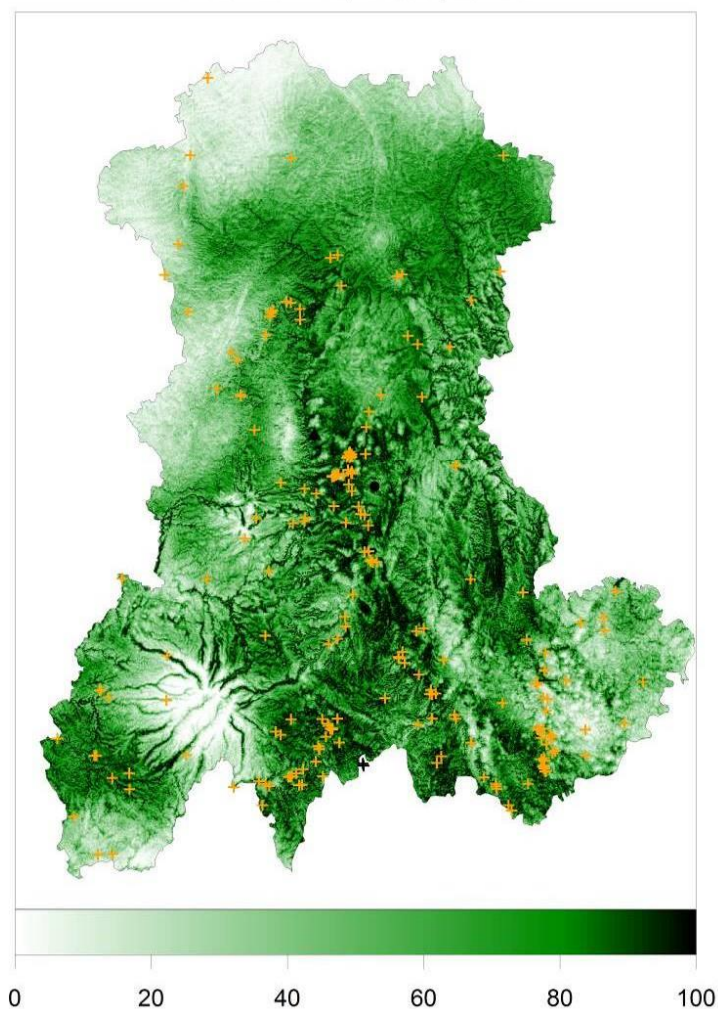
Présence | absence
200m resolution

Présence | absence
5000m resolution

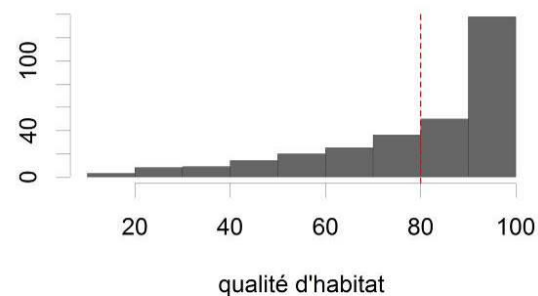


ANNEXE : Résultats - Espèces pour lesquelles le modèle est intéressant mais améliorable

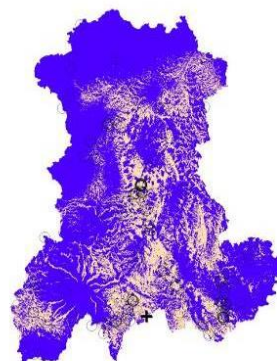
Ecological Niche Factor Analysis
Couleuvre viperine | $m = 2.8$



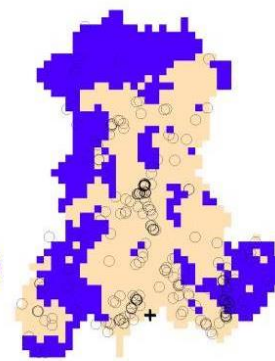
Distribution des habitats prédits
sur les points de présence



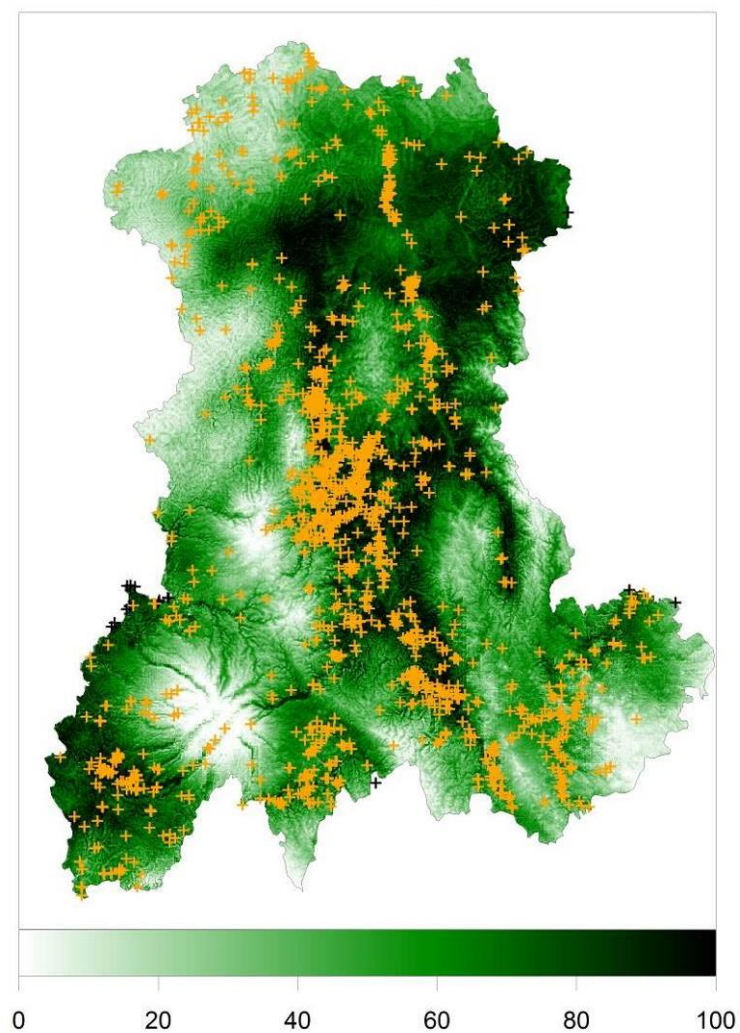
Présence | absence
200m resolution



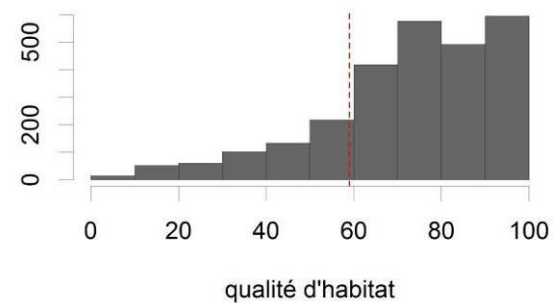
Présence | absence
5000m resolution



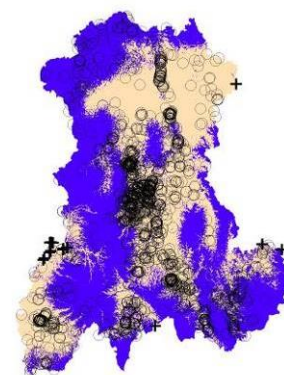
Ecological Niche Factor Analysis leopard vert occidental | $m=1.17$



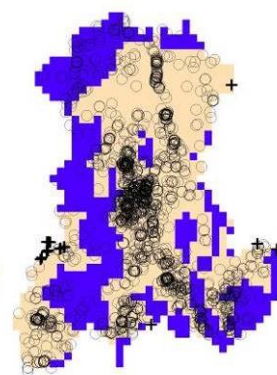
Distribution des habitats prédits sur les points de présence



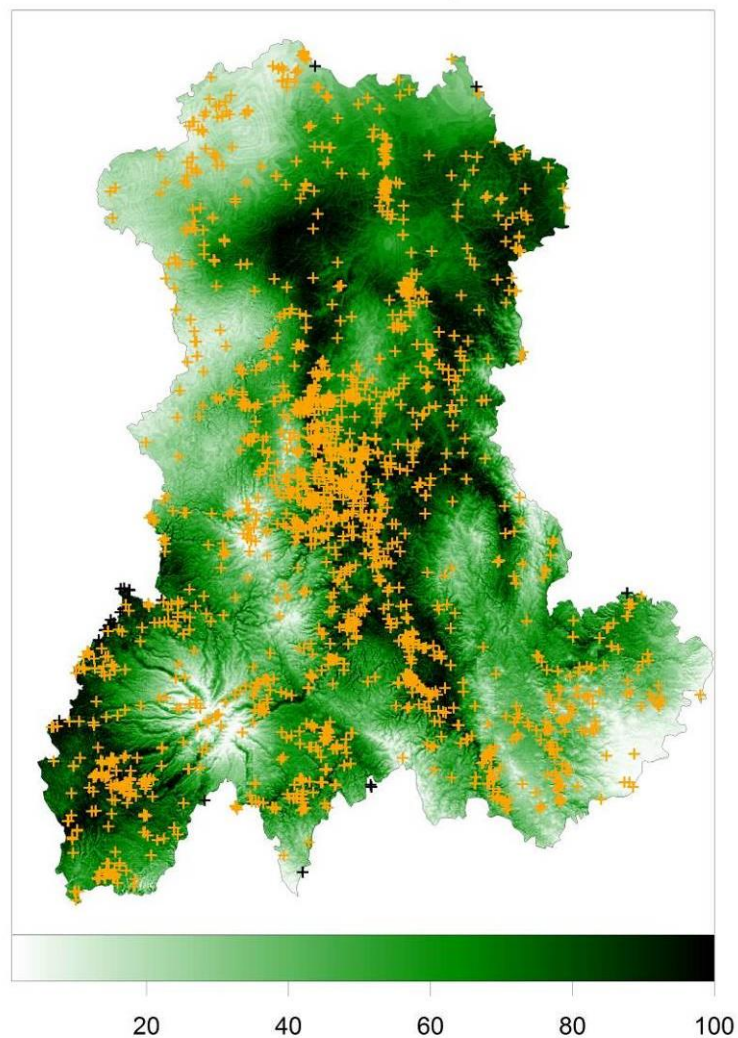
Présence | absence
200m resolution



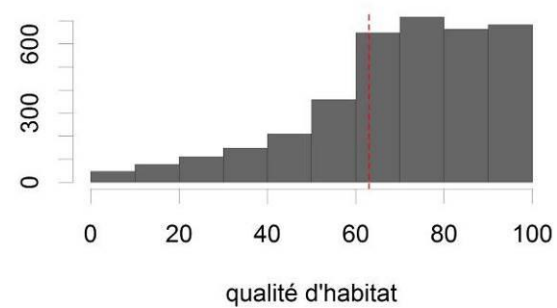
Présence | absence
5000m resolution



Ecological Niche Factor Analysis lézard des murailles | $m = 0.87$

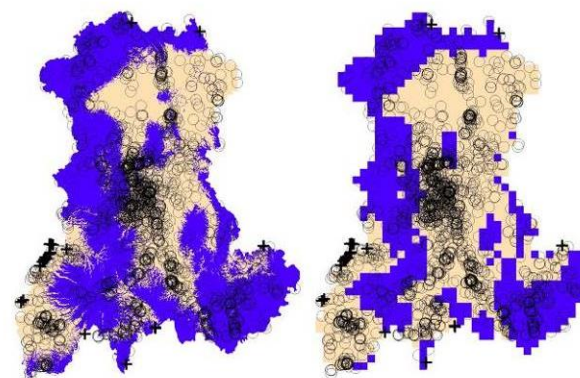


Distribution des habitats prédits sur les points de présence

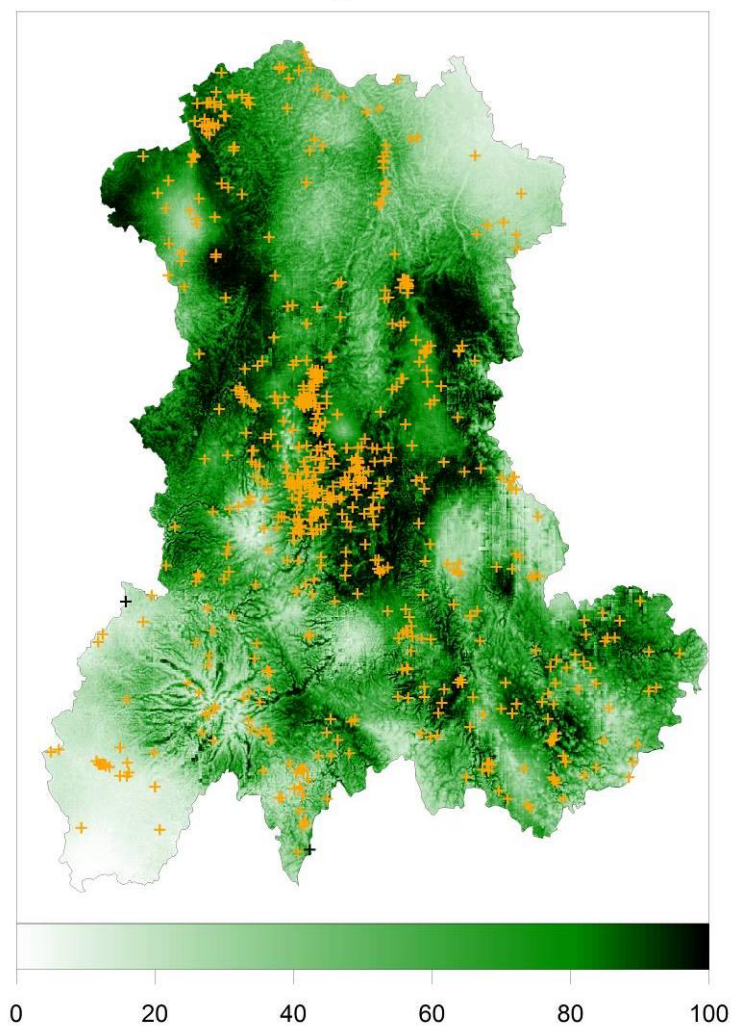


Présence | absence
200m resolution

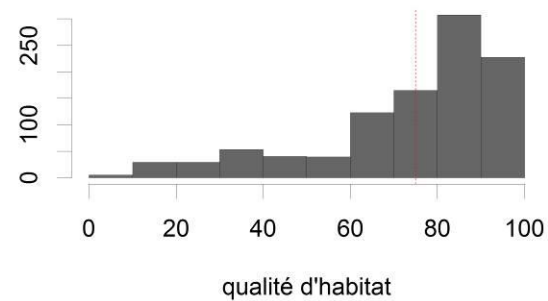
Présence | absence
5000m resolution



Ecological Niche Factor Analysis orvet fragile | $m = 0.54$

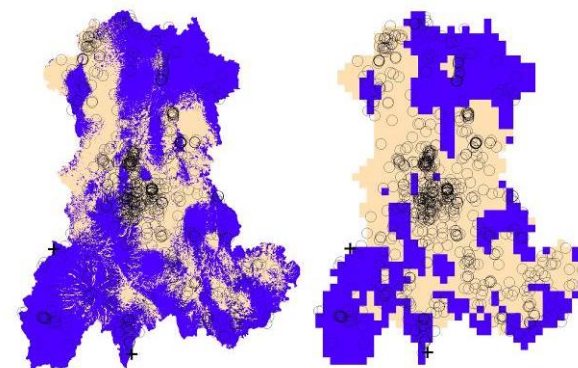


Distribution des habitats prédits sur les points de présence

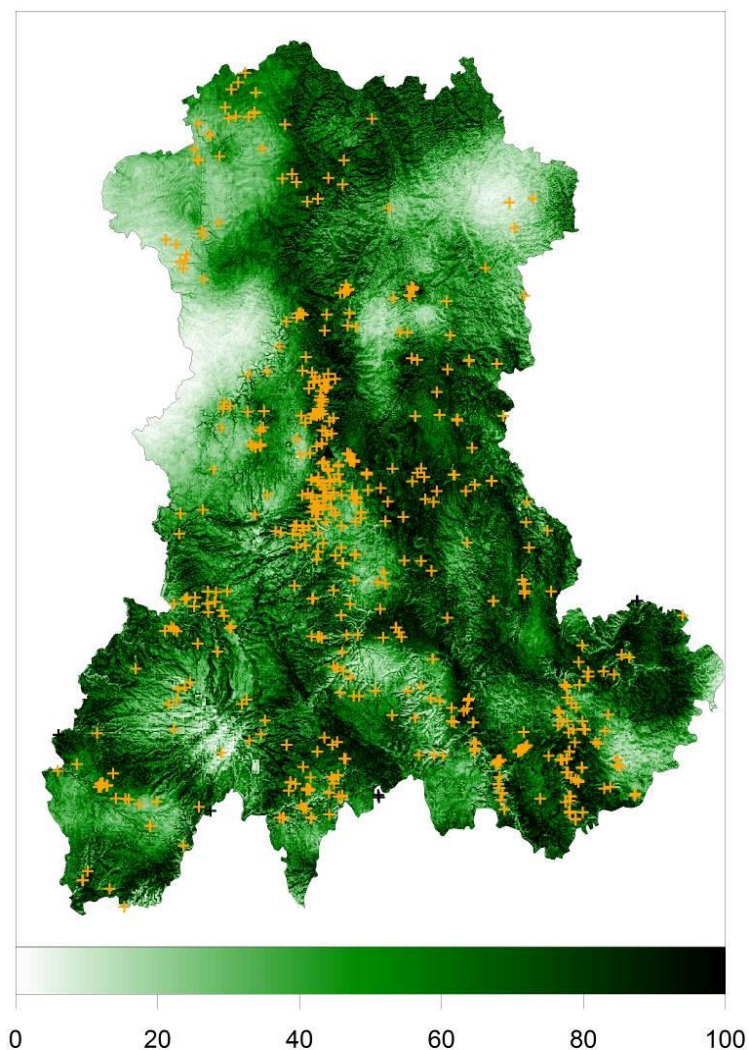


Présence | absence
200m resolution

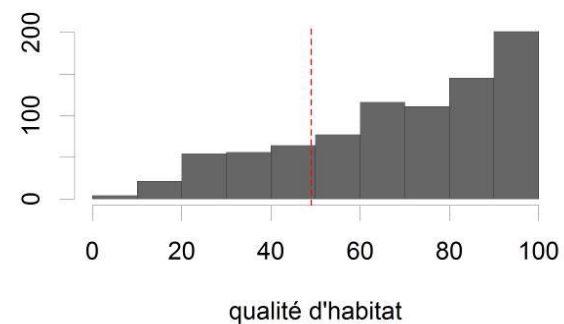
Présence | absence
5000m resolution



Ecological Niche Factor Analysis vipere aspic | $m = 0.46$

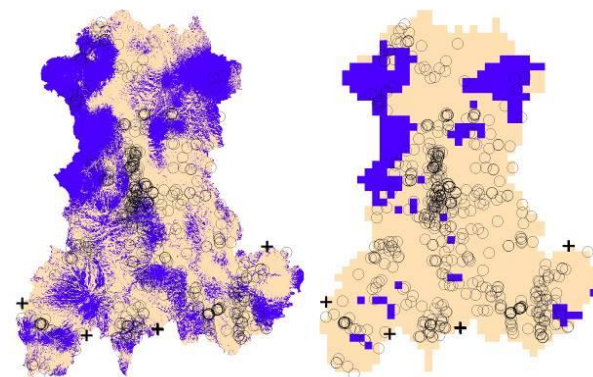


Distribution des habitats prédits sur les points de présence

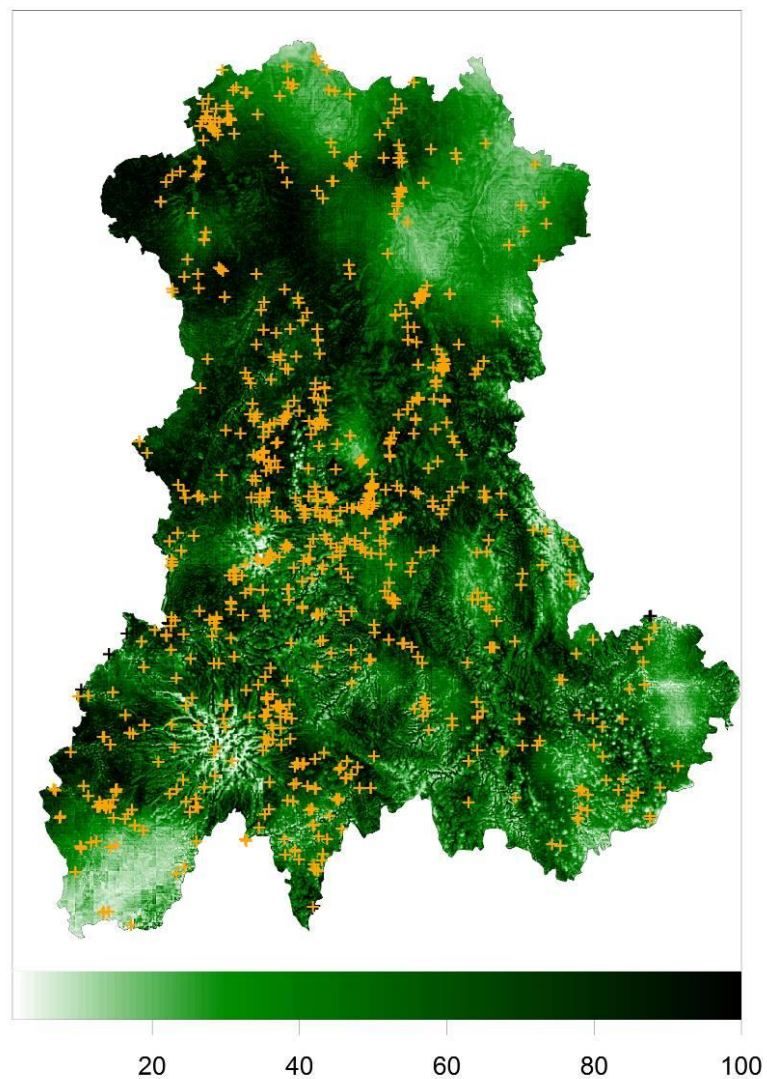


Présence | absence
200m resolution

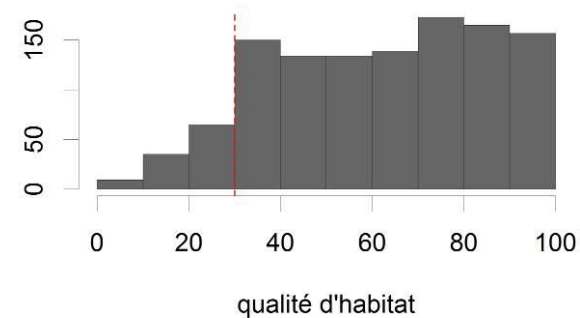
Présence | absence
5000m resolution



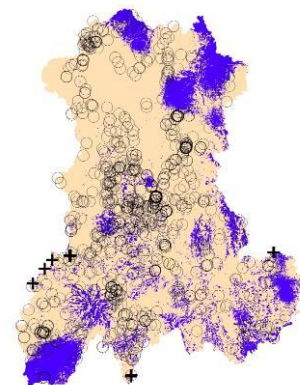
Ecological Niche Factor Analysis Couleuvre a collier | $m = 0.46$



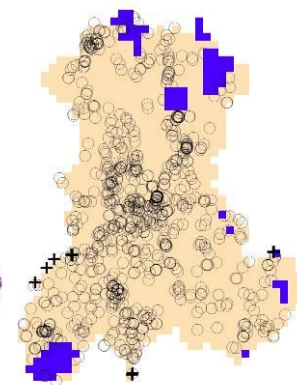
Distribution des habitats prédits sur les points de présence



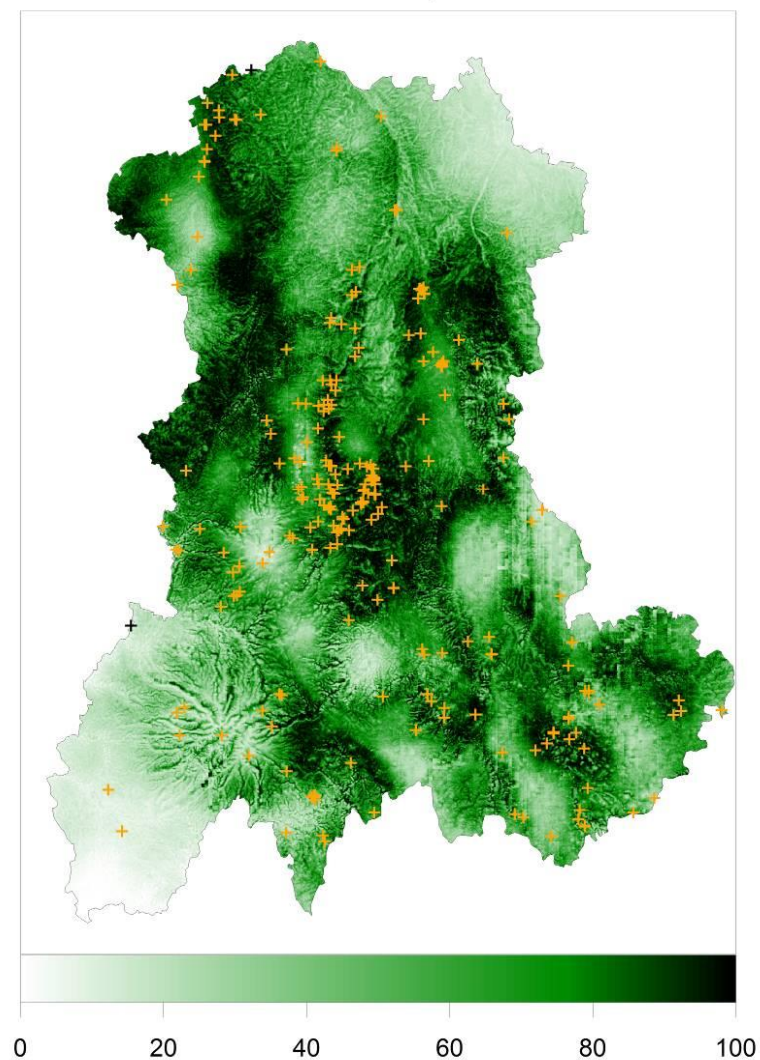
Présence | absence
200m resolution



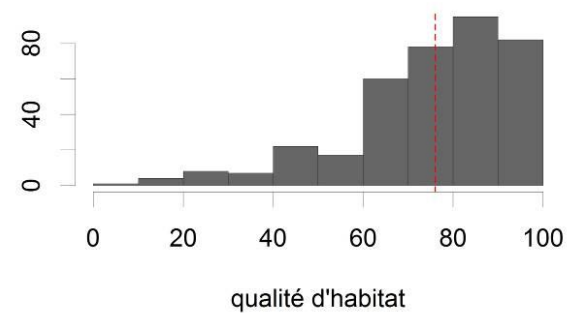
Présence | absence
5000m resolution



Ecological Niche Factor Analysis Coronelle lisse | $m = 0.39$

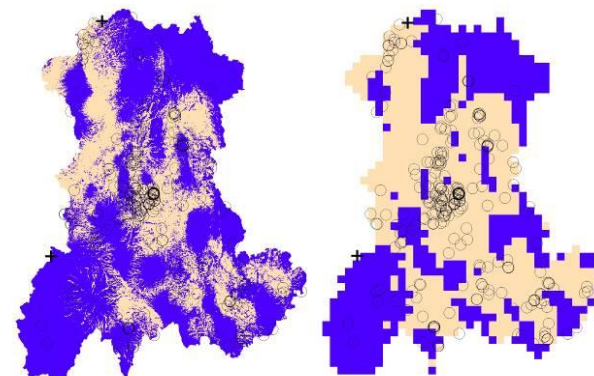


Distribution des habitats prédits sur les points de présence



Présence | absence
200m resolution

Présence | absence
5000m resolution





Espèces pour lesquelles les données sont insuffisantes pour la modélisation :

Lézard ocellé : 5 observations

Coronelle girondine : 2 observations

ANNEXE : Auteurs des données analysées

Adam Benjamin ; Adlam Paul ; Agnezy Stefan ; Albessard Jacques ; Alcouffe Sylvie ; Allemand Guillaume ; Alves Da Silva Mickael ; André Mathieu ; Andrieu Robert ; Anglaret Vincent ; Angot Dorian ; Archimbaud Philippe ; Argento Adrien ; Armand Amélie ; Artige Sylvain ; Aubrun Sandrine ; Aucouturier Cédric ; Aujouannet Françoise ; Aurier René ; Ausanneau Mathieu ; Baart Eeuwout ; Baduel Huguette ; Baffaud Jean-Philippe ; Balluet Patrick ; Banier Christine ; Bara Sébastien ; Barataud Julien ; Barbier Stéphane ; Baudoin Christophe et Corinne ; Bauvet Corinne ; Bec Joël ; Belenguier Luc ; Bernard Anaëlle ; Bernard Laurent ; Bernard Fabrice ; Berroneau Matthieu ; Besançon Robin ; Besson Florent ; Beze Pascal ; Biegnon Frederic ; Bijon Jean-Paul ; Bimet Marc ; Bizet Daniel ; Blanc Gilles ; Blaszkiewicz Valentin ; Blehaut Agnes ; Blehaut Jean-Baptiste ; Blin Stéphane ; Boch Morgan ; Boizot Louis ; Bollengier Lucas ; Bonnet Timothee ; Bonnet Fanny ; Borel Monique ; Bortoli Luc et Julie ; Boscus Titouan ; Bouchardy Christian ; Boucherot Mireille ; Boulay Baptiste ; Boulhol Jean-Pierre ; Bourdoncle Jean-marc ; Bourlier Evelyne ; Bournisien Jean-Baptiste ; Bourrassier Joelle ; Boursange Sabine ; Brenas Isabelle ; Brenas Pierre ; Bru Philippe ; Brugerolle Thibault ; Bruhat Lionel ; Brun Fanget Delphine ; Brunel Cyril ; Brunet Sébastien ; Bruyère Alexis ; Buchert Pierre et Eliane ; Buxton Philip ; Buzzzi Thomas ; Cabard Pierre ; Cambon Philippe ; Cambriels Julien ; Capitaine Mathieu ; Caprio Anthony ; Carboni Solène ; Carrias Jean-François ; Carrion Pierre ; Caucal Gabriel ; Cavallin Pascal ; Ceaux Sandrine ; Cerou Kenny ; Cerou Laurent ; Cervenansky Agnès ; Chabrier Etienne ; Chabrouillaud Alexis ; Chaigne Adrien ; Chaillou Anthony ; Chaix Guilaine ; Chaize Christophe ; Chaleil Serge ; Chamaillard Patricia ; Chamard Cyrille ; Chambole Joffrey ; Chaniac Yoann ; Chany Jacques ; Chardon Coralie ; Charreyron Alain ; Charreyron Michelle ; Chastagnol Franck ; Chauchot Michel ; Chautard Pauline ; Chazal Romain ; Cherie Clément ; Chevalier Pascale ; Chevalier Tony ; Chevallier Bernard ; Chirot Mélaïne ; Chirot Noé ; Chirot Laurent ; Choussy Didier ; Citron Anne ; Clamens Alex ; Clavelier Eliette ; Clément Matthieu ; Collet Marc-Antoine ; Collin Frédérique ; Collin Francine et Christian ; Combaud Stéphane ; Combaud Paloma ; Combelles Stéphane ; Conchon Pierre ; Coq Michel ; Corail Marc ; Corbel Jean-Claude ; Corradi Philippe ; Corsi Adrien ; Cosson Emmanuel ; Costet Claire ; Cottin Nicolas ; Courtois Romary ; Cousteix Richard ; Couturier Jean-Baptiste ; Couvidat Stéphane ; Cpie Clermont-Dômes ; Cpie de Haute Auvergne ; Cpie du Velay ; Crégu Alexandre ; Cuelhes Annick ; Dallard Roland ; Dams Vincent ; Daumas Renaud ; de Casas Emilio ; de Pieri Anne-Sophie ; de Reinach Hirtzbach Jérôme ; Debré Olivier ; Dejaifve Pierre-André ; Delagrange Jean-Yves ; Delapre Jean-Pierre ; Delhome Benoit ; Delorme Christine ; Demongin Laurent ; Deneffe Annie ; Desbordes Claire ; Deschamps Jean-Pierre ; Deschamps Romain ; Deschaume Nicole ; Désécures Rémy ; Désiré Jean-François ; Dessaint Eliane ; Destombes Gregory ; Desvignes Laurent ; Dhermain Frank ; Didier Regis ; Dominique Dauriat ; Donzé Emilien ; Dronneau Christian ; Duboc Pascal ; Duboc Jacques ; Dubois Lydie et Pascal ; Dubois Yves ; Dubois Thierry ; Duboz Sébastien ; Dubuc Sébastien ; Duchamp Marie-yvonne ; Ducloux Simon ; Dulphy Jean-Pierre ; Dumoulin Nathalie ; Dupont Emmanuel ; Dupont Didier ; Dupoux Etienne ; Dupré Fabrice ; Dupuy Emilie ; Dupuy Frédéric ; Duraffort Patrice ; Durand Stéphane ; Durieu Loris ; Durkalec Dominique ; Durr Thibaut ; Duru Stephane ; Ellis Christine ; Eloy Guillaume ; Emberger François ; Erard Stephane ; Esposito Eric ; Evenat Delphine ; Evrard Caroline ; Fabre Baptiste ; Falabrègue Yoann ; Falta Eric ; Fanjul Jean-Baptiste ; Fargeix Christian ; Farry Gérard ; Faure Simon ; Faurie Annette ; Fenoy Xavier ; Fernandez Sonia ; Ferrand Cecile ; Ferrie Alain ; Flamand Jimmy ; Florentin Brard ; Fombonnat Jean ; Font Yvan ; Fontenille Jean ; Fonters Rémi ; Forst Corinne ; Fossé Christian ; Fournier Jérôme ; Frenoux Jean-Marie ; Fresneau Nicolas ; Fressinaud Erwan ; Frey Cyrille ; Frogé Bénédicte ; Gaffard Jean-François ; Gal Nicolas ; Gamet Josiane ; Garcia Christian ; Gardien Stéphane ; Garnier Olivier ; Gaumet Sylvain ; Gazel Stéphane ; George Clément ; Gery Claude ; Gevaudant Monique ; Gigault Jean-Christophe ; Gilard Bruno ; Gilbert Bruno ; Gimel Olivier ; Giordanengo Pierre ; Giosa Pascal ; Girard Michele ; Giraud Charline ; Giraud Bernard ; Giraud Alain ; Gironde Maud ; Giroud Marc ; Goddyn Jean-Yves ; Goma Vianney ; Gomez Suzanne ; Goujon Laurent ; Gourbeyre Christian ; Grangé Serge ; Gravelat Bruno ; Grégory Maillet ; Greisner Marie ; Grèzes Jean-Philippe ; Grignon Rémy ; Grisvard Pierre ; Gross Katell ; Grosso Eric ; Groupe Mammalogique Auvergne ; Grumelart Thierry ; Guelin François ; Guenescheau Yvon ; Gueugnot Philippe ; Guex Frédérique ; Guillaud Laurent ; Guillemard Daniel ; Guillemain Mathieu ; Guillet Willy ; Guillot Gerard ; Habauzit Fabien ; Halleux Marie ; Happe David ; Hébrard Grégory ; Hedel Arnaud ; Heinerich Sébastien ; Henriot Jérôme ; Henry Pierre-Yves ; Herrera Antoine ; Hilali M. ; Houpert Sylvain ; Houston David ; Houville Mikael ; Hugedet Willy ; Hugues Alain ; Isabelle Romeuf ; Isselé Marc ; Jacob Hervé ; Jacquel Noel ; Jallageas Cyrille ; Jarry Marine ; Jean Audrey ; Jean Mathieu ; Jeannot Rémy ; Johany Audrey ; Jomat Loïc ; Jomat Patrick et Sylvie ; Jourde Rémi ; Jourde Pierre ; Journeaux Francis ; Kabouche



Benjamin ; Kerleaux Luce ; Koessler Hélène ; Kreder Marine ; Lablanquie Jean-Claude ; Laborde Brice ; Labrit Adrien ; Lacombe Thibaut ; Lacroix Marc ; Ladet Alain ; Ladet Alain ; Lafarge Céline ; Lallemant Pierre ; Lallemant Jean-Jacques ; Lamy Jacques ; Landré Fabrice ; Lapchine Christian-Marie ; Laprun Matthias ; Larbot Marie-Agnès ; Lartigue Jean-Marc ; Lasne Dominique ; Le Bail Yves ; Le Bayon Quentin ; Le Coquen Michael ; Le Coz Gérard ; Le Flohic Jean-Claude ; Le Joliff Yann ; Le Roux Guillaume ; Leblanc Olivier ; Lebondidier Pierre-Laurent ; Leclerc Natasha ; Lecomte Romain ; Lefebvre Marlene ; Leguay Thierry ; Lelièvre Hervé ; Lemarchand Charles ; Lemonnier Jacques ; Leroy Thierry ; Leroy Irène ; Letourneau Christian ; Leydier Marlene ; Lhoste Julien ; Lienard François ; Ling Mathieu ; Lisse Hélène ; Livet Edouard ; Lolive Nicolas ; Lombardy Monique et Jacques ; Long Benjamin ; Longchambon Laurent ; Longieras Antoine ; Loos Maxime ; Lorenzini Nicolas ; Lorrière Alain ; Louillet Dylan ; Lovaty Sylvie ; LPO Auvergne ; Lucile Beguin ; Luguin Adrien ; Lux Thomas ; Lyon Typhaine ; M. Geneviève ; Machet Sylvain ; Magnus Cécile ; Maltese-Crottier Kevin ; Maly Laurent ; Maniere Eliane ; Maniez Flavien ; Marchaud Coline ; Marhic Erwann ; Marie-Louise-Henriette Kevin ; Marquet Quentin ; Marsy Sylvain ; Martin Yvan ; Martin Audrey ; Martin Florian ; Martineau Jean-Baptiste ; Martinot Arthur ; Mascart Ludovic ; Mathilde Cloux ; Maurin Vincent ; Maurit Pierre ; Mauvieux Sébastien ; May Jérôme ; Mazade Jean ; Meallet Benoit ; Mème-Lafond Benjamin ; Menand Luc ; Menglier Killian ; Mergnat Bernard ; Merot Alexandre ; Merzaq Ahmed ; Mestas Valérie ; Méténier Christophe ; Michallet David ; Michel Fabienne ; Michon Alix ; Miège Marie-Laure ; Migaud Pierre ; Molinier Vincent ; Mollon Maxime ; Moncouyoux Emilie ; Monier Vincent ; Monnoyeur Gilles ; Moraux Raymond ; Moreau Simon ; Morel Olivier ; Morge Philippe ; Morisson Julie ; Morvan Gwénaelle ; Mroczo Cédric ; Muller Solenne ; Muller Philippe ; Müller Emilie ; Mulot Patrick ; Nathalie Nathalie ; Navarron Benoit ; Nicolas Mickaël ; Nicolas Vincent ; Nicolas Paul ; Noel Alain ; Nony Mathieu ; Ogier Mathieu ; Oleszczynski Stéphan ; Ollivier Jonathan ; Opresco Corinne ; Oriol François ; Oubrier Hervé ; Ouvrard Régis ; Ouzet Alain ; Pagès Damien ; Pascal Bastien ; Passavy Guillaume ; Pastoors Nino ; Patris Yann ; Pauvert Mathilde ; Pavlik Martin ; Pelerin Thomas ; Pelissier Jerome ; Pelissier Laure ; Pellegrini Benjamin ; Pépin Florine ; Perrocheau Didier ; Perry Lalage ; Pessemesse Christophe ; Petera Hermann ; Petiot Jean-Pierre ; Petit Robin ; Peyrache Pascal ; Peyrissat Françoise ; Pic Gaston ; Pichon Michel ; Picotin Gérard ; Picq Hervé ; Pierre Aurélien ; Pinçon Christian ; Pineau Jonathan ; Pinot Adrien ; Planche Guillaume ; Planet Jean-Luc ; Platel Georges ; Plé Eric ; Plisson Olivier ; Polloni Romain ; Pommarel Marc ; Pont Lionel ; Portalier Romain ; Pouget Andre ; Pradel Claire ; Prost Sandrine ; Puech Patrice ; Putz Olivier ; Quantin Océane ; Quartier Thomas ; Quenouillere Roger ; Rambaud Clément ; Rancon François ; Raveau Johann ; Raveneau Maé ; Raynard Philippe ; Raynaud Bernard ; Reijs Thérèse ; Remise Jean-Paul ; Renoncourt Julien ; Rentz Geneviève ; Revardeau Patricia ; Revelard Vincent ; Reynaud Laurent ; Reyt Sylvain ; Ribeyre Pierre ; Richard Nadia ; Ricros Clément ; Rigaud Anne et Pierre ; Rigaux Pierre ; Rigoulet Michel ; Rillardon Vincent ; Rimbaud Pierre ; Riols Romain ; Riviere Elisabeth et Philippe ; Robak Julien ; Robic Jean-Francois ; Robin Mathias ; Robinet Charly ; Roche Bernard ; Roche Michaël ; Rochette Alain ; Rollant Clément ; Roques Thierry ; Roquetaniere Olivier ; Rouault Aurélie ; Rouault Juliette ; Rougé Julien ; Rouquet Coline ; Rousteau Patrice ; Roux Henri ; Ruchon Emmanuel ; Ruet Pascale ; Sacré Maxime ; Saint-Genest de Boissy Florian ; Salaün Denis ; Salesse Aurélien ; Salvat Jean-Pierre ; Samain Hugo ; Sandron Lucie ; Sane Raphaël ; Sannajust Pierre-Alexandre ; Sannier David ; Saulas Gilles ; Sautet David ; Sautour Jean-Christophe ; Sautour Maxime ; Schab Jean ; Séchet Emmanuel ; Seguin Cédric ; Septier Alain et Chantal ; Serra Pierre-alexandre ; Serre Pierre-Mathieu ; Serrurier Barbara ; Souret Luc ; Souvignet Nicolas ; Spaeth Albert ; Sprumont Adrien ; Sprumont Damien ; Staub Daniel ; Stéfanie Calesse ; Stevenson Ian ; Tailland Ludovic ; Taillandier Nicole ; Taillandier Christian ; Taillandier Florence ; Talhoët Samuel ; Talon Céline ; Taupin Fabrice ; Tavard Roger ; Teissède Bertrand ; Ters Robin ; Tessier Olivier ; Texier Emmanuelle ; Thabarant Xavier ; Thomas Camille ; Thonon Daniel ; Thurgood Alex ; Tillo Stéphan ; Tomati Christophe ; Tomazzolli Manuel ; Toquebiol Laurent ; Torreilles Gerard ; Toumazet Jean-Pierre ; Toumazet Lucas ; Touraille Mathilda ; Tournadre Cedric ; Tournaud Sylvain ; Turret Pierre ; Touzet Fabrice ; Tranchand Bertrand ; Trapenat Guillaume ; Trompat Arnaud ; Tronche Nadia ; Ulmer André ; Vaille-Culière Nicolas ; Van Laar Vincent ; Vandenberghe Annaïck ; Vanderpote Fabien ; Vannucci Olivier ; Ventrux Julien ; Vericel Emmanuel ; Véricel Jo ; Vernaudo Michel et Fabienne ; Vernaudo Yann ; Verne Henri ; Véron Dominique ; Vial Joel ; Vigant Sylvain ; Vigier Dominique ; Viricel Gilles ; Virondeau Anthony ; Vissyrias Jean-François ; Vissyrias Nicolas ; Voute Anthony ; Vrignaud Sylvain ; Vuagnoux Céline ; Walravens Pascale ; Widiez Guillaume ; Willer Françoise ; Wright Derek ; Yol Chantal ; You Guy-Noël ; Zima David ; Zmantar Abdelhamid ; Zourdos Marie ; Zourdos Frederique ; Zucca Maxime