

## Chapitre 7. *Hyla molleri* (Bedriaga, 1889) – Rainette ibérique des lagunes du triangle landais et *Hyla arborea* (Linnaeus, 1758) – Rainette verte des mares, des landes et du bocage Picto-Limousin

**Auteurs :** Olivier Lourdais, Michaël Guillon, Maud Berroneau,

**Contributeur :** Gaëlle Micheli

---

### Résumé :

La capacité à élaborer des prédictions robustes sur la réponse des espèces aux changements globaux est un élément essentiel pour comprendre la dynamique de la biodiversité. Afin de prédire les effets à large échelle (répartition), il est nécessaire d'étudier les capacités de réponses des individus et des populations. La présence en Nouvelle-Aquitaine de trois espèces proches à affinités climatiques contrastées (*Hyla molleri*, *H. arborea*, *H. meridionalis*) est une opportunité rare d'étudier la réponse différenciée de ces espèces au changement climatique. Nos travaux de recherches vont permettre d'aborder :

- les adaptations écophysologiques des trois espèces liées à leur affinité climatique et leurs effets dans un contexte de changement climatique.
- les effets du changement climatique sur la répartition de ces espèces en identifiant les déterminants de la présence reliés aux facteurs proximaux.
- l'effet des conditions météorologiques et microclimatiques inter-annuel sur la détectabilité/activité des espèces

Les études préliminaires menées depuis 2018 permettent d'affiner les variables climatiques qui semblent définir la niche de ces espèces ainsi que les moyens d'y parvenir tout en faisant l'acquisition en parallèle de données de présence cruciales pour valider ces premiers résultats. Les résultats préliminaires des suivis naturalistes montrent une fluctuation inter annuelle de l'activité des rainettes liée aux conditions météorologiques et d'assèchement des zones humides.

**Mots-clés :** adaptations, climat, écophysologie, *Hyla arborea*, *Hyla meridionalis*, *Hyla molleri*, perte hydrique, répartition.

## 7.1 Introduction

L'un des enjeux majeurs en écologie est de comprendre la répartition et l'abondance des organismes dans l'espace et dans le temps (ANDREWARTHA & BIRCH, 1954 ; KREBS, 1972 ; MACARTHUR, 1984). Cette problématique est au cœur des préoccupations actuelles de nos sociétés faisant face au changement climatique (IPCC, 2007 ; IPCC, 2014b) et à l'érosion de la biodiversité (THOMAS *et al.*, 2006). Afin d'évaluer l'impact des perturbations du climat sur la biodiversité, il est nécessaire de connaître les réponses des espèces tout en prenant en compte leur sensibilité propre. La répartition peut donc se définir comme étant le résultat d'une réponse dynamique d'une espèce face à un environnement donné (BROENNIMANN *et al.*, 2007).

En Nouvelle-Aquitaine, 3 espèces à affinités climatiques et répartition contrastées sont présentes au sein du genre *Hyla* (REINO *et al.*, 2017) : deux espèces de climat tempéré, *Hyla arborea* (répartition médio européenne) et *Hyla molleri* (répartition ibérique) et une espèce de climat méditerranéen *Hyla meridionalis*. Nos travaux de recherches sont menés sur les trois espèces où la Rainette méridionale (*H. meridionalis*) nous permet de développer une approche intégrée à différents niveaux d'affinités climatiques (Atlantique/Médio-Européen vs. Méditerranéen).

Une première phase du programme consiste en l'étude sur le terrain de l'activité biologique, de la phénologie et de l'interaction possible, en fonction du secteur étudié, des 3 rainettes : *Hyla meridionalis* vs *Hyla molleri* dans le Massif landais et *Hyla meridionalis* vs *Hyla arborea* en plateau limousin. En effet, la Rainette ibérique est une espèce qui se reproduit dans les milieux humides frais du massif landais, type « lagune ». En France, elle se cantonne au bassin aquitain. Ses habitats préférentiels sont sujets aux perturbations climatiques comme l'assèchement brutal et la modification de la flore représentative des zones humides du massif landais (BERRONEAU, 2014a). La Rainette verte possède une répartition septentrionale étendue dont la limite sud atteint le Massif central. La Rainette méridionale est une espèce d'affinité méditerranéenne, et donc plus thermophile, qui pénètre toutefois sur certaines lagunes où deux des trois espèces citées s'observent alors en syntopie (BERRONEAU, 2014a).

Les variations d'activité/déteçtabilité observés entre la Rainette ibérique et la Rainette méridionale sont vraisemblablement liées aux conditions locales et pourrait évoluer en fonction du changement climatique.

Les changements climatiques devraient fortement impacter la Rainette ibérique avec la disparition ou le mouvement de stations remarquables. Plusieurs hypothèses complémentaires peuvent être formulées :

- Hypothèse 1 : extinction locale possible de populations suite à la disparition/dégradation de sites remarquables
- Hypothèse 2 : effets des changements climatiques en défaveur de la Rainette ibériques
- Hypothèse 3 : Interactions compétitives dans les zones de co-existence en faveur de la Rainette méridionale.

Les objectifs des suivis naturalistes sur des sites d'étude sont de visualiser les tendances évolutives de la répartition et abondance de la Rainette ibérique en massif landais et de la Rainette verte en Limousin, en lien avec d'éventuelles variations climatiques, mais aussi d'observer la progression de la Rainette méridionale.

En parallèle, l'objectif de nos travaux de recherches est de comprendre les déterminants de la répartition de ces trois espèces à partir des données de présence (observations) issues des différents observatoires infra-régionaux. La répartition de ces espèces en France et en Région Nouvelle-Aquitaine est parapatrique (contiguë). Notre hypothèse principale est qu'un contraste des niches thermique/hydrique et physiologique permet d'expliquer cette répartition (« Physiological parapatry Hypothesis »).

Dans ce contexte, il est important : i) d'identifier les paramètres physiologiques et comportementaux proximaux qui sous-tendent les adaptations climatiques propres aux espèces, et ii) d'explorer les déterminants climatiques de la répartition et de l'importance des gradients environnementaux.

2 axes de recherches sont en cours de développant sur les trois espèces du genre *Hyla* :

**(1) Clarification des adaptations écophysiologiques des trois espèces de rainettes de Nouvelle-Aquitaine :**

- a) Mesures écophysiologiques entre espèces en conditions contrôlées : Comparaison de la sensibilité aux pertes hydriques et mesures des taux métaboliques entre les espèces.
- b) Etudes comportementales sur les trois espèces en conditions contrôlées : Etudes expérimentales des conditions thermiques et hydriques de la thermorégulation.
- c) Comparaisons écophysiologiques entre espèces en conditions naturelles : Etude comportementale comparative longitudinale.

**(2) Déterminants de la répartition des trois espèces et effets des changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine :**

- Modélisation corrélative de la répartition actuelle et future en Nouvelle-Aquitaine en s'appuyant sur les éléments de l'écophysiologie des espèces.

Afin de prédire avec robustesse les effets du changement climatique sur la répartition des espèces, l'objectif est d'identifier l'ensemble des variables climatiques qui définissent les niches climatiques de chacune des espèces. En s'appuyant d'une part sur la connaissance de l'écologie, de la biologie et de la physiologie des espèces, et d'autre part sur les hypothèses des effets proximaux des changements climatiques sur ces différents niveaux et leurs effets supposés sur la répartition observée de chaque espèce, un ensemble de variables identifié comme pertinent pour tester leur capacité à prédire la répartition actuelle et future des espèces. Une fois les variables climatiques identifiées, l'objectif suivant sera aussi de modéliser au plus près la répartition actuelle des espèces en injectant les variables topographiques et d'habitats par exemple.

## 7.2 Matériel et Méthodes

### 7.2.1 Sites d'étude pour les suivis naturalistes et méthodologies de suivi

La sélection s'est portée sur des sites présents dans l'aire de répartition de la Rainette ibérique et de la Rainette verte (présence avérée ou non de ces dernières, Berroneau (2014a), GMHL (2000), facilitant la mise en évidence d'éventuels mouvements populationnels (populations syntopiques ou proches) aussi bien au cœur du Massif landais (Rainette ibérique) qu'en contexte Limousin (Rainette verte). Ces sites sont par conséquent occupés ou susceptibles de l'être à terme par la Rainette méridionale, espèce potentiellement en compétition localement. Ces sites coïncident autant que possible avec ceux d'autres suivis du programme les sentinelles du climat en milieu humide, notamment avec les sites de suivi du Lézard vivipare.

En 2020, l'ensemble des sites suivis en 2019 a pu être visité (Tab. LXXI et Tab. LXXII).

Niveau terminologie, pour la Rainette ibérique, un « site » de suivi correspond à une « lagune ».

12 sites ont ainsi été sélectionnés (7 en Gironde, 4 dans les Landes, et 1 en Lot-et-Garonne) à partir de la répartition connue de la Rainette ibérique et avec une homogénéité de répartition selon un gradient nord-sud, est-ouest.

4 sites ont été sélectionnés en Limousin sur la même commune (Brignac-la-Plaine) pour le suivi de la Rainette verte et de la Rainette méridionale (Tab. LXXII).

**Tab. LXXI. Localisation des sites du triangle landais suivis en 2017 et 2020**

o : X : Hm :

Lieu_dit	Longitude	Latitude	Suivi Hm 2017	Suivi Hm 2018	Suivi Hm 2019
Captieux - Lucmaysouau	44,22372	-0,23059	o	o	o
Hostens - Gat Mort	44,51779	-0,61312	o	o	o
Houeillès	44,19964	-0,07166	o	o	o
Le Pian Médoc	44,95297	-0,73967	o	o	o
Lubiosse-Ychoux - Capdejus	44,39832	-1,03054	o	o	o
Lubiosse-Ychoux - Taron	44,39343	-1,00545	o	o	o
Martillac	44,69270	-0,58963	o	o	o
Saint-Magne - Lagune du Cam	44,54098	-0,65374	o	o	o
Saint Médard - Pilliole	44,89429	-0,80347	o	o	o
Le Porge - Saumos	44,89185	-1,03937	o	o	o
Tarnos	43,56339	-1,48089	o	o	o
<i>Pindères</i>	<i>44,24436</i>	<i>-0,017334</i>	o	X	X
Saint Médard - Lagunasse	44,89429	-0,80347	-	o	o

**Tab. LXXII. Localisation et description des sites du Limousin suivis entre 2017 et 2020**

Département	Dénomination	Type d'habitat	Propriétaire/gestionnaire	Accord	Structure de suivi et nom de l'observateur	Latitude	Longitude
Corrèze (19)	Lescure	lagune	Jean-Claude Labarde	Oui	GMHL – Gaëlle Caublot	45,167494	1,361559
Haute-Vienne (87)	les Paleines	lagune	SMABGA (Etienne Boury)	Oui	GMHL – Gaëlle Caublot	46,151809	1,34252
Haute-Vienne (87)	Château Gaillard	lagune	Gaëlle Caublot	Oui	GMHL – Gaëlle Caublot	45,597845	1,155438
Corrèze (19)	Bussac haut	lagune	Pas de station		GMHL – Gaëlle Caublot	1,300467064	45,18114711

Cette étude se base sur un suivi annuel de présence des deux rainettes sur 12 sites pour le massif landais (MALLARD, 2018b) et 4 sites pour le Limousin, couplés à des mesures de stations météorologiques. L'application du protocole type POP Amphibien (protocole national standardisé – SHF) permettra une estimation fine de la présence et de l'abondance de chaque espèce Rainette ibérique et de la Rainette verte. Cette abondance peut être mise en relation avec des facteurs extérieurs (évolution des températures, régime pluviométrique, etc.) et peut être comparée d'une année sur l'autre.

Chaque site est visité 3 fois par an durant la période d'activité des rainettes (passages de préférence entre mars et mai). Les points d'écoutes des mâles chanteurs sont assurés pendant 20 min sur chaque lagune. A la suite des points d'écoutes, différents relevés sont effectués sur les propriétés de la lagune et des mares (habitats aquatiques et rivulaires), les autres espèces observées (Grenouilles vertes, Alyte accoucheur et Crapaud épineux principalement), afin de mettre en évidence à terme des corrélations entre modification de l'habitat due au changement climatique, colonisation des sites par d'autres espèces aux biotopes différents des espèces cibles et présence/abondance de Rainette ibérique ou Rainette verte selon le site en question.

L'écoute des mâles chanteurs de Rainette ibérique et verte s'effectue avec des conditions climatiques particulières :

- Visite nocturne (19h30 – 00h30)
- Éviter les nuits trop fraîches (gelées) en début de saison (Mars-Avril)
- Éviter les phases de pleine lune et nuits venteuses

L'étude sur la détermination des conditions optimales de suivis en lien avec les observations de 2016–2021 va être initiée en 2021 au cours des projets de recherche.

La récolte de données est réalisée à l'aide de la fiche de relevé standardisée. Trois fiches de renseignements doivent être remplies pour chaque site et chaque passage. La première fiche « Relevé » renseigne par lagune les observations de l'espèce, les indices de présence pour les trois passages. La deuxième fiche « Descriptif site » permet un descriptif précis de la lagune et de ses alentours pour les trois passages. Enfin, la fiche « Récapitulatif site » liste l'ensemble des lagunes à prospecter (MALLARD, 2017b).

### 7.2.2 Écophysiologie comparée des espèces

Le travail de comparaison de l'écophysiologie des rainettes (LOURDAIS *et al.*, in prep.) n'a pu être mis en œuvre en 2020 comme programmé du fait des conditions sanitaires liées au Covid19. Ce volet écophysiologique est donc reporté à 2021 avec le recrutement d'un étudiant en Master 2. Les objectifs sont les suivants :

- comparer le métabolisme, les pertes hydriques cutanées et respiratoires des trois espèces
- mesurer expérimentalement les effets de conditions thermiques et hydriques contrastées sur la balance hydrique des trois espèces.

Les suivis populationnels à long terme menés en parallèle dans le cadre du programme pourront être mis à profit pour étudier les liens entre les conditions météorologiques annuelles et les différents paramètres liés à l'activité des espèces suivies tels que la phénologie de la reproduction ou les niveaux d'activité (abondance, chants). En effet un compromis existe entre l'activité de chant, la position dans la végétation et les pertes hydriques (CICCHINO *et al.*, 2020).

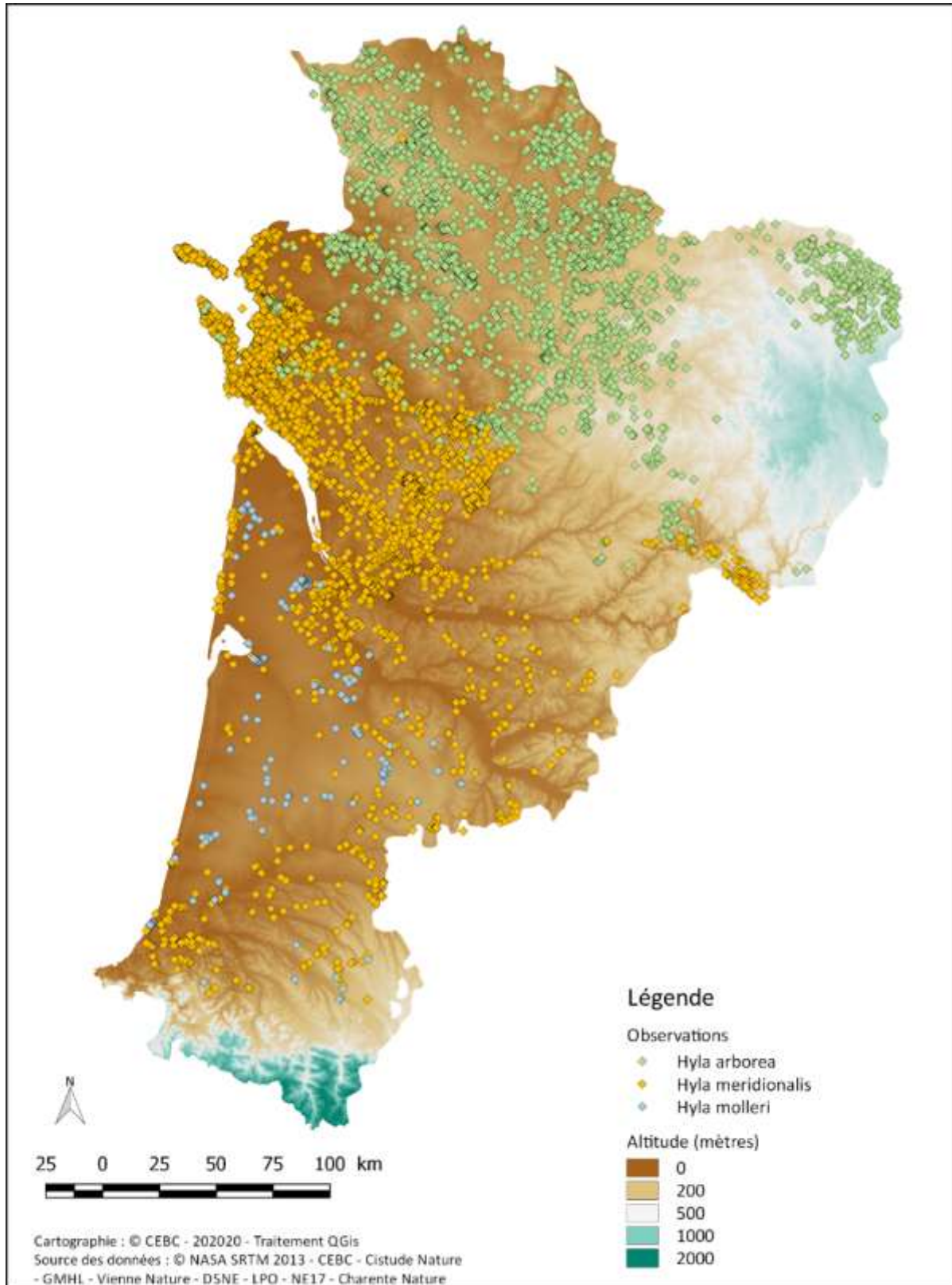
### 7.2.3 Modélisation spatiale

- *Base de données*

En 2020, nous avons pu réaliser un partenariat grâce au programme « Les Sentinelles du Climat » avec l'ensemble des partenaires associatifs de la région Nouvelle-Aquitaine qui sont : Cistude nature (Ex région Aquitaine), Charente-Nature (département de la Charente), Deux-Sèvres Nature Environnement (DSNE, département des Deux-Sèvres), Groupe Mammalogique et Herpétologique du Limousin (Ex région Limousin), Ligue de protection des oiseaux (Nationale et l'antenne Charente-Maritime) associée à Nature Environnement 17 (NE17, Charente-Maritime) et Vienne Nature (Département de la Vienne). Sur l'ensemble du territoire, cela représente 215 données pour la Rainette ibérique (dont 215 données précises), 8556 données pour la Rainette méridionale (dont 7009 données précises et 5864 données pour la Rainette verte (dont 3553 données précises) (Tab. LXXIII, Fig. 188).

**Tab. LXXIII. Bilan du volume total de données recueillies dans le cadre du programme « Les Sentinelles du Climat » et notamment par le conventionnement des partenariats avec les associations naturalistes du Poitou-Charentes**

Espèces	Propriétaire données	Zone géographique	Nombre d'observations				
			Totales	Précises	Jardin	Lieu-dit	Sans précision
<b>Rainette ibérique</b>	<b>Cistude Nature</b>	<b>Nlle Aquitaine</b>	<b>215</b>	<b>215</b>			
	Charente Nature	Charente	918	831		87	
	DSNE	Deux-Sèvres	23	3		1	19
<b>Rainette méridionale</b>	NE 17 / LPO 17	Charente-Maritime	6104	4700	84	1320	
	Cistude Nature	Ex Aquitaine	1410	1410			
	GMHL	Ex Limousin	101	65		36	
	<b>Total</b>	<b>Nlle Aquitaine</b>	<b>8556</b>	<b>7009</b>	<b>84</b>	<b>1444</b>	<b>19</b>
<b>Rainette verte</b>	Charente Nature	Charente	690	588	11	91	
	DSNE	Deux-Sèvres	2626	1022	49	589	966
	NE 17 / LPO 17	Charente-Maritime	119	86		33	
	Vienne Nature	Vienne	1548	1548			
	Cistude Nature	Ex Aquitaine	29	29			
	GMHL	Ex Limousin	852	280	1	571	
	<b>Total</b>	<b>Nlle Aquitaine</b>	<b>5864</b>	<b>3553</b>	<b>61</b>	<b>1284</b>	<b>966</b>



Répartition des observations des rainettes de Nouvelle-Aquitaine

Fig. 188. Base de données de présence utilisée pour modéliser la répartition des rainettes verte (*Hyla arborea*), méridionale (*H. meridionalis*) et ibérique (*H. molleri*) à l'échelle régionale (Nouvelle-Aquitaine) (GUILLON *et al.*, in prep. a).



En 2018, les analyses exploratoires de modélisation spatiales des trois espèces de rainettes se sont basées sur les bases de données restreintes aux anciennes régions Aquitaine et Limousin (MALLARD, 2018a). Pour les rainettes, le nombre d'observation correspondait à 310 pour *H. arborea*, 215 pour *H. molleri* et 1475 pour *H. meridionalis*.

- **Base de données climatiques**

L'ensemble des variables climatiques disponibles et issues de différentes sources : Météo France (méthode AURELHY 1971–2000, Canellas *et al.* (2014); simulations ALADIN 52, Ouzeau *et al.* (2014)), Chelsa (CHELSA, 2020), WorldClim V2.0 (Fick & Hijmans 2017.) et PVGIS (© European Communities, 2001–2020, Huld *et al.* (2012)) pourront être utilisées. L'ensemble représente des variables possédant une résolution spatiale de 8 km à 1 km.

Afin de maximiser à la fois la qualité temporelle et spatiale des modélisations et ainsi valoriser l'ensemble des variables disponibles, notamment dans un objectif de projection temporelle, nous allons appliquer l'approche dites du « delta change method » d'après Mosier *et al.* (2018). Cette approche permet d'utiliser à la fois les simulations ALADIN 52 pour avoir les meilleurs scénarios de changements du climat en cohérence avec le programme et d'utiliser également les variables climatiques (décrivant le climat du passé récent) les plus précises spatialement. Par exemple, au niveau des Pyrénées (Fig. 189) l'utilisation de cette méthode de descente d'échelle permet de conserver la résolution spatiale la plus fine (1km<sup>2</sup>) montrant l'effet du relief sur le climat alors que ces subtilités ne s'expriment pas dans les simulations ALADIN (8 km de résolution). Cette méthode permet au terme de faire une descente d'échelle spatiale des simulations ALADIN 52 dans le futur de 8 km à 1km de résolution spatiale en intégrant les effets du relief ainsi que les subtilités régionales présentes sur la période de référence du passé récent (Fig. 189).

- **Modélisation corrélative**

#### *Analyses préliminaires*

Les analyses préliminaires sur les déterminants climatiques de la répartition menées en 2018 ont été mises à jour grâce à l'acquisition de nouvelles de données de répartition des trois espèces en Poitou–Charentes qui sont maintenant complètes en 2020. Le principe de cette mise à jour a été de reprendre les niches climatiques prédites par les modèles et définies à l'échelle des anciennes régions Aquitaine et Limousin pour la projeter dans l'ancienne région Poitou–Charentes. Les données de présence en Poitou–Charentes permettent de faire une validation indépendante des prédictions pour vérifier si les variables sélectionnées permettent de bien définir les niches climatiques des espèces et ainsi vérifier la capacité des modèles à les projeter dans l'espace (et par voie de conséquences dans le temps).

L'ensemble des variables climatiques utilisées en 2018 issues de différentes sources (Météo France AURELHY, WorldClim V2.0, [www.cmsaf.eu](http://www.cmsaf.eu), PVGIS) ont été reprises. L'ensemble représente initialement 6 variables possédant une résolution spatiale de 7 km à 100 m (Annexe 13).

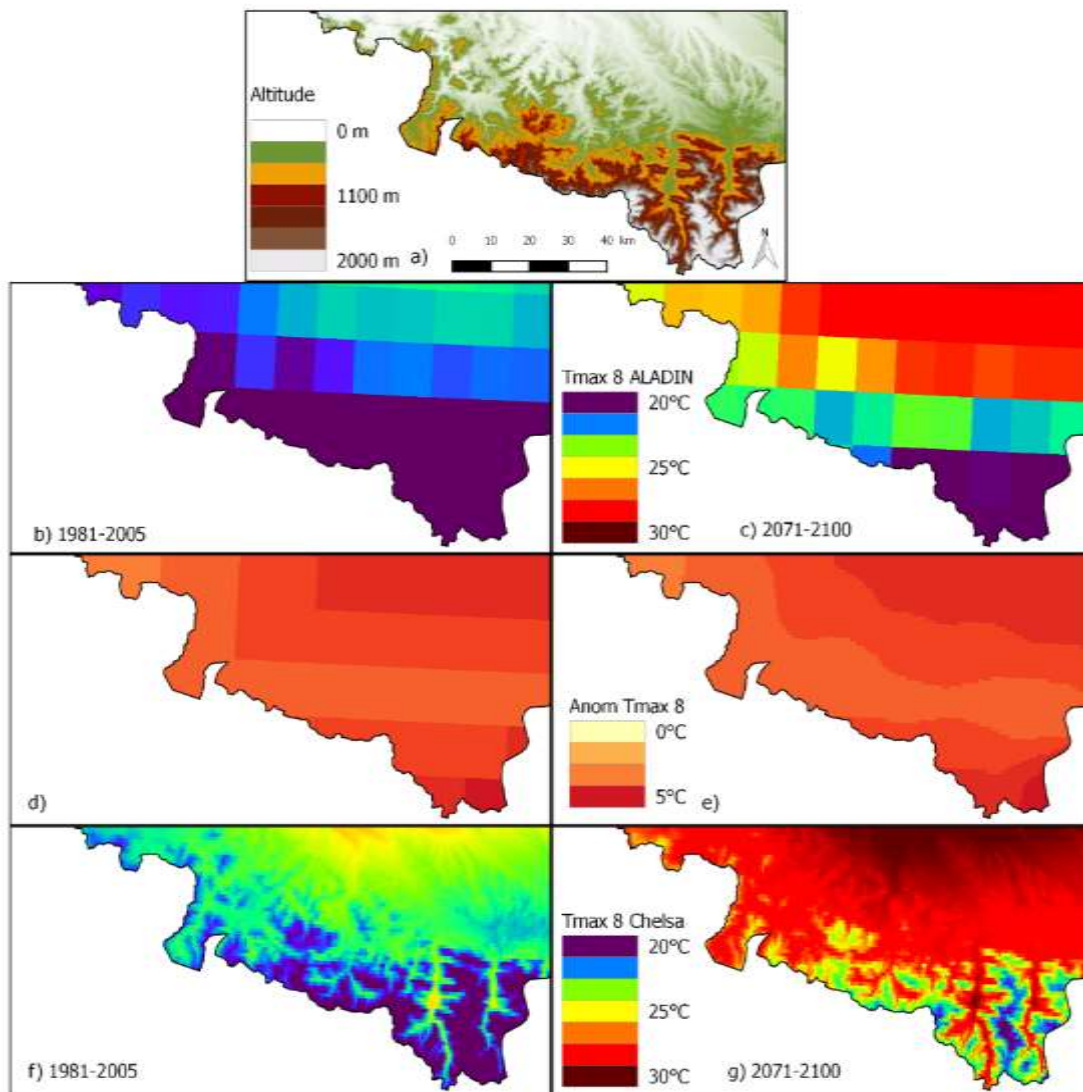


Fig. 189. Exemple de « delta change method » pour produire la température maximale mensuelle du mois d'août pour le scénario RCP8.5 dans la région Nouvelle-Aquitaine au niveau des Pyrénées. Les cartes sont (a) un modèle numérique d'altitude GTOPO30 pour la région test, (b) la simulation ALADIN pour la période 1981-2005, (c) la simulation ALADIN pour la période 2071-2100, (d) anomalie entre (b) et (c), (e) anomalie de (d) interpolée à la grille spatiale de Chelsa, (f) climatologie Chelsa 1981-2005, et (g) la simulation ALADIN à échelle réduite pour la période 2071-2100.

Les 6 variables ont été transformées afin de bénéficier d'une résolution spatiale de travail la plus importante (100m) et la corrélation deux à deux a été quantifiée. Ces variables sont délimitées à deux niveaux de définition spatiales : un jeu à l'échelle Aquitaine/Limousin et un jeu identique mais à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine :

- Variables d'insolation : irradiation effective du mois de juin ;
- Variables de température : température maximum estivale et température minimum hivernale ;
- Variables d'humidité : index d'humidité estival, potentiel évapotranspiration de juin ;
- Variables de précipitations : cumul hivernal.

Ce travail préliminaire de modélisation de niche écologique a été réalisé par l'intermédiaire du logiciel MaxEnt (Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Version 3.4.1) (PHILLIPS *et al.*, 2017).

De par l'objectif exploratoire de cette étude, l'utilisation du logiciel s'est basée sur des répétitions d'analyses. Cette méthode utilise les répétitions d'une même analyse mais en sélectionnant au hasard à chaque fois parmi les observations de présence un nouveau jeu de données équivalent en nombre nommé « Bootstrap ». Cette méthode permet de conserver l'ensemble du jeu de données d'observations par l'accumulation des répétitions mais également de juger de l'incertitude des prédictions liées notamment aux variables environnementales. Cette approche peut calculer les probabilités de présence calculées à partir de toutes les répétitions (min, médiane, moyenne, max, écart type) sans pouvoir déterminer un seuil sur des prédictions binaires (présence/absence). Ainsi, dans le souci de compromis entre le temps de calcul et la qualité des prédictions, 10 réplicas ont été réalisés par la méthode de « Bootstrap ». Les prédictions des 10 modèles sont exprimées en probabilités de présence. La répartition potentielle de l'espèce a été assimilée aux valeurs maximums des probabilités de présence obtenues sur les 10 prédictions.

Les modèles ont été calibrés et évalués à l'échelle spatiale de l'Aquitaine et du Limousin sur les données de présence de la même zone géographique. Une fois le modèle construit, il a été projeté à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine dans son ensemble et les prédictions pour les trois espèces de rainettes ont été enregistrées.

### • Analyses finales visées

Nous utiliserons une méthode se basant sur un ensemble de différentes méthodes statistiques se basant sur un consensus de prédictions prenant en compte les incertitudes liées aux choix des méthodes (MARMION *et al.*, 2009). BIOMOD est une plateforme de calcul donnant un ensemble de prédictions et d'incertitudes de la répartition des espèces (THUILLER *et al.*, 2009). Cette méthode est implémentée dans R 2.15.3 (R Development Core Team 2011) dans le pack "BIOMOD". Nous utiliserons 8 techniques de modélisation différentes : 1) les modèles linéaires généralisés ou GLM, 2) les modèles généralisés additifs ou GAM, 3) les régressions adaptatives multivariées de spline ou MARS, 4) l'analyse d'arbre de classification ou CTA, 5) l'analyse discriminante en mélange ou MDA, 6) les réseaux de neurones artificiels ou ANN, 7) les modèles généralisés fortifiés ou GBM et 8) les « random forests » ou RF.

## 7.3 Résultats

### 7.3.1 Résultats exploratoires des suivis naturalistes

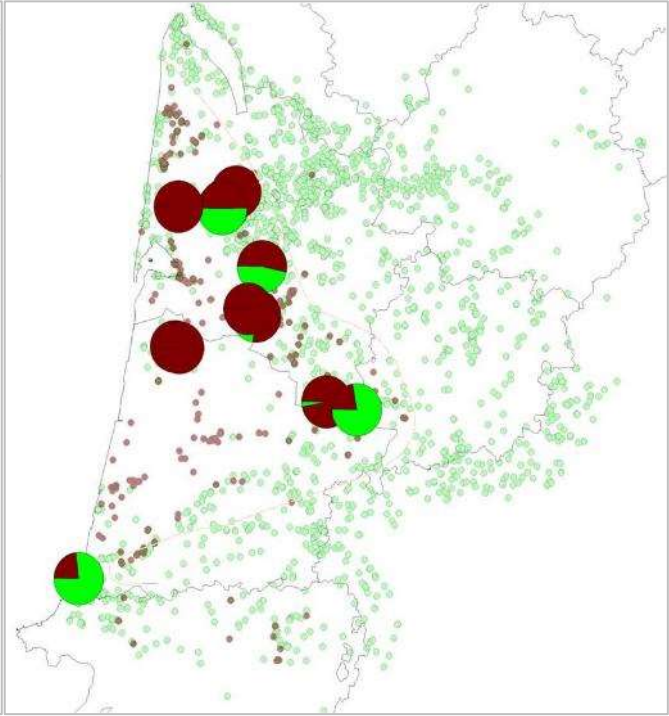
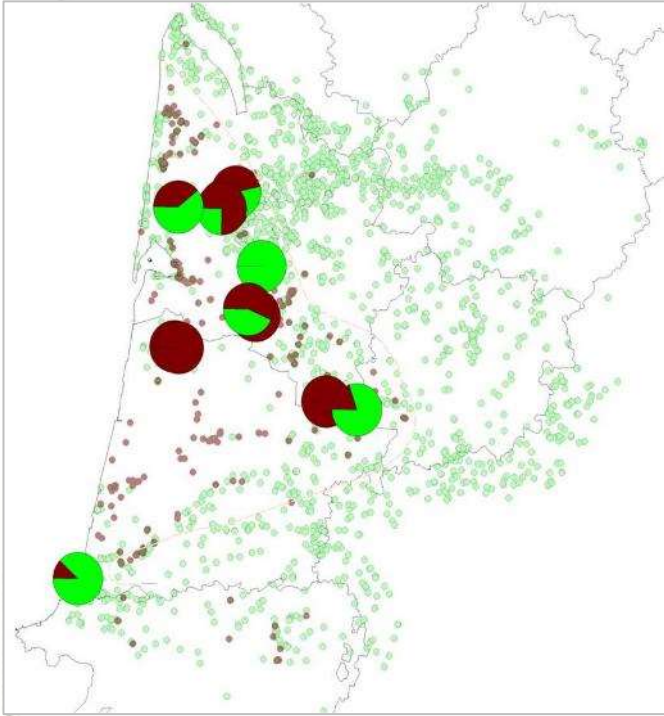
Dans le Massif landais (Gironde, Landes et Lot-et-Garonne), les quatre premières années d'observation, de 2017 à 2020 permettent d'apporter un état de référence de la situation de la Rainette ibérique. Il ne s'agit pour l'heure que d'analyses descriptives des données d'observation sur les 12 sites suivis.

Des cartographies représentant le rapport Rainette ibérique / Rainette méridionale observé sur les sites d'études (à partir des indices d'abondance de chaque espèce) sont proposées avec l'idée que les prochaines années permettraient d'avoir une image instantanée du rapport de force entre la Rainette ibérique et la Rainette méridionale sur les sites d'études. Lorsque la balance penchera en faveur de la Rainette méridionale, cela indiquera que l'habitat et les conditions microclimatiques (température, hygrométrie) auront été modifiés. Les études écophysiologiques permettront également de mettre en avant les seuils de tolérance des fluctuations hygrométriques des rainettes ibériques. Suite aux trois premières années de suivis, l'étude des indices d'abondance (ou indices d'observation = io) entre les populations de Rainette ibérique et de Rainette méridionale est possible. Une représentation cartographique des indices d'observation de 2017 à 2020 (Fig. 190) permet d'avoir une vision rapide des secteurs avec les plus grandes observations ainsi que la variation interannuelle.

Indices d'observation de la Rainette ibérique (rouge) vs Rainette méridionale (vert) dans le massif landais sur fond de données historiques de présence de Rainette ibérique (points bordeaux clairs) et de la Rainette méridionale (points verts clairs)

Suivi 2017

Suivi 2018



Suivi 2019

Suivi 2020

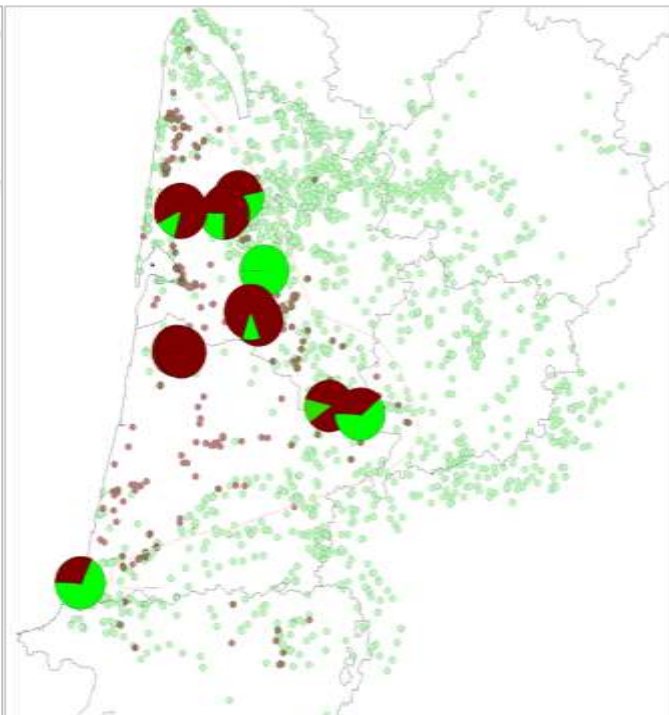
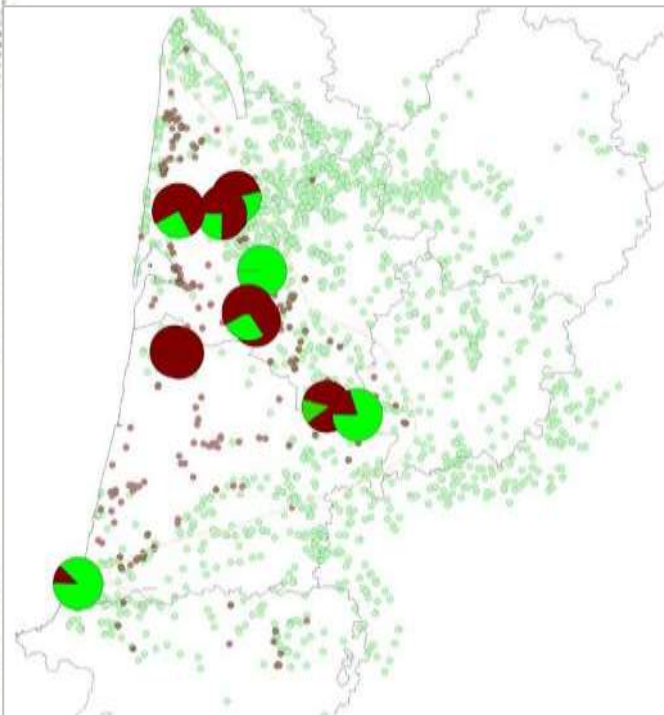
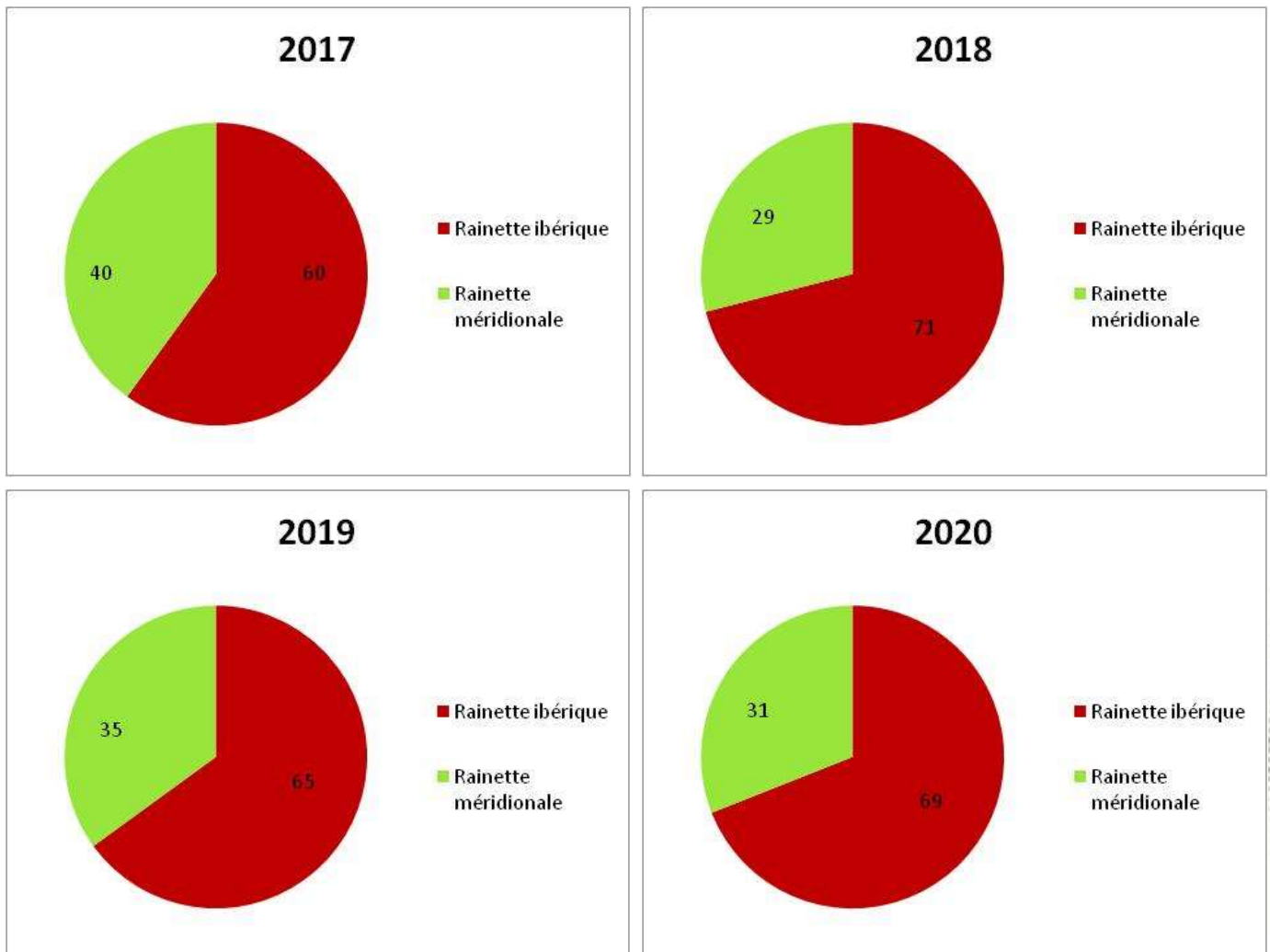


Fig. 190. Comparaison interannuelle des indices d'observation de la Rainette ibérique (en rouge) et de la Rainette méridionale (en vert) entre 2017 et 2020

Il est ainsi possible de voir l'évolution interannuelle des « io » des rainettes ibériques et des rainettes méridionales. En comparant les indices d'observation (io) des sites de 2017 à 2020, il est intéressant de regarder la progression interannuelle qui nous amène à chercher les événements ou modification qui justifieraient notamment une progression négative sur un site (progression négative = diminution des observations). Tout site confondu, les ratios en faveur de la Rainette ibérique était plus faibles en 2017 et 2019 comparés à 2018 et 2020 (Fig. 191). L'année 2020 a connu une bonne saison hydrique et thermique pour les rainettes ibériques mais plus précocement décalant la phénologie des Rainettes ibériques mais également des rainettes méridionales.



**Fig. 191. Ratios moyens annuels entre Rainette ibérique (rouge) et Rainette méridionale (vert) sur l'ensemble des sites de suivi dans le triangle landais entre 2017 et 2020**

En Limousin, 2020 consiste en la 3<sup>ème</sup> année de comptage effective sur 4 sites. Les données brutes (Tab. LXXIV-Tab. LXXV) très faibles et aléatoires seront exploitables plus probablement à partir de l'année prochaine.

**Tab. LXXIV. Nombre d'observations par année et par site de suivi pour les trois espèces de rainettes en Limousin**

Nb obs : nombre d'observation ; Rm : Rainette méridionale ; Rv : Rainette verte

Site	Nb obsRm 2018	Nb obsRv 2018	Nb obsRm 2019	Nb obsRv 2019	Nb obsRm 2020	Nb obsRv 2020
Bussac haut	0	3	0	4	0	11
Lescure	3	2	2	7	3	6
Château Gaillard	-	-	0	6	0	10
Les Paleines	-	-	0	6	0	6

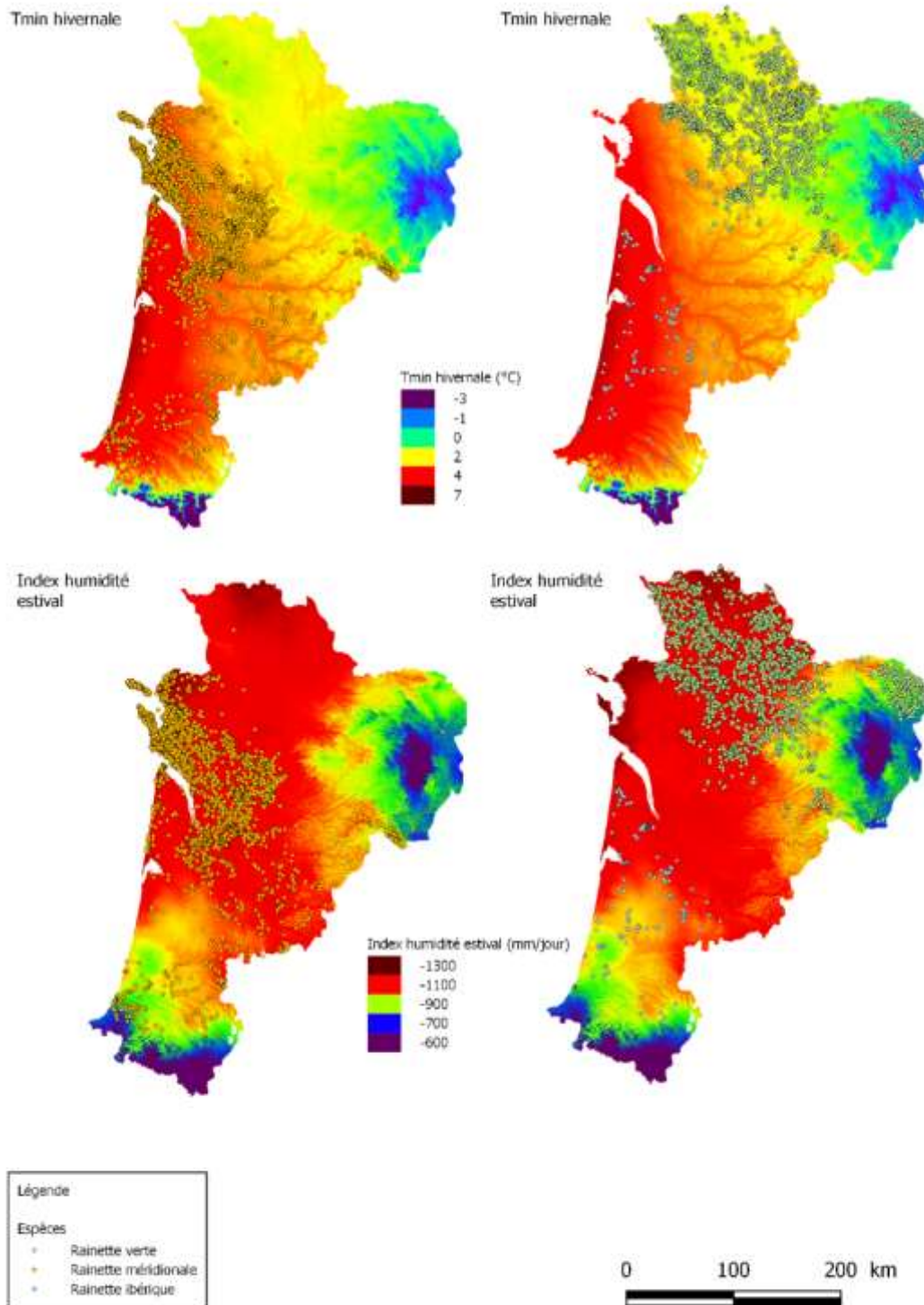
**Tab. LXXV. Nombre d'observations par année et par mois pour chaque espèce en Limousin**

Nb obs : nombre d'observation ; Rm : Rainette méridionale ; Rv : Rainette verte

mois	Nb obsRm 2018	Nb obsRv 2018	Nb obsRm 2019	Nb obsRv 2019	Nb obsRm 2020	Nb obsRv 2020
Avril	0	0	1	7	3	25
Mai	1	3	1	9	0	8
Juin	2	2	0	7	-	-

### 7.3.2 Acquisition complémentaire de données de présence

Le volume de données concernant le Poitou-Charentes représente un volume majeur d'informations complémentaires sur la répartition des espèces à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine. Les cartes de répartition des espèces mises à jour avec l'ensemble du jeu de données régional montrent l'importance de prendre en compte l'ancienne région Poitou-Charentes. Les fonds des cartes correspondent aux variables qui avaient été identifiées parmi les variables déterminantes de la répartition des trois espèces de rainettes en 2018 (Fig. 192). L'ajout des données de présence *a posteriori* sur ces cartes permet de prendre du recul sur les résultats préliminaires de 2018 qui montraient déjà une certaine faiblesse notamment pour l'index d'humidité. Il semble que la limite « nord » des trois espèces semble délimitée par les contraintes thermiques hivernales à des seuils différents. Ceci est un point déterminant pour prédire les avancées de la répartition sur ce front « froid » des trois espèces face aux scénarios de changement climatiques. Par contre, la limite « chaude/sud » est difficilement explicable par ces deux variables pour les rainettes verte et ibérique dans la mesure où a contrario, la Rainette méridionale ne semble pas actuellement (et logiquement car d'affinité méditerranéenne) contrainte de ce point de vue en Nouvelle-Aquitaine.



Cartographie : © CEBC CNRS - 2020 - Traitement QGIS  
Source des données : © Cistude Nature, GMHL, Vienne Nature, Charente Nature, Deux-Sèvres Nature  
Environnement, Nature Environnement 17, LPO, LPO 17, CEBC CNRS

Fig. 192. Mise à jour des données de répartition (jeu de données complet 2020) pour les trois espèces de rainettes en Nouvelle-Aquitaine



### 7.3.3 Modélisation spatiale à l'échelle Nouvelle-Aquitaine

Les nouvelles données en Poitou-Charentes permettent de confronter ces données de présence indépendantes avec les prédictions des modèles dans cette nouvelle zone géographique alors qu'ils ont été calibrés à partir des anciennes régions Aquitaine et Limousin (Fig. 193).

Pour la Rainette verte, le modèle n'arrive pas à prédire l'espèce en Poitou-Charentes alors qu'elle est présente dans les 4 départements et que l'évaluation du modèle peut être qualifiée de très bonne (AUC = 0.908). Pour la Rainette ibérique, à l'opposé, les modèles prédisent l'espèce en Poitou-Charentes alors que c'est l'espèce sœur, la Rainette verte qui y est présente. L'évaluation du modèle peut être qualifiée là encore de très bonne (AUC = 0.884). Toutefois, si l'on peut conclure à la complémentarité des modélisations des deux espèces sœurs, il reste encore des éléments à éclaircir comme la difficulté à prédire la Rainette verte en zone poitevine ou au contraire son absence dans le nord de la Haute Vienne. De plus, les prédictions de la Rainette ibérique identifient la Charente-Maritime faisant partir de la niche climatique de l'espèce, ce que les observations contredisent complètement.

Pour la Rainette méridionale, les prédictions sont encourageantes avec l'évaluation du modèle qui peut être qualifiée là encore de bonne (AUC = 0.831). Les modèles sont capables de prédire sa présence en Poitou-Charentes dont la Charente-Maritime limite qui valide une partie des variables climatiques identifiées comme déterminantes notamment du fait de prédictions de l'espèce en nord Deux-Sèvres qui devront être expliquées pour améliorer la robustesse du modèle (probablement un artefact lié à la méthode MaxEnt).

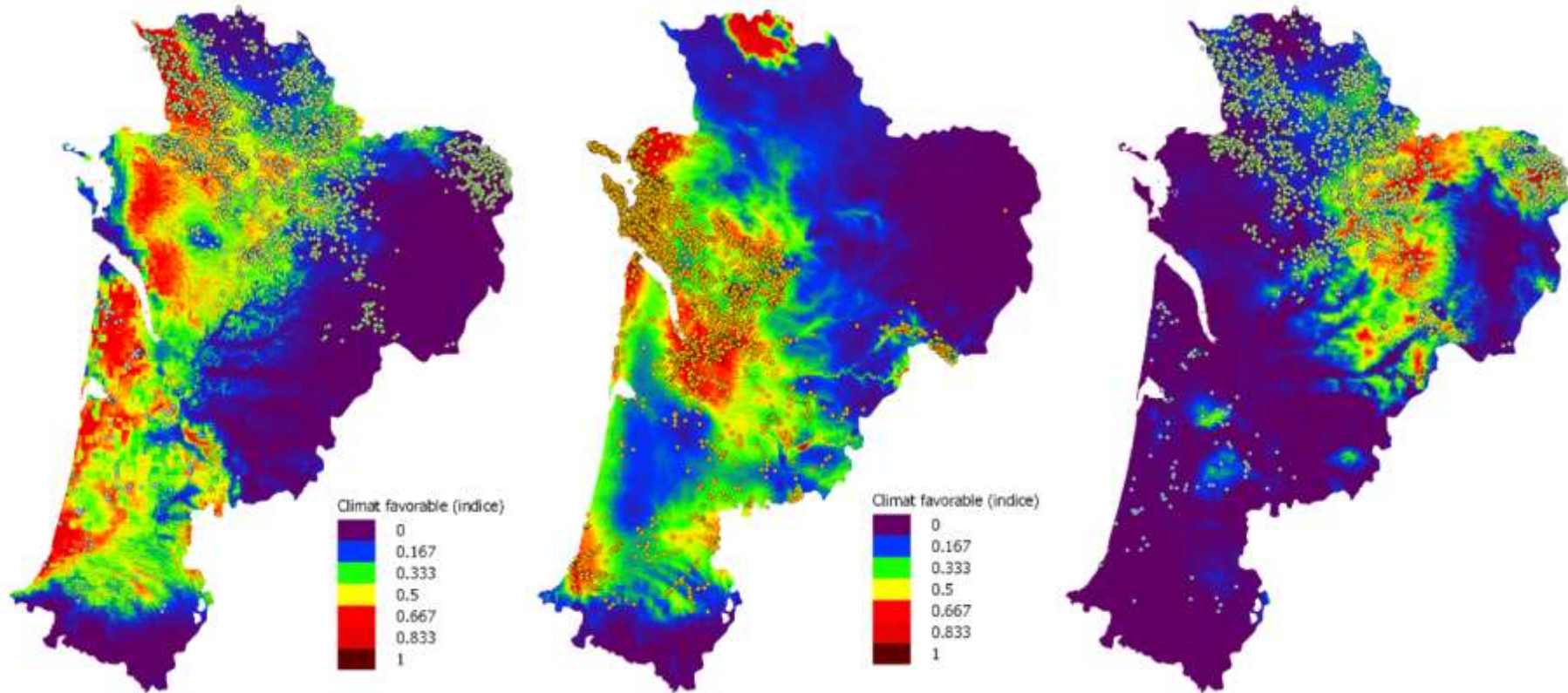


Fig. 193. Prédications à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine des probabilités de présence pour la Rainette verte, la Rainette méridionale et la Rainette ibérique (de gauche à droite). Les prédictions en Poitou-Charentes correspondent à des projections des modèles calibrés sur les anciennes régions Aquitaine et Limousin. En point, l'ensemble des données de présence compilé en 2020 (Rainettes verte et ibérique à gauche et droite, Rainette méridionale au centre).

## 7.4 Discussion

En ce qui concerne l'analyse des suivis naturalistes, la représentation cartographique des indices d'observation entre 2017 et 2020 permet de voir que certains secteurs comme Saint-Magne et Le Pian-Médoc en Gironde concentrent le plus grand nombre d'observations annuelles et que cela est récurrent pour l'heure sur les différentes années de suivis.

De manière plus globale, l'ensemble des sites connaît une plus forte proportion d'observation de la Rainette ibérique que de la Rainette méridionale en 2018 et 2020. Ne pouvant s'agir d'apparition spontanée ou uniquement d'un pic de reproduction une année sur 2, cela signifie que ces populations étaient déjà présentes sur ces secteurs mais qu'elles sont passées inaperçues. En s'affranchissant d'un effet observateur interannuel (suivi protocolé), cela sous-entend que 2017 avait été une année particulière au niveau météorologique. L'étude des optimums thermiques des différentes rainettes pourra justement abonder ou non dans ce sens. La mise en parallèle de ces résultats et des conditions de températures et de pluviométries est planifiée pour début 2021

L'indice d'observation moyen annuel sur l'intégralité des sites suivis était en forte augmentation pour la Rainette ibérique en 2018, puis baisse en 2019, pour remonter sensiblement en 2020. Les préférences thermiques et hydriques de la Rainette ibérique et de la Rainette méridionale semblent être différentes (plus humide et fraîche pour la Rainette ibérique), l'année 2018 correspondrait à une année avec des conditions abiotiques plus optimales à l'activité des Rainettes ibériques, et a contrario, 2017 était une année défavorable à l'activité de la Rainette ibérique. 2019 se positionne comme une année intermédiaire, suffisamment pluvieuse et fraîche en début de saison printanière pour assurer la reprise d'activité des rainettes ibériques et la mise en place de leur reproduction. La fin de saison s'est par contre arrêtée plus précocement qu'en 2018 avec un fort assèchement des zones humides constaté sur site, dès la fin Mai. En ce qui concerne 2020, les conditions thermiques et hydriques ont été favorables mais plus précoces dans la saison. L'activité de reproduction de la Rainette ibérique a démarré dès février 2020 et l'assèchement des lagunes n'a eu lieu qu'en juin-juillet, laissant présager d'une bonne reproduction pour cette dernière. La saison de reproduction de la Rainette méridionale s'est vue également décalée avec de fortes chaleurs dès février-mars. La compétition associée aux chevauchements de phénologie sera à prendre en compte pour analyser les conséquences de ces variations.

Un autre phénomène pouvant impacter fortement l'activité des rainettes et la réussite de leur reproduction est l'amplitude thermique jour/nuit au cours de la saison d'activité. Les rainettes mâles ayant leur comportement reproduction de chant essentiellement la nuit contrairement aux rainettes méridionales qui peuvent chanter même en journée, une très forte chute de température en fin de journée peut impacter l'activité reproductrice (BERRONEAU, 2014a). Il sera bon d'étudier ce phénomène observé lors des premiers comptages 2019 et 2020.

L'analyse des indices d'observations par site et par session de comptage apportera également ces prochaines années des informations sur les changements de phénologie selon les conditions bioclimatiques évoluant au cours de la saison (hausse température, perte hydrique du milieu, augmentation de l'ensoleillement).

Concernant la répartition régionale des 3 rainettes, les données complémentaires de présence des espèces à l'échelle du Poitou-Charentes démontrent leur intérêt fort pour bien cerner la niche des espèces, élément essentiel pour réaliser des projections robustes. Elles nous ont permis de tester cette

première sélection de variables issue de l'analyse préliminaire réalisée à l'échelle des données disponibles en 2018, c'est-à-dire, au niveau des anciennes régions Aquitaine et Limousin.

Le programme « Les Sentinelles du Climat » a également permis le conventionnement d'un partenariat entre les associations naturalistes de l'ensemble du Poitou-Charentes (Vienne Nature, Nature Environnement 17, LPO, Deux-Sèvres Nature Environnement et Charente Nature) et le CEBC dans le cadre spécifique des travaux menés pour le programme pour constituer à terme la plus complète et précise base de données naturaliste pour ces espèces en région Nouvelle-Aquitaine.

Pour les rainettes verte et ibérique, le fait de prédire la répartition de l'une avec l'autre et inversement se pose la question de devoir regrouper ou non les deux espèces afin de pouvoir modéliser la niche climatique de ces espèces sœurs et ainsi avoir les prédictions les plus robustes. Seules les données écophysiologiques vont nous permettre de vérifier les traits des deux espèces et de valider cette approche de modélisation si aucune différence n'est trouvée entre elles. Les données écophysiologiques ont aussi permis de vérifier les hypothèses d'adaptation contrastées des trois espèces et ainsi avoir des hypothèses plus solides sur les variables climatiques ayant des relations proximales les plus fortes et déterminantes de la répartition des trois espèces de Rainettes.

Ces exemples montrent bien la difficulté de projeter correctement la niche d'une espèce que ce soit dans l'espace (ici le Poitou-Charentes) ou dans le temps (objectif ultime de prédire l'évolution de la répartition des espèces en fonction des différents scénarios du GIEC) et l'intérêt d'avoir le jeu de données le plus complet possible pour réaliser ce travail.

Par ailleurs, la situation du Poitou-Charentes pour les rainettes est particulièrement importante pour l'aspect modélisation de la répartition, car elle correspond en partie à la limite climatique des espèces (parapatricie), zone cruciale pour bien définir les contours de la niche des espèces et ainsi bien modéliser leur évolution spatiale dans le cadre des scénarios des changements climatiques de la région Nouvelle-Aquitaine. Pour la Rainette verte, une partie de la limite sud (dite « chaude ») de sa répartition se situe en Poitou-Charentes. De même, l'absence de la Rainette ibérique en Poitou-Charentes permet de bien cerner sa limite « chaude » notamment dans l'extrême sud des deux Charentes. Enfin, la répartition de la Rainette méridionale sera bien plus complète notamment dans ses franges où elle est en contact avec les deux autres espèces.

Il semble que la limite « nord » dite « froide » des trois espèces semble délimitée par les contraintes thermiques hivernales propre à chaque espèce. Ceci est un point déterminant pour prédire les avancés de ce front de répartition des espèces face aux scénarios de changement climatiques. Par contre, la limite « chaude/sud » est difficilement explicable par les variables identifiées lors de l'analyse préliminaire de 2018 pour les rainettes verte et ibérique dans la mesure où la Rainette méridionale n'est pas actuellement contrainte de ce point de vue. Les données écophysiologiques vont permettre de nous aider à revoir la sélection de variables climatiques. L'une des questions majeures est notamment d'expliquer le différentiel thermohydrique climatique constaté entre les Rainettes verte et ibérique dans la capacité à exploiter respectivement, le nord Poitou-Charentes (frais mais plus sec) et le triangle landais (plus chaud mais humide).

## 7.5 Conclusion

Les résultats préliminaires des suivis naturalistes montrent une fluctuation inter annuelle de l'activité/déteçtabilité des rainettes liée aux conditions météorologiques et d'assèchement des zones humides.

L'acquisition de données complémentaires en 2020 sur le Poitou-Charentes est un élément primordial pour atteindre l'objectif de projeter les effets du changement climatique chez les espèces sentinelles de la Région Nouvelle-Aquitaine. Nous avons ainsi pu récolter au total 12028 données de présence (toutes résolutions confondues) qui s'ajoutent aux 2607 données déjà acquises à l'échelle des ex. régions Aquitaine/Limousin.

Ces données ont permis de tester la sélection des variables réalisées en 2018 basées sur des modélisations calibrées sur les régions Aquitaine/Limousin. La difficulté de prédire les répartitions des rainettes vertes et ibériques séparément pose la question de les réunir dans le cadre des modélisations et de revoir la sélection de variables pour bien définir leur limite dites « chaudes ». Par contre, la limite dite « froid » des trois espèces semble cohérente notamment pour la Rainette méridionale.

Avec ce jeu de données de présence complet compilé, une nouvelle étape de sélection de variables (en cohérences avec les résultats des études écophysiologicals sur les adaptations et sensibilités propres aux espèces) et de modélisation pourra se mettre en place.

Les études écophysiologicals se dérouleront en 2021 au CEBC. Elles devraient apporter un éclairage important sur la spécialisation écologique de la Rainette ibérique et de la Rainette verte. Notre prédiction est notamment une sensibilité à la déshydratation plus élevée chez ces deux espèces en comparaison avec la rainette méridionale. Cette approche mécaniste est indispensable pour la compréhension de la dynamique des 3 espèces dans la région.