

SUIVI DES AMPHIBIENS EN FRANCE HEXAGONALE ET CORSE



SUIVIS POPAMPHIBIEN BILAN 2025

Triton ponctué
© Eric Sansault



BILAN 2025 DES SUIVIS POPAMPHIBIEN



Co-autrices

Audrey Trochet	Société herpétologique de France
Florèn Hugon	E.I. BioDivAct

Contributeur.trice.s

Adèle Hurabielle	Société herpétologique de France
Aurélie Berna	BUFO
Aurélien Besnard	CEFE-CNRS Montpellier

Relectrices

Laura Kouyoumdjian	Société herpétologique de France
Anne Lombardi	

Coordination nationale

Audrey Trochet

Société herpétologique de France

Contact : audrey.trochet@lashf.org

Financements

Office français de la biodiversité (OFB), Ministère de la transition écologique, de la biodiversité et des négociations internationales sur le climat et la nature, Office national des forêts (ONF), Unité d'appui et de recherche « Patrimoine Naturel » (PatriNat), DREAL Nouvelle-Aquitaine

Citation recommandée

Trochet A.*, Hugon F.*, Hurabielle A., Berna A., Besnard A., Lombardi A. (2026) Suivi des amphibiens en France hexagonale et Corse en 2025. Société herpétologique de France. 29 pp. | doi : 10.48716/popa2025

**co-premières autrices*

**La SHF tient à remercier chaleureusement
l'ensemble des personnes et des structures
permettant la mise en œuvre du programme
à l'échelle nationale**

Salamandre tachetée
© Damien Troquereau

SOMMAIRE



Crapaud calamite
© Axel Martin

Contexte	4
Les protocoles POPAmphibien	5
Stratégie d'échantillonnage et saisie des données	6
État des lieux 2025	7
Structures contributrices	8
Sites POPAmphibien	10
Focus par région	12
Méthode d'analyse des données POPAmphibien "Communauté"	16
Tendances des populations d'amphibiens 2025	18
Discussion	20
POPAmphibien "Spécifique" Crapaud vert : tendances des populations	23
Liste des structures contributrices	25
Annexe : détails de la méthodologie statistique utilisée	27

CONTEXTE

Depuis 2021, la Société herpétologique de France (SHF) coordonne le **programme de surveillance des populations de reptiles et d'amphibiens de France**, programme soutenu par PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD), dans lequel les protocoles **POPAmphibien** s'inscrivent. L'objectif principal de ce programme est d'identifier – et de déployer – des protocoles validés statistiquement permettant de suivre l'état des populations de l'ensemble des espèces d'amphibiens (et aussi de reptiles via les protocoles POPReptile) présentes sur le territoire national.

Les protocoles standardisés de suivis des populations d'amphibiens (protocoles POPAmphibien) ont été élaborés à l'initiative de la SHF et de plusieurs structures partenaires [Réserves naturelles de France (RNF), Office national des forêts (ONF), Union nationale des centres permanents d'initiatives pour l'environnement (UNCPIE) et Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive de Montpellier (CEFE)].

Dans le cadre du programme de surveillance, la SHF est en charge de la coordination du réseau d'acteurs mettant en place des protocoles POPAmphibien, en s'appuyant sur des relais régionaux. Un soutien pour la bonne mise en œuvre des suivis, couplé à des stratégies d'échantillonnage régionales, ainsi qu'un volet d'analyses statistiques pointues sont prévus dans le cadre de ce programme. L'objectif principal de ce dernier est d'obtenir des **tendances nationales et régionales des populations** robustes statistiquement. Celles-ci alimenteront les évaluations des politiques environnementales (rapportage Directive Habitats-Faune-Flore, Listes rouges, etc.).

Pour en savoir plus



Page internet du POPAmphibien : <https://lashf.org/pop-amphibien/>

LES PROTOCOLES POPAMPHIBIEN

Les protocoles POPAmphibien sont construits pour **estimer les tendances de la probabilité d'occupation** de chaque espèce, c'est-à-dire la proportion de sites occupés par chaque espèce au cours du temps. Elle correspond à la probabilité de présence de l'espèce en prenant en compte sa probabilité de détection. Cette méthode d'analyse est communément utilisée sur l'herpétofaune, dont la détection est souvent imparfaite et variable, en fonction de la phénologie des espèces, dans le temps et l'espace. Ces protocoles ont une **visée long terme** et doivent être **déployés régulièrement**.

POPAMPHIBIEN "COMMUNAUTÉ"

Le **protocole POPAmphibien "Communauté"** a été développé pour suivre les évolutions de l'état des populations des amphibiens ; plus précisément, mesurer les changements de répartition spatiale des espèces et de composition des communautés au sein d'un réseau de sites, à partir de l'occurrence des espèces d'amphibiens sur les sites suivis. Il repose sur des observations répliquées dans le temps (plusieurs années de suivis) et l'espace (plusieurs sites de suivis). Le principe est de visiter une « aire échantillon » dans laquelle plusieurs sites sont définis. Les sites doivent être inventoriés lors de trois passages, répartis sur janvier – juin, tous les deux ans. Les suivis étant bi-annuels, l'analyse est menée sur des *périodes* de 2 ans (exemple 2014-2015) ; seuls les sites suivis sur au moins 3 *périodes* intègrent l'analyse.

POPAMPHIBIEN "SPÉCIFIQUE"

Les **protocoles POPAmphibien "Spécifique"** permettent de suivre, comme leur nom l'indique, des espèces en particulier, qui ne sont pas suffisamment communes pour être suivies par le protocole "Communauté". Celles-ci peuvent être inféodées à des habitats particuliers (Sonneur à ventre jaune, etc.) ou présenter une répartition très localisée (Crapaud vert), nécessitant des adaptations du protocole "Communauté". Selon les espèces et les contextes géographiques, le nombre de passages et leur fréquence, la période de passage, l'essence de la donnée (présence/absence ou comptage), la surface d'échantillonnage (sites ou placettes) et le temps de prospection peuvent être ajustés. La SHF s'associe aux structures mettant en place des protocoles de suivi sur ces taxons pour l'analyse des résultats et la proposition d'un protocole spécifique validé au niveau national. Les protocoles validés seront prochainement disponibles sur le site de la SHF. Dans ce bilan, les tendances de populations du Crapaud vert, évaluées en partenariat avec BUFO, sont présentées.



Pour en savoir plus

Des protocoles POPAmphibien "Spécifique" seront bientôt mis en ligne sur la page internet du POPAmphibien : <https://lashf.org/pop-amphibien/>

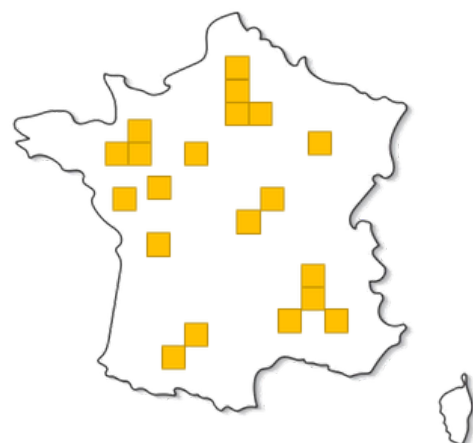
PROTOCOLE POPAMPHIBIEN "COMMUNAUTÉ"

Grenouille agile
© Maxime Briola

STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

Fondées sur la répartition des espèces cibles au niveau régional, ainsi que sur leur probabilité de détection, des stratégies d'échantillonnage régionales ont été définies. Ces stratégies ont pour objectif de guider la mise en œuvre de nouveaux suivis de façon à ce que ces derniers couvrent de manière homogène le territoire, tout en étant répartis de façon équilibrée entre les différentes entités paysagères (zones urbaines, zones agricoles, zones forestières et zones humides). Ce travail a également permis d'identifier le nombre de sites minimum à suivre par région, afin d'obtenir des tendances de populations régionales et nationales fiables statistiquement.

Des échanges réguliers avec les coordinateurs régionaux de la SHF permettent de mettre régulièrement à jour les nouvelles mailles à suivre.



SAISIE ET REMONTÉE DES DONNÉES

Les contributeurs sont invités à **saisir leurs données sur le sous-module POPAmphibien de GeoNature**, un outil dédié qui assure la qualité de la saisie (noms des aires et des sites, nomenclature des espèces, coordonnées, etc.). Cet outil permet la **standardisation des informations** au cours du temps, nécessaire à l'analyse long-terme des données, tout en facilitant leur saisie (plus besoin de noter la commune ou le département car ces informations sont automatiquement calculées à l'aide de la localisation du site).

Consulter la [page internet du POPAmphibien](#) pour voir dans quelle plateforme GeoNature saisir vos données.

Où saisir ses données ?

Région	URL
Normandie	https://geonature-urcpij-normandie.com
Grand Est	https://geonature.arb-idf.fr/geonature/
Bretagne	https://geonature.bretagne-vivante.org/
Occitanie	https://geonature.lpo-aura.org/
Provence-Alpes-Côte d'Azur	https://geonature.biodiv-occitanie.fr/
Autres régions	https://geonature.lashf.org/

Webinaire POPAmphibien et POPReptile (mars 2025)

GEO
Nature

Je découvre
le webinaire !

Un **webinaire est gratuitement disponible** en ligne pour vous aider dans la saisie des données POPAmphibien et répondre à toutes vos questions !

ÉTAT DES LIEUX 2025

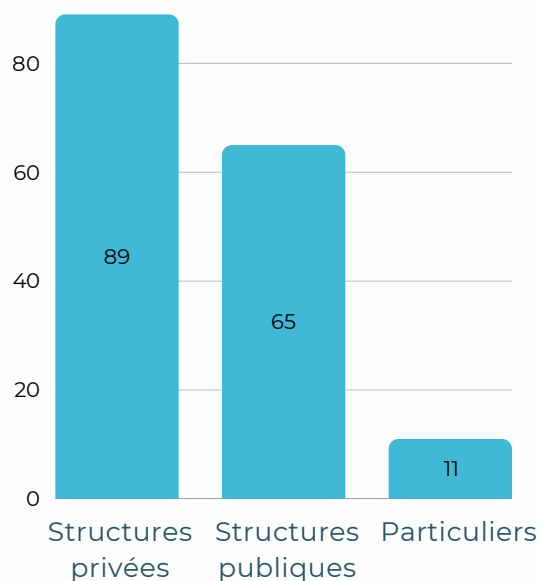
STRUCTURES CONTRIBUTRICES

NIVEAU NATIONAL

De nombreuses structures ont mis en œuvre des suivis POPAmphibien sur le territoire. Au total, cela représente **154 organismes** sur la période 2008-2025, ainsi que 11 particuliers.

La plupart des structures participantes au POPAmphibien sont des **organismes privés** (58%) tels que des associations (conservatoires d'espaces naturels ou CPIE par exemple), des bureaux d'études ; ou des **structures publiques** (42%) comme des communes, des communautés de communes ou des parcs naturels régionaux (Fig. 1).

FIGURE 1. NOMBRE DE STRUCTURES CONTRIBUTRICES PAR CATÉGORIE

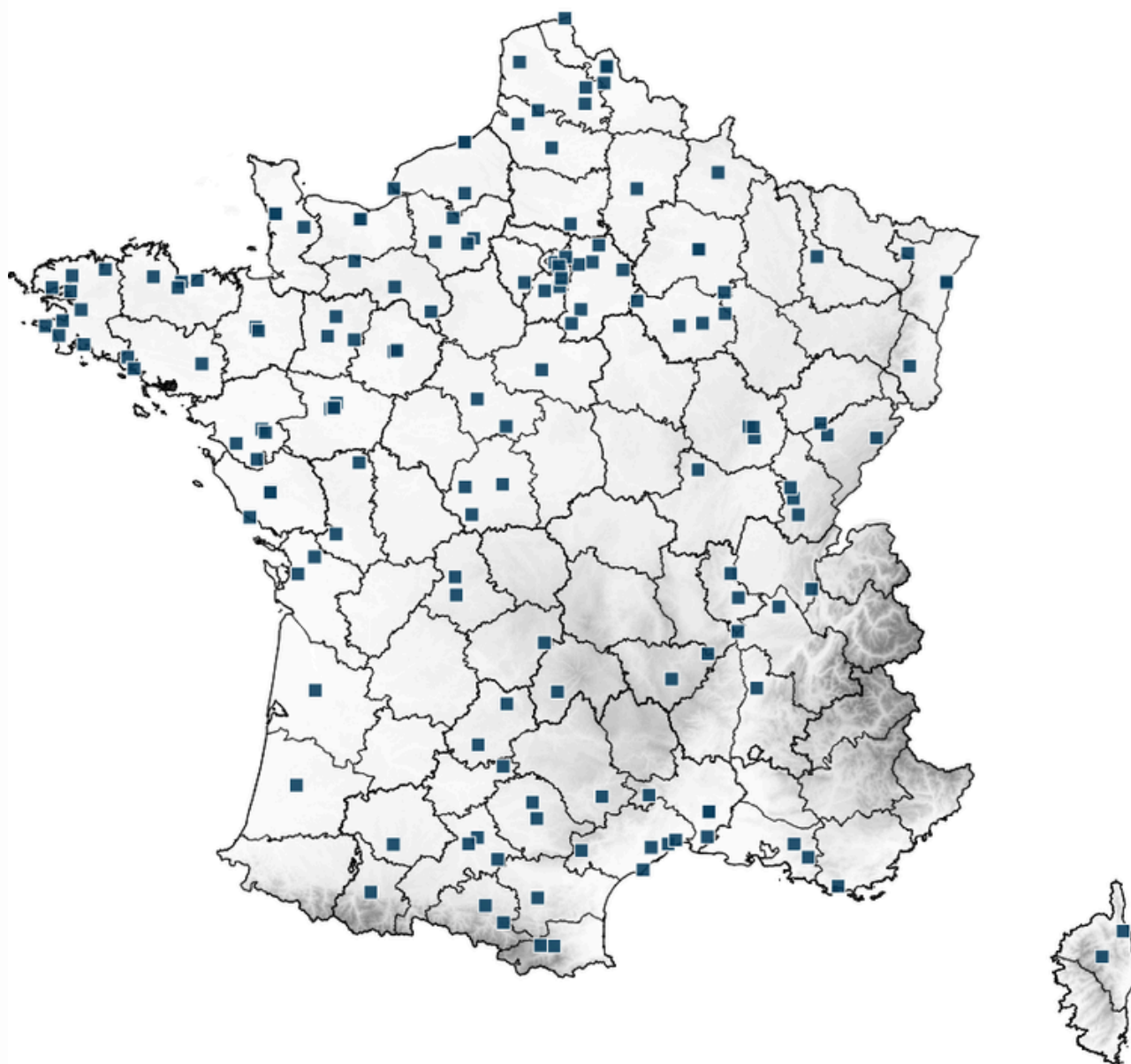


Crapaud épineux
© Axel Martin



Les données de l'**ONF**, compilées à l'échelle nationale par le réseau herpétologique de la structure, sont aussi intégrées à la base nationale POPAmphibien depuis 2009. Celles-ci représentent un total de 244 sites répartis au sein de plusieurs forêts domaniales, suivis depuis de nombreuses années, sur plusieurs régions.

LOCALISATION DES STRUCTURES CONTRIBUTRICES AYANT RÉALISÉ AU MOINS UN SUIVI POPAMPHIBIEN SUR LA PÉRIODE 2008-2025



Triton crêté
© Eric Sansault



ÉTAT DES LIEUX 2025

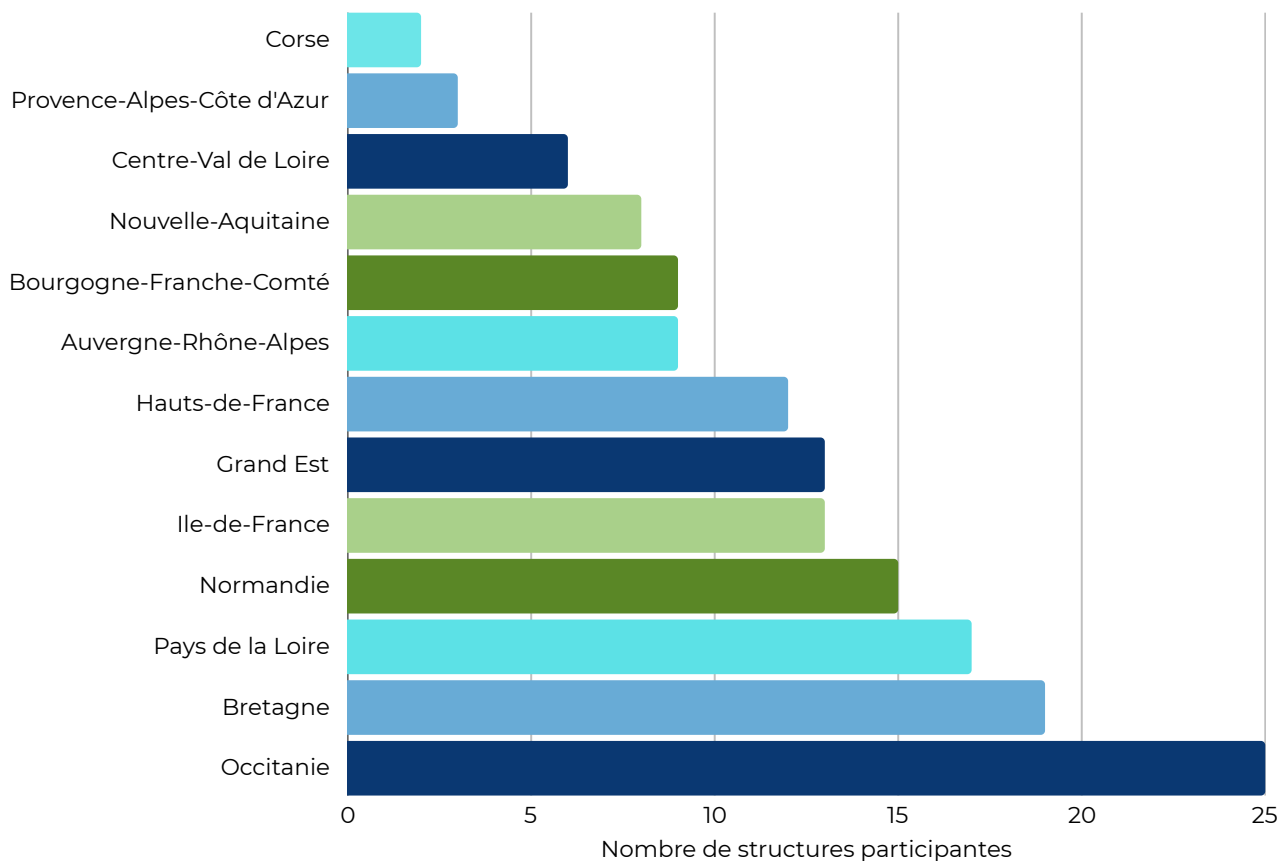
NIVEAU RÉGIONAL

Une forte disparité des structures participantes en fonction des régions persiste (Fig. 2) : la région **Occitanie** héberge un nombre important de structures ayant mis en place au moins un suivi (25 soit 17%), au même titre que la **Bretagne** (19 structures soit 13%) qui, depuis 2021, a énormément œuvré pour le déploiement du protocole sur son territoire. Le nombre de structures n'est pas forcément lié à un nombre de sites suivis important (voir ci-dessous). Il convient donc d'accentuer dans certains territoires la pérennisation des suivis, voire la multiplication de nouveaux sites à suivre.

En régions Pays de la Loire, Île-de-France, Grand Est et Auvergne-Rhône-Alpes, de nouveaux suivis voient le jour grâce à une forte dynamique des coordinateurs régionaux et des structures locales. Un accompagnement de la SHF et de ses coordinateurs est également en place dans les autres régions afin d'amorcer de manière commune les dynamiques autour de la mise en œuvre des suivis POPAmphibien, pour que, d'année en année, les suivis couvrent de manière homogène le territoire national.

À noter également que l'accès à de nouveaux jeux de données (incluant des suivis anciens) ont également permis cette année de renforcer la base de données POPAmphibien. À l'inverse, des jeux de données ne correspondant pas au format SHF standard n'ont pour l'heure pas été intégrés.

FIGURE 2. NOMBRE DE STRUCTURES CONTRIBUTRICES PAR REGION



ÉTAT DES LIEUX 2025

SITES POPAMPHIBIEN

NIVEAU NATIONAL

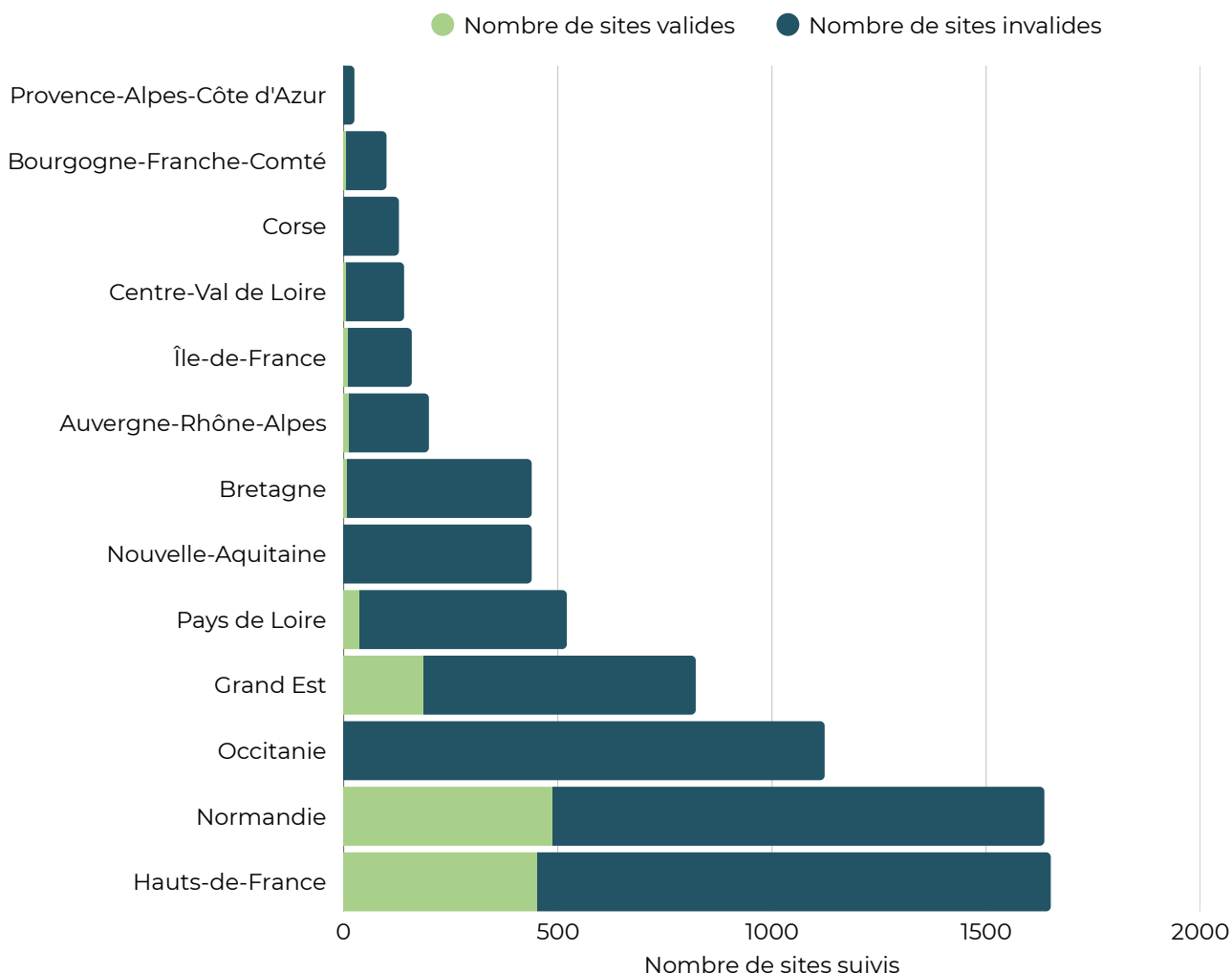
Sur la période 2008-2025, **6 172 sites** ont été suivis au moins une année par le protocole POPAmphibien "Communauté".

Dans les analyses - comme il s'agit d'analyses de suivis temporels - seuls les sites suivis au moins **3 périodes**, même si elles ne sont pas contiguës, sont intégrés aux modèles statistiques. Ces sites sont appelés sites valides dans la suite du document. Ainsi en 2025, la base nationale comprend **1 212 sites valides** sur la temporalité 2008-2025.

NIVEAU RÉGIONAL

Le nombre de sites valides (en vert clair) et invalides (en bleu, n'ayant pas été suivis au moins 3 périodes), par région, sur la temporalité 2008-2025, est donné en Figure 3.

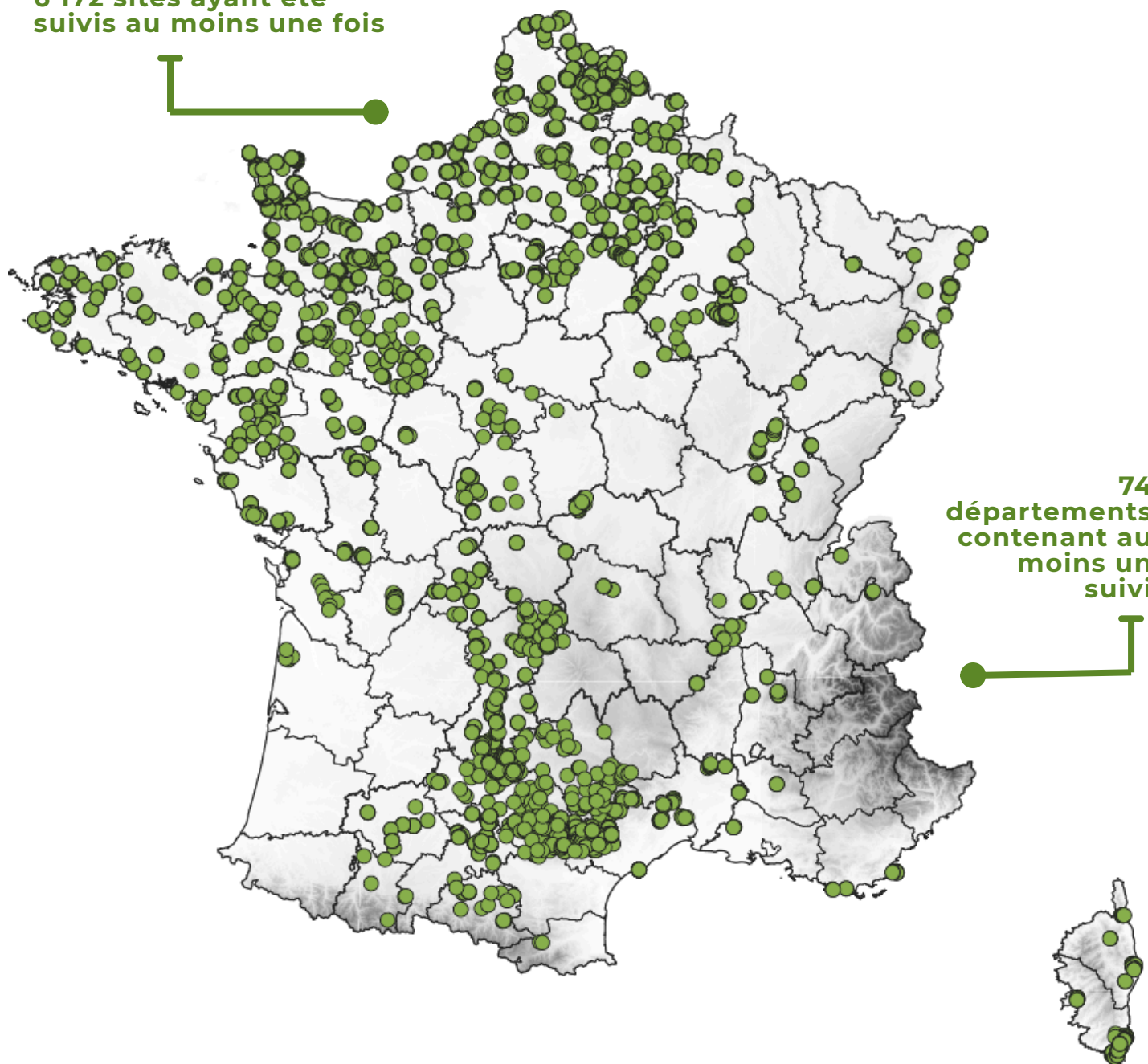
FIGURE 3. NOMBRE DE SITES VALIDES ET INVALIDES PAR REGION



ÉTAT DES LIEUX 2025

LOCALISATION DES SITES POPAMPHIBIEN EN 2025

6 172 sites ayant été
suivis au moins une fois

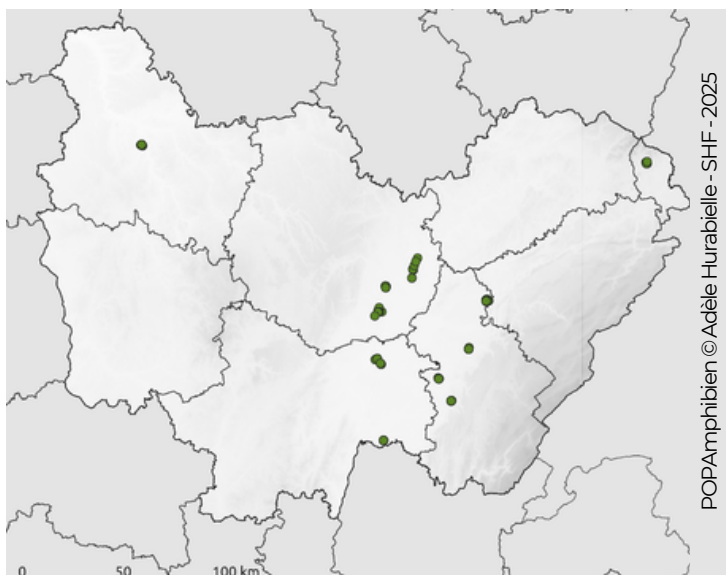


Note importante

L'année 2025 s'est concentrée sur un gros nettoyage des données récoltées jusqu'à présent. Ce nettoyage a particulièrement concerné l'intégration des données anciennement transmises sous format Excel à la base POPAmphibien gérée sous GeoNature par la SHF et certaines plateformes régionales. La SHF en profite pour remercier l'investissement des géomaticiens partenaires. Bien que toujours en cours, ce travail a nécessité des échanges avec de multiples acteurs. Certaines données initialement collectées ont été écartées : c'est le cas en particulier des données qui ne suivaient pas le protocole POPAmphibien, et/ou qui ne concernaient qu'une seule année de suivi et pour lesquelles le suivi s'est arrêté. Ces travaux de nettoyage se poursuivent en 2026 notamment sur certaines régions (qui montrent un nombre conséquent de sites suivis mais non nettoyés, limitant le nombre de sites valides à ce jour).

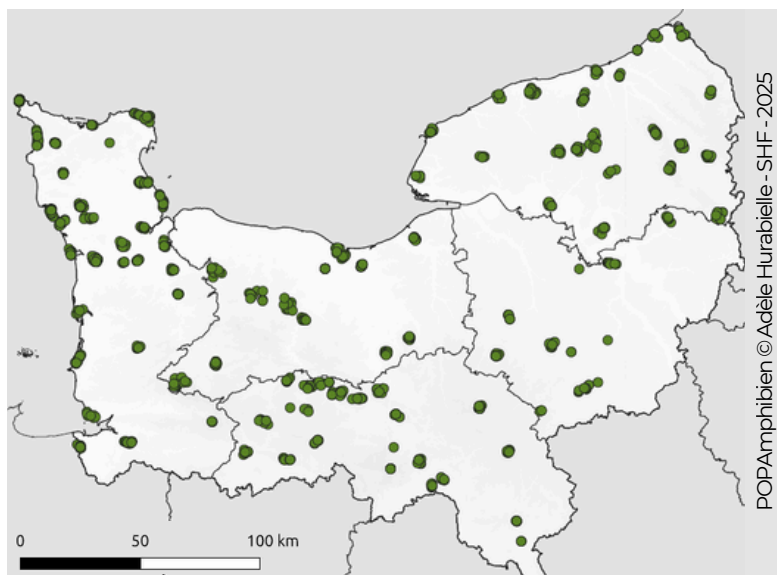
ÉTAT DES LIEUX 2025

FOCUS PAR RÉGION [2008-2025]



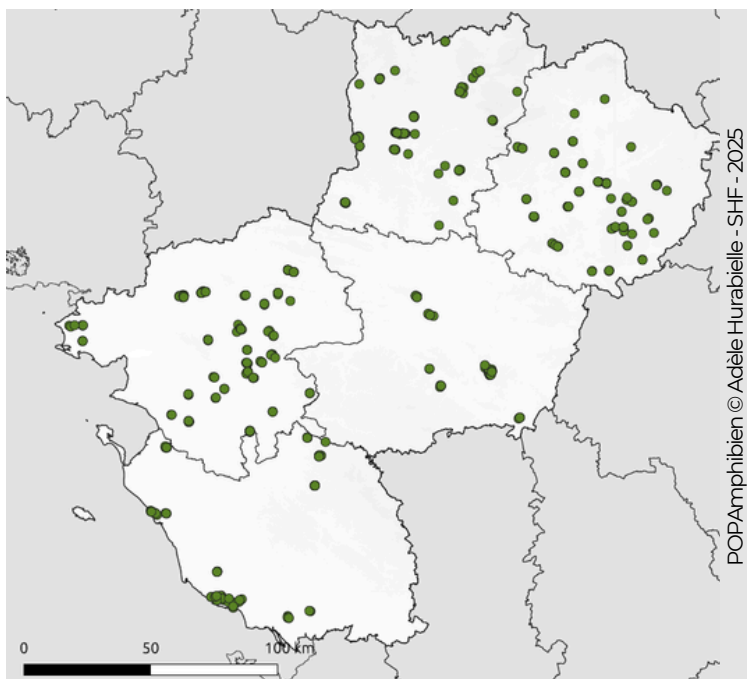
BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

9 structures contributrices
 5 départements sur 8 (63%)
 16 mailles suivies sur 150 (11%)
 93 sites suivis au moins 1 année
 7 sites suivis au moins 3 périodes



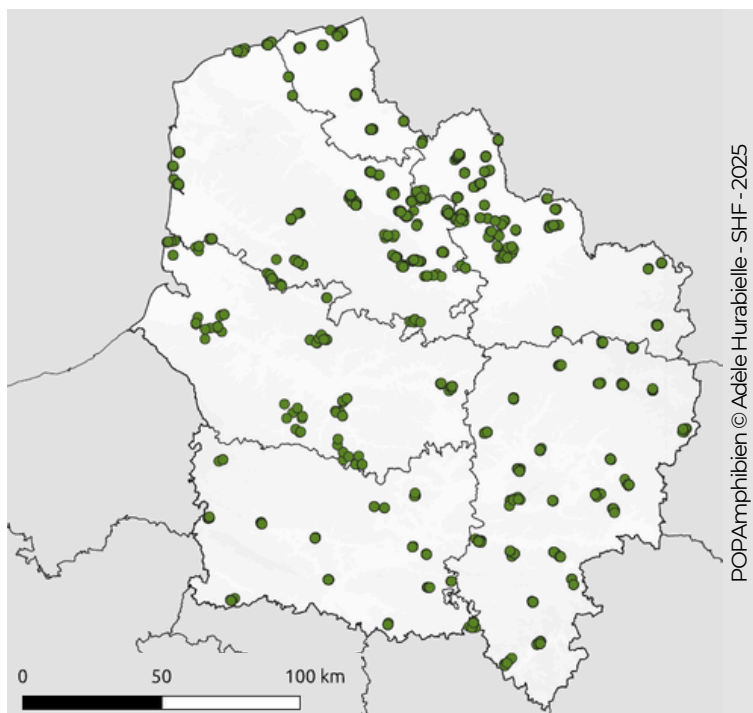
NORMANDIE

15 structures contributrices
 5 départements sur 5 (100%)
 114 mailles suivies sur 150 (76%)
 1 148 sites suivis au moins 1 année
 488 sites suivis au moins 3 périodes



PAYS DE LA LOIRE

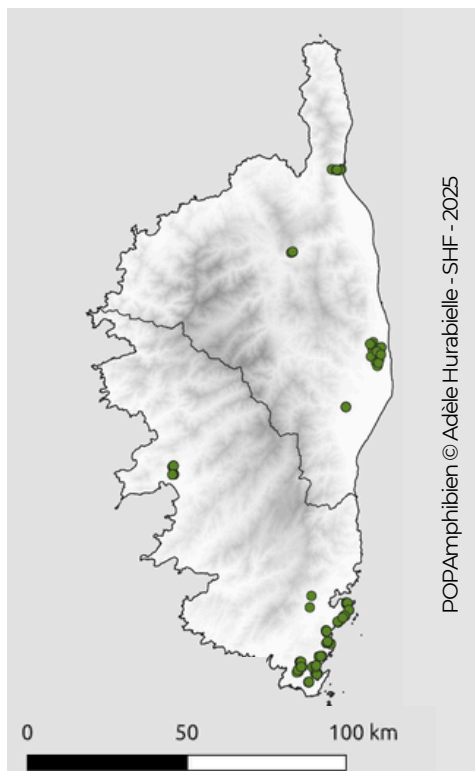
17 structures contributrices
 5 départements sur 5 (100%)
 83 mailles suivies sur 150 (55%)
 484 sites suivis au moins 1 année
 37 sites suivis au moins 3 périodes



HAUTS-DE-FRANCE

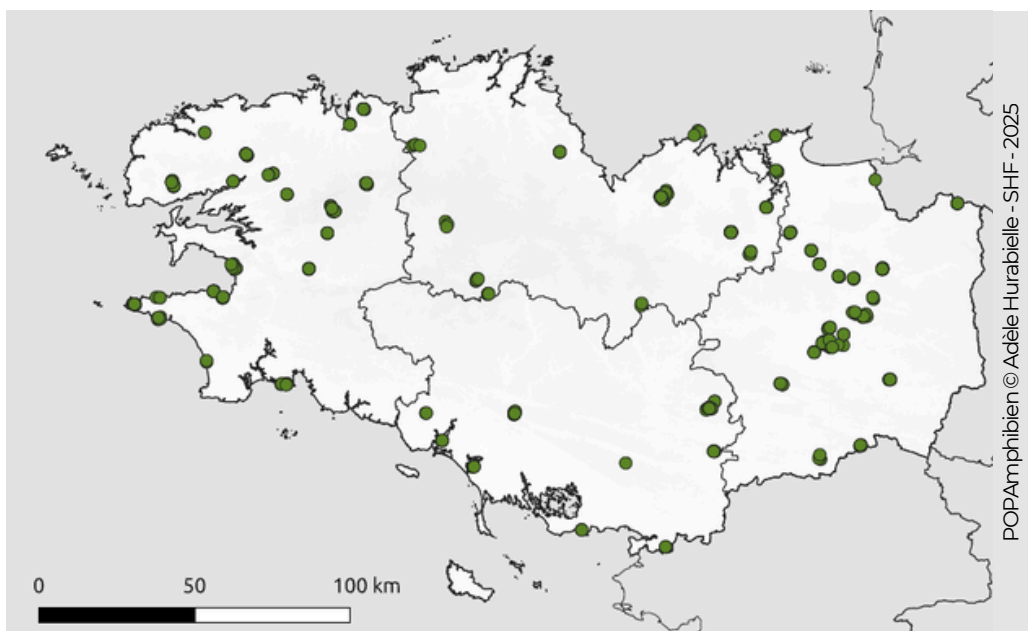
12 structures contributrices
 5 départements sur 5 (100%)
 113 mailles suivies sur 150 (75%)
 1 198 sites suivis au moins 1 année
 453 sites suivis au moins 3 périodes

ÉTAT DES LIEUX 2025



CORSE

- 2 structures contributrices
- 2 départements sur 2 (100%)
- 11 mailles suivies sur 150 (7%)
- 129 sites suivis au moins 1 année
- 0 site suivi au moins 3 périodes

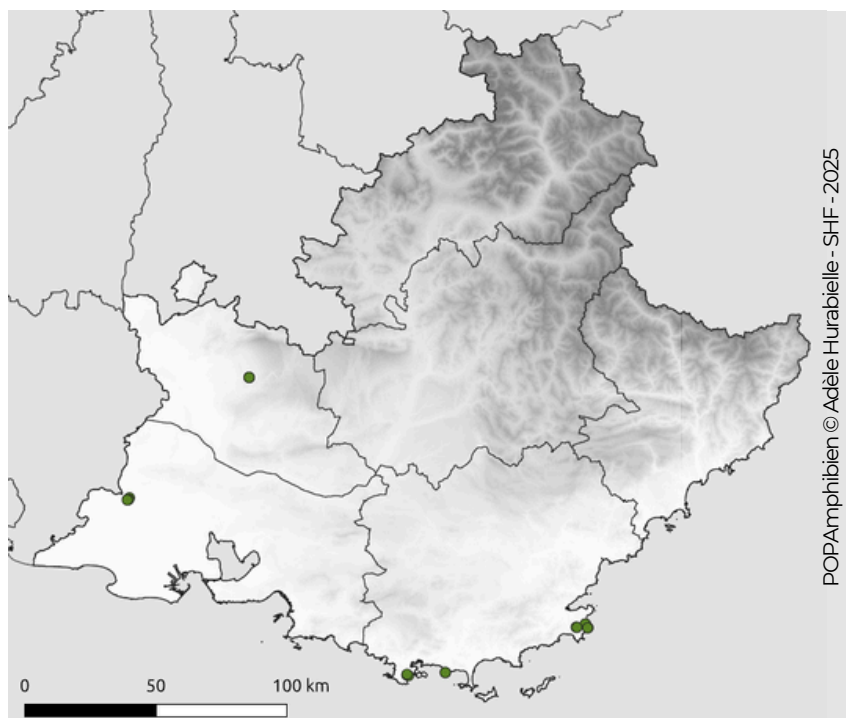


BRETAGNE

- 19 structures contributrices
- 4 départements sur 4 (100%)
- 63 mailles suivies sur 150 (42%)
- 430 sites suivis au moins 1 année
- 9 sites suivis au moins 3 périodes



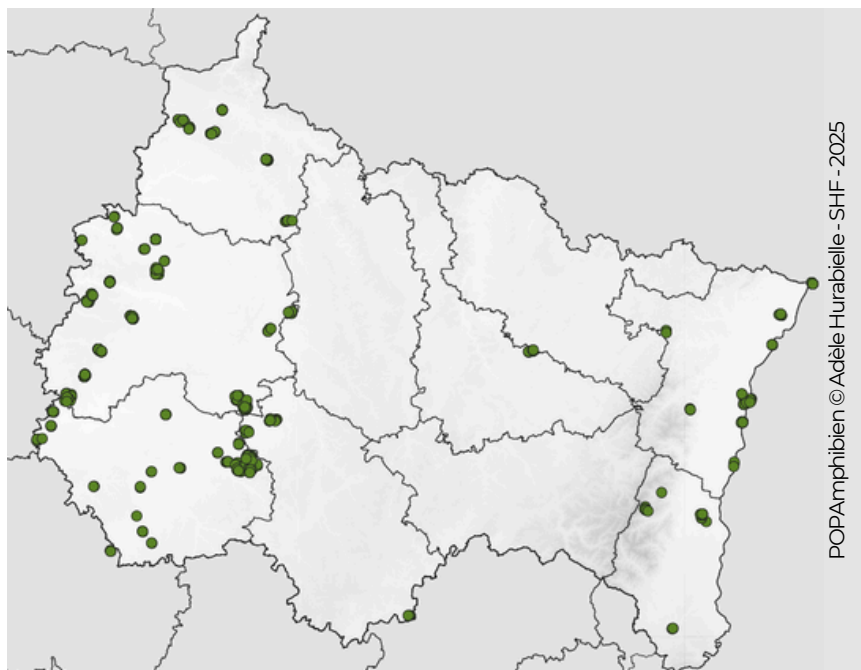
Alyte accoucheur
© Damien Troquereau



PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

- 3 structures contributrices
- 3 départements sur 6 (50%)
- 5 mailles suivies sur 150 (3%)
- 25 sites suivis au moins 1 année
- 0 site suivi au moins 3 périodes

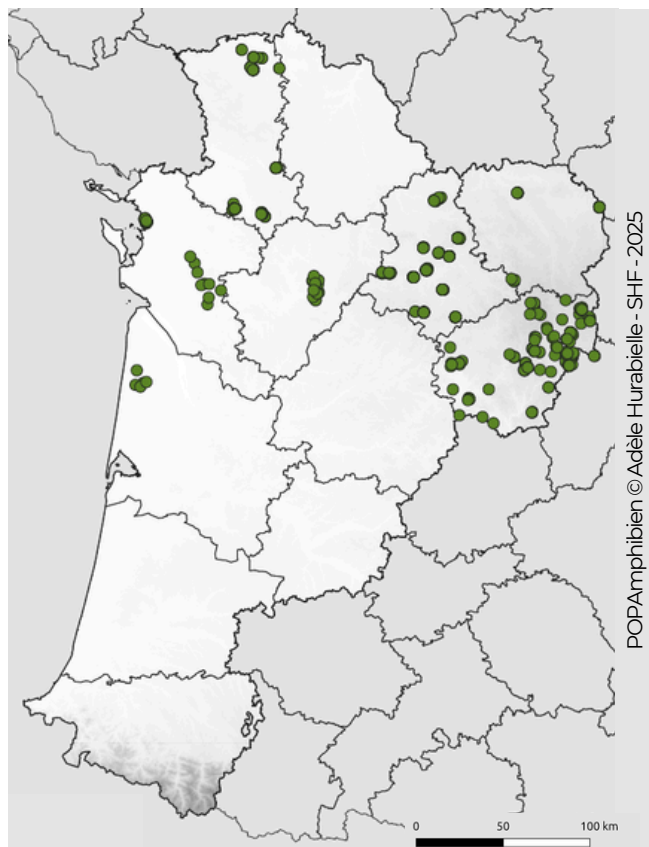
ÉTAT DES LIEUX 2025



POPAmphibien © Adèle Hurabielle - SHF - 2025

GRAND EST

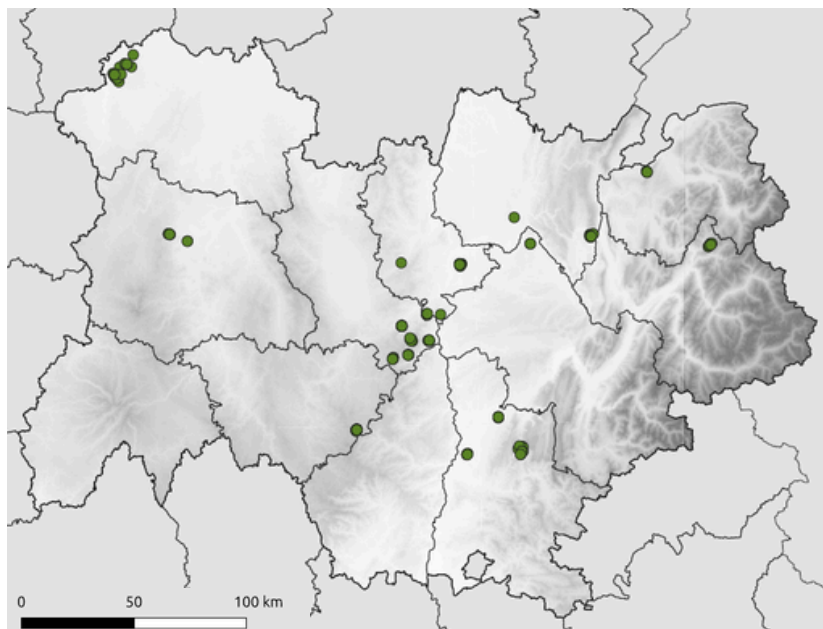
- 13** structures contributrices
- 7** départements sur 10 (70%)
- 57** mailles suivies sur 150 (38%)
- 635** sites suivis au moins 1 année
- 187** sites suivis au moins 3 périodes



POPAmphibien © Adèle Hurabielle - SHF - 2025

NOUVELLE-AQUITAINE

- 8** structures contributrices
- 7** départements sur 12 (58%)
- 66** mailles suivies sur 150 (44%)
- 439** sites suivis au moins 1 année
- 0** site suivi au moins 3 périodes



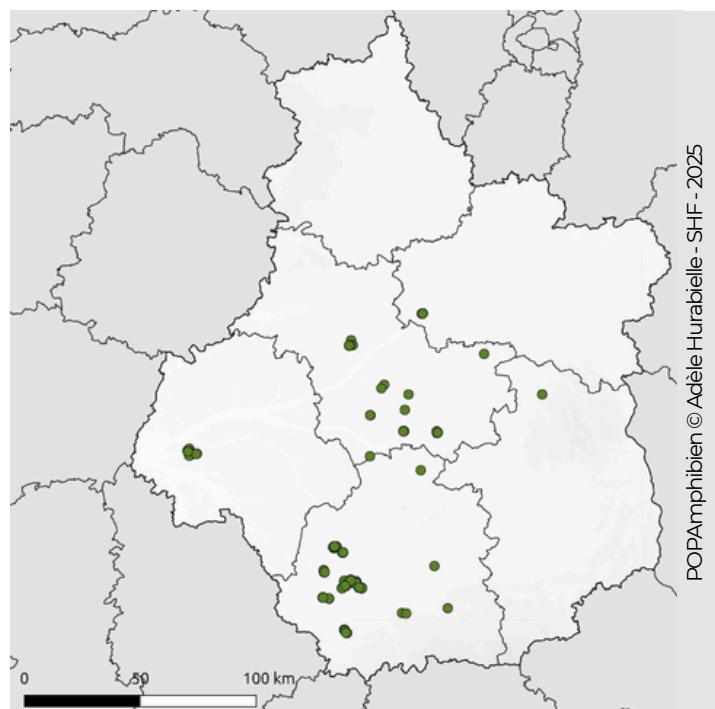
AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

- 9** structures contributrices
- 10** départements sur 12 (83%)
- 23** mailles suivies sur 150 (15%)
- 186** sites suivis au moins 1 année
- 13** sites suivis au moins 3 périodes



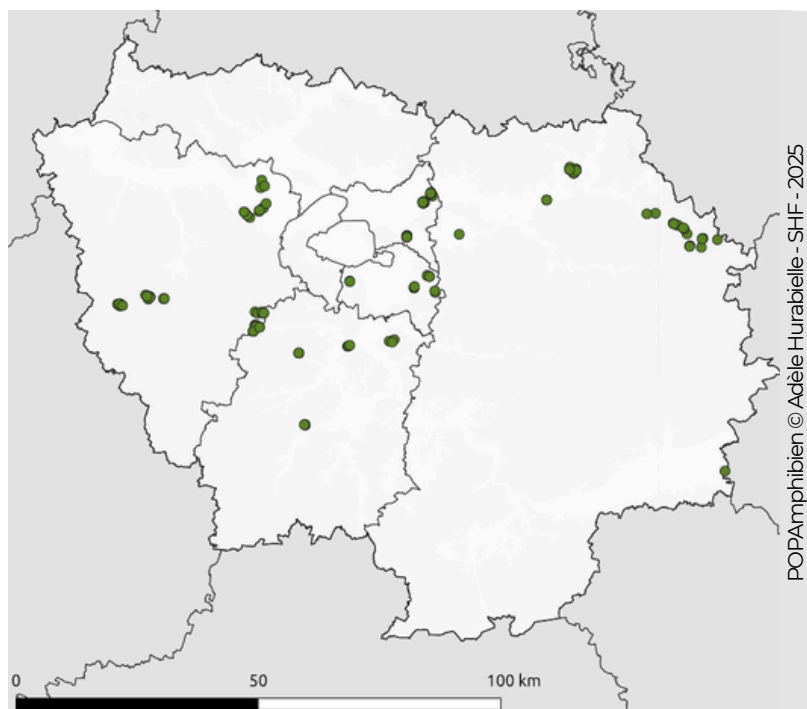
Triton marbré
© Eric Sansault

ÉTAT DES LIEUX 2025



CENTRE-VAL DE LOIRE

6 structures contributrices
5 départements sur 6 (83%)
23 mailles suivies sur 150 (15%)
134 sites suivis au moins 1 année
7 sites suivis au moins 3 périodes

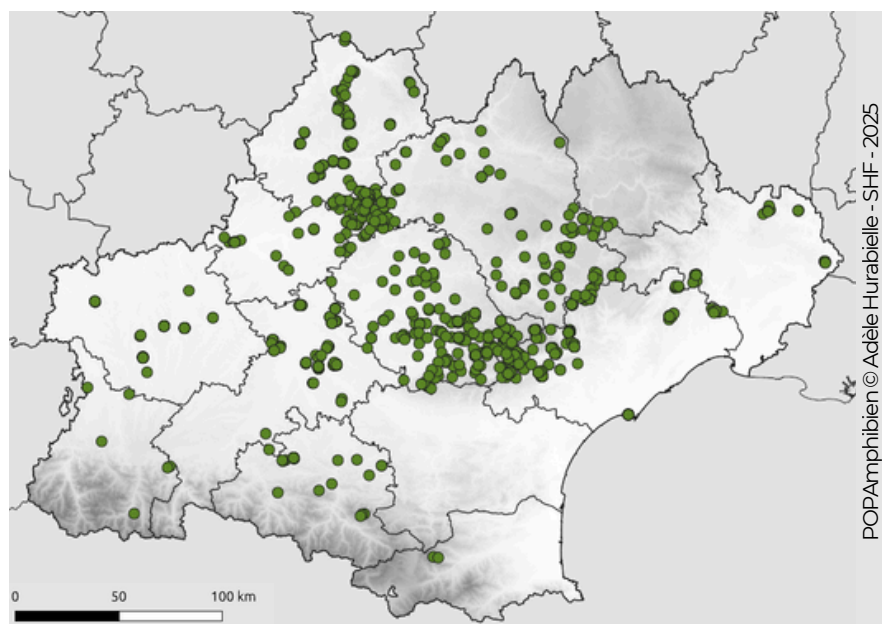


ÎLE-DE-FRANCE

13 structures contributrices
5 départements sur 8 (63%)
19 mailles suivies sur 150 (13%)
148 sites suivis au moins 1 année
11 sites suivis au moins 3 périodes



Grenouille rieuse
 © Maxime Briola



OCCITANIE

25 structures contributrices
11 départements sur 13 (85%)
183 mailles suivies sur 150 (122%)
1 123 sites suivis au moins 1 année
0 site suivi au moins 3 périodes

MÉTHODES D'ANALYSES DES DONNÉES POPAMPHIBIEN "COMMUNAUTÉ"

APPROCHE STATISTIQUE

Les données récoltées dans le cadre du protocole POPAmphibien sont destinées à une analyse de l'occupation des sites. Cette analyse est réalisée avec un modèle d'occupation, dans notre cas, multi-espèces et multi-années. Cette approche, fondée sur des passages répétés une même année, permet d'estimer la probabilité de détection puis la probabilité d'occupation du site ; la non-détection de l'espèce n'indiquant pas nécessairement son absence. Le calcul des probabilités d'occupation au cours du temps permet ensuite d'estimer la tendance de celles-ci, pour chaque espèce et pour la communauté. Les probabilités de détection sont estimées par passage et par espèce, ce qui permet de rendre compte des différences de phénologie. Les étapes suivantes détaillent le nettoyage, la préparation et la sélection des données au regard de la méthode d'analyse décrite. Les choix méthodologiques sont davantage décrits en annexe du document.

NETTOYAGE DES DONNÉES

L'analyse requiert un maximum de 3 passages annuels par site suivi impliquant une sélection des données lorsque plus de 3 passages sont réalisés. Dans ce cas précis, la règle suivante a été définie : entre le 01/01 et le 30/06 de chaque année, les passages le plus précoce et le plus tardif ont été retenus ; ainsi que le passage le plus éloigné des deux (celui le plus central entre le premier et le troisième passage). Les premiers passages réalisés en décembre de l'année n-1 ont été intégrés lorsqu'il n'y avait que 2 passages l'année n.

Les dates et les numéros de passage ne correspondaient pas toujours (deux dates différentes pour un même numéro de passage ou inversement). Une correction a été réalisée sur les numéros de passage en cohérence avec le protocole : 1 pour les passages réalisés en janvier-février, 2 pour ceux effectués en mars-avril et 3 pour ceux de mai-juin.

Lorsque les données des n passages étaient agrégées sur une seule année (données de suivi associées à une année, et non à un passage ou à une date donnée), ces dernières n'ont pas été intégrées aux analyses (à la différence des bilans annuels précédents ; cela concerne principalement des sites suivis en Normandie).



PRÉPARATION DES DONNÉES

Les données sont regroupées par **binômes d'années** appelées « **périodes** » dans la suite du document, allant de 2008-2009 à 2024-2025 (soit 9 périodes). Le regroupement de deux années pour constituer une période nécessite parfois la sélection des données d'une seule des deux années. Ce choix est réalisé selon les autres années de suivis. Par exemple, si le site est suivi en 2021, 2022, 2023 et 2025, les données de 2023 seront sélectionnées pour la période 2022-2023.

Les données peuvent être traitées sur différentes temporalités (par exemple, en région A, les données sont analysées sur 4 périodes allant de 2016-2017 à 2022-2023 ; en région B, les données sont analysées sur 5 périodes, etc.). Ce groupement de **périodes** est nommé « **temporalité d'étude** » dans la suite du document.

Des covariables sont associées à chaque site : la région administrative, la région biogéographique, l'occupation des sols selon le niveau 1 de la classification Corine Land Cover (faisant référence au terme « habitat » dans la suite du document) ainsi que le statut de protection*.

La connaissance de l'historique des sites suivis (création, restauration, destruction) est intégrée aux analyses. Des 0 sont ajoutés pour les **périodes** avant création, après destruction et pendant la restauration, si aucune donnée n'est renseignée.

** Les zones protégées prises en compte dans le présent bilan sont les zones définies dans l'article 2 du décret n° 2022-527 du 12 avril 2022 pris en application de l'article L. 110-4 du code de l'environnement et définissant la notion de protection forte : cœurs de parcs nationaux, réserves naturelles, arrêtés de protection, réserves biologiques, réserves nationales de chasse et de faune sauvage, sites relevant du domaine du Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres, espaces naturels sensibles.*

SÉLECTION DES DONNÉES

L'analyse d'une tendance n'a de sens qu'à partir de 3 périodes de suivi. Ainsi, pour rappel, les sites ne sont retenus dans l'analyse que s'ils sont suivis sur au moins 3 périodes.

Le modèle d'occupation repose sur l'hypothèse que tous les sites sont suivis sur toutes les périodes. Or, ceci n'est pas vérifié dans notre cas puisque à chaque nouvelle période, de nouveaux sites sont suivis et d'autres ne le sont plus. Afin de gérer ces "trous" dans les données, le modèle corrige l'information manquante des sites non suivis grâce aux données des sites suivis sur la même période. Toutefois, cela peut engendrer un biais dans les analyses. Il a donc été convenu de s'assurer que sur une temporalité d'étude donnée, au moins 50% des sites devaient être suivis sur chaque période.

Ces deux critères conduisent à différentes temporalités d'étude selon la région administrative, la région biogéographique, l'habitat et le statut de protection : sur 2014-2021 pour la Normandie, 2012-2025 en Grand Est, 2018-2025 pour les zones urbanisées et les Hauts-de-France et 2016-2025 pour les autres modèles.

Une modélisation long-terme a également été réalisée avec les sites suivis sur au moins 6 des 9 périodes de 2008-2009 à 2024-2025. Ce modèle inclut 149 sites répartis comme suit : 74 en Hauts-de-France, 50 en Grand Est, 22 en Pays de la Loire et 3 en Bourgogne-Franche-Comté. Face à la répartition spatiale toujours hétérogène des suivis, les tendances obtenues de cette modélisation ne peuvent donc pas faire référence à des tendances nationales.

La tendance de la communauté d'amphibiens est construite à partir des données de toutes les espèces. Des espèces trop rares ne peuvent être intégrées dans la modélisation car leurs paramètres ne seront pas correctement estimés et pourraient biaiser ceux de la communauté. Ainsi, seules les espèces présentes sur au moins 10% des sites, ou au moins 50 sites, intègrent les modélisations.

Tous les modèles sont réalisés par modalité de covariables, à la différence des bilans précédents. Ce choix est motivé par des temporalités d'étude et des espèces différentes selon les modalités des covariables. Il permet également l'estimation des probabilités de détection distinctes. Différents tests sont explicités en annexe du document.

TENDANCES DES POPULATIONS D'AMPHIBIENS 2025

Une nouvelle présentation des tendances des populations des amphibiens est proposée par rapport aux bilans précédents (Fig. 6 & 7). Pour rappel, les temporalités d'étude diffèrent d'une analyse à l'autre (voir page 17). Cette représentation globale donne une vision générale de l'état des populations d'une espèce cible, en comparant les tendances d'une analyse à une autre.

TENDANCES DES ANOURES

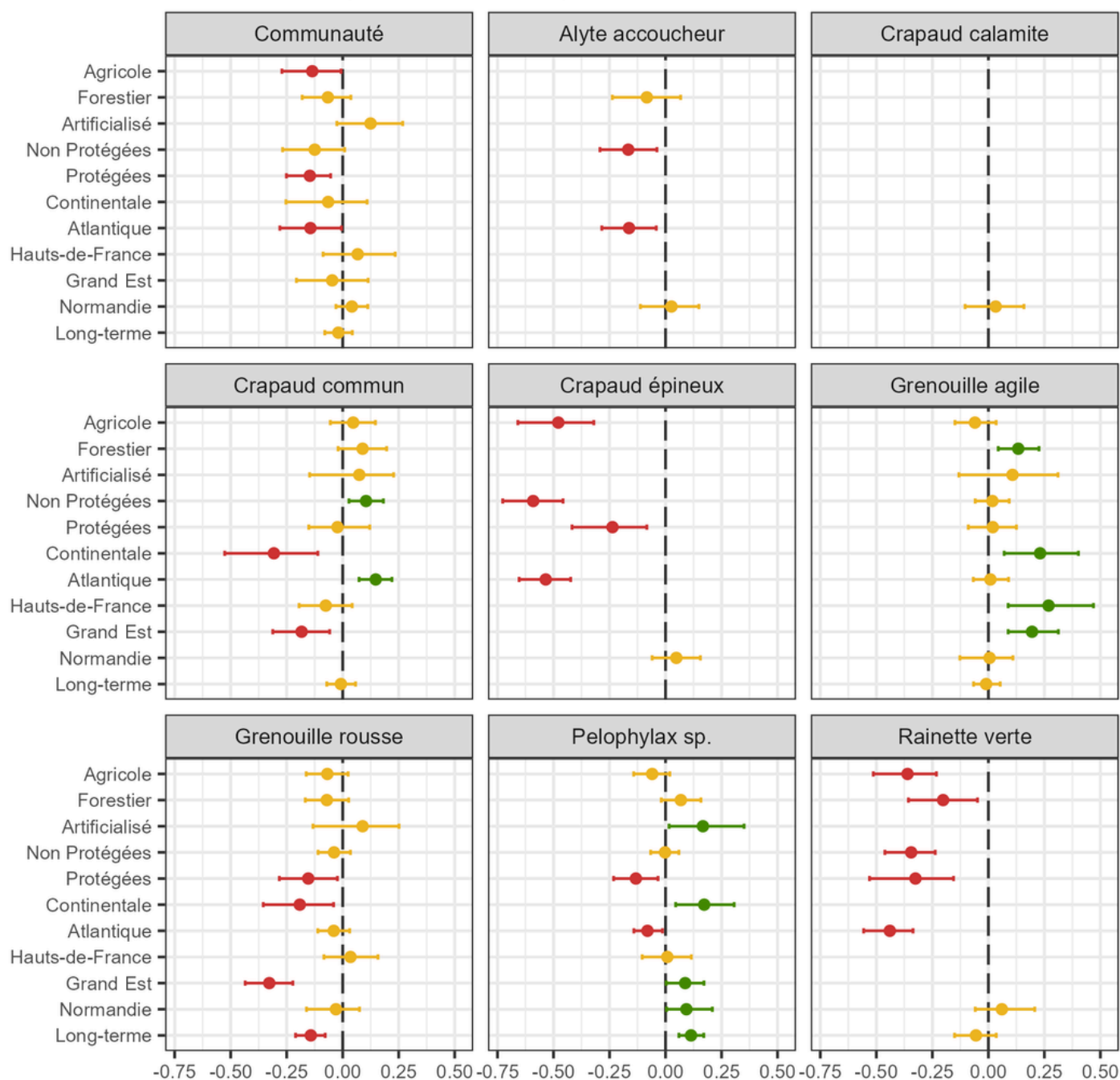
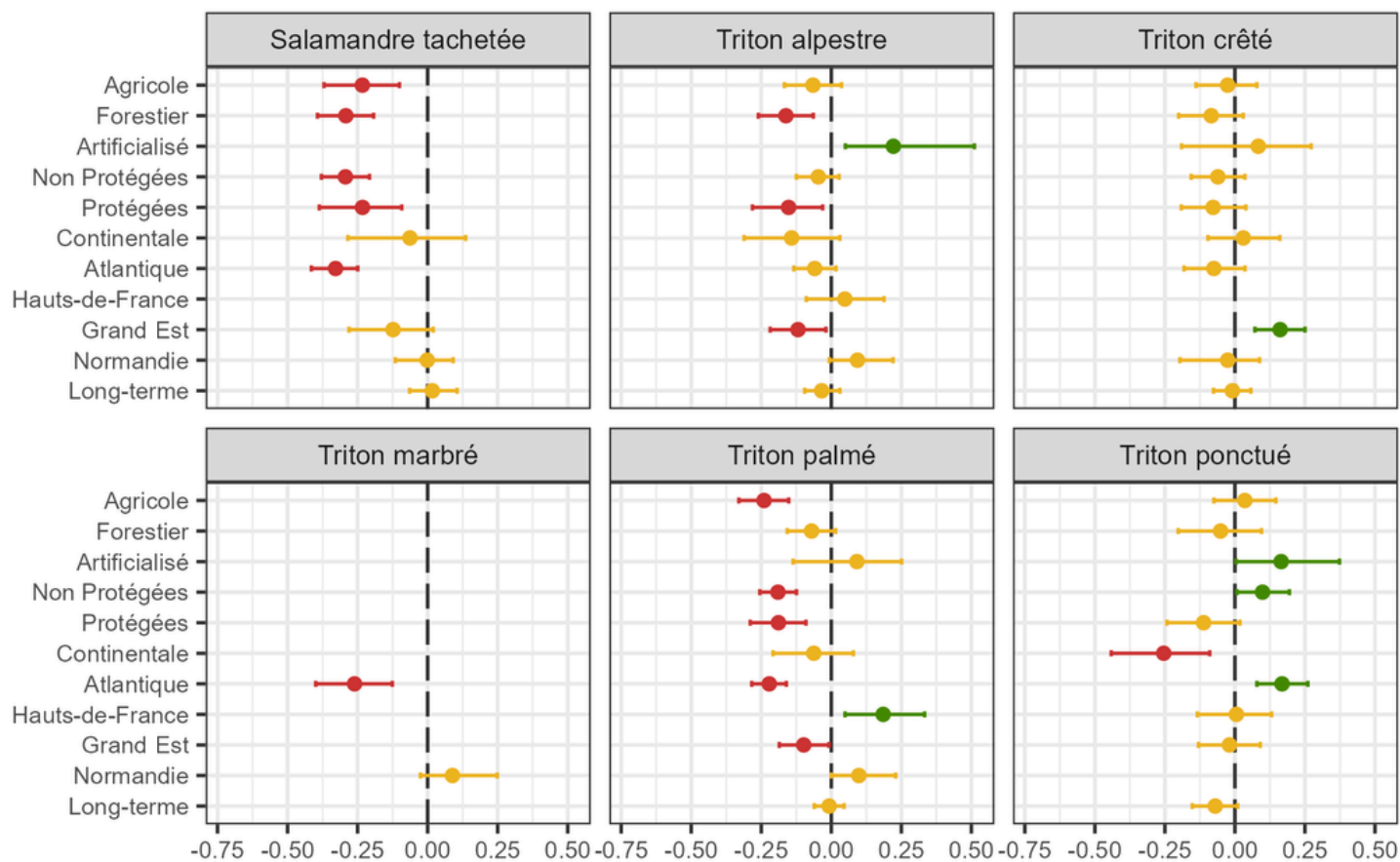


Figure 6. Tendances des probabilités d'occupation de la communauté et des espèces d'anoures (médiane +/- intervalle de crédibilité à 95%). Traits et points rouges = tendances significativement en déclin ; traits et points verts = tendances significativement en augmentation ; traits et points jaunes = tendances stables. Les modèles sont réalisés sur la temporalité d'étude 2016-2025 sauf en milieu artificialisé (2018-2025), en Hauts-de-France (2018-2025), en Grand Est (2012-2025), en Normandie (2014-2021) et sur le long-terme (2008-2025).

TENDANCES 2025

TENDANCES DES URODÈLES



Rainette verte
© Eric Sansault



DISCUSSION

Les tendances de populations des amphibiens (anoures et urodèles) sont majoritairement stables (points jaunes sur les Fig. 6 et 7) ou en déclin (points rouges sur les Fig. 6 et 7), ce qui indique des populations en état de conservation moyen voire mauvais pour les espèces concernées.

Les tendances des populations d'amphibiens diffèrent parfois d'une analyse à une autre (si l'on regarde les tendances en zones agricoles, ou en région Grand Est, etc.). Ces variations peuvent s'expliquer par une répartition encore hétérogène des suivis mais aussi par des territoires et des milieux différents, plus ou moins propices à certaines espèces.

Les résultats montrent que la tendance de la communauté est significativement négative en milieu agricole, en zones protégées et en région biogéographique atlantique. Les sites inclus dans l'analyse en milieu agricole sont répartis à 88% en zones non protégées et à 85% en région biogéographique atlantique. Pour les zones protégées, 71% sont en région biogéographique atlantique et 60% en milieu forestier. Enfin, pour la région biogéographique atlantique, 81% des sites sont en zones non protégées et la répartition par habitat est plutôt équilibrée entre les milieux agricoles (44%) et forestiers (36%). Ces répartitions indiquent que : les résultats des modèles agricole et atlantique pourraient être liés ; les résultats du modèle en zones protégées ne sont pas liés à ceux des modèles agricole et atlantique.

CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

Les tendances obtenues en région biogéographique continentale sont très souvent similaires avec celles obtenues en Grand Est, ce qui est cohérent avec l'attendu (89% des sites de la région biogéographique continentale sont en Grand Est). Quelques différences de significativité sont observées chez les urodèles, probablement en raison d'une temporalité d'étude plus longue en Grand Est (2012-2025). Dans cette région, le Triton alpestre et le Triton palmé montrent une tendance en déclin et le Triton crêté une tendance en augmentation, alors qu'ils ont tous les trois une tendance stable en région biogéographique continentale. L'inverse est observé chez le Triton ponctué qui montre une tendance stable en Grand Est et une tendance en déclin en région biogéographique continentale. Ce dernier résultat suggère que les quelques sites en Auvergne-Rhône-Alpes et en Bourgogne-Franche-Comté (inclus dans l'analyse en région biogéographique continentale) seraient particulièrement défavorables à l'espèce.

L'interprétation est plus complexe pour la région biogéographique atlantique puisque 52% des sites sont répartis en Hauts-de-France et 41% en Normandie (7% restants en Bretagne, Grand Est, Île-de-France et Pays de la Loire). De plus, les 3 modèles (région biogéographique atlantique, Hauts-de-France et Normandie) sont construits sur des temporalités d'étude différentes ce qui rend difficile les comparaisons.

EFFET DE L'HABITAT

La comparaison des tendances obtenues en milieu agricole et forestier sur la temporalité d'étude 2016-2025 montre que le milieu agricole semble moins favorable que le milieu forestier pour les anoures et le Triton palmé. L'inverse est observé pour les autres espèces d'urodèles analysées. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que dans la catégorie "zones agricoles" du Corine Land Cover, les sites sont rarement localisés dans des zones d'agriculture intensive (où des habitats favorables aux amphibiens sont rares), mais plutôt en zones prairiales ou en territoires agro-forestiers, où des habitats favorables aux amphibiens peuvent être remarquables. L'état des populations en milieu agricole serait donc moins délétère qu'attendu. Il convient de poursuivre les suivis et de continuer la multiplication de nouveaux suivis sur l'ensemble des régions pour valider ces tendances.

Les analyses menées en milieu artificialisé sur 2018-2025 suggèrent que ce milieu serait plus favorable que les zones forestières et agricoles pour toutes les espèces analysées. Ce résultat peut s'expliquer par le type d'habitats urbains dans lesquels sont réalisés les suivis : carrières, parcs urbains arborés, proximité de stations d'épuration, parcs d'abbayes ou de citadelles, zones humides isolées au sein d'aéroports, etc. Bien que localisés en zones artificialisées, ces sites sont probablement soumis à peu de dérangement et sont ainsi favorables au maintien des populations présentes.

DISCUSSION

EFFET DU STATUT DE PROTECTION

Les résultats en zones non protégées et en zones protégées ne montrent pas un effet positif clair du statut de protection des sites, mis à part pour le Crapaud épineux dont le déclin est significativement moins important en zones protégées. La Salamandre tachetée et la Rainette verte semblent bénéficier de la protection des sites avec des tendances légèrement moins négatives, mais ce résultat reste préliminaire. À l'inverse, beaucoup d'espèces semblent avoir une tendance plus positive en zones non protégées. C'est par exemple le cas pour le Crapaud commun et le Triton ponctué, dont les tendances sont positives alors qu'elles sont stables en zones protégées.

Ce résultat contraire aux attendus pourrait s'expliquer par le fait que les sites protégés bénéficiant de suivis POPAmphibien sont parfois, au même titre que les sites en zones non protégées, encerclés de zones urbaines et voies routières, fragmentant le paysage autour du site et pouvant probablement avoir un impact non négligeable sur les populations à terme. Par ailleurs, d'autres sites localisés en zones protégées, notamment ceux du Conservatoire du littoral dans le Nord de la France, peuvent être des sites touristiques. On peut imaginer que la présence massive de touristes, le long de chemin de randonnées par exemple, ou pour l'accès aux plages et aux parkings à proximité, serait une source de dérangement importante pouvant avoir un effet significatif sur les populations d'amphibiens vivant dans ces milieux.

FOCUS SUR QUELQUES ESPÈCES

Le Crapaud épineux montre une tendance en déclin quel que soit le modèle réalisé sur 2016-2025, à l'exception du modèle réalisé en Normandie sur 2014-2021 où il présente une tendance stable. La Rainette verte présente le même type de résultat. À l'inverse, la Grenouille agile présente des tendances positives ou stables selon tous les modèles. Le genre *Pelophylax* présente également des tendances positives ou stables à l'exception des modèles en zone protégées et en région biogéographique atlantique.

Enfin, le Crapaud commun et la Grenouille rousse présentent des tendances stables sur la majorité des modèles. Ces deux espèces présentent également des tendances en déclin (Grand Est et région biogéographique continentale pour les deux espèces, ainsi qu'en zones protégées et sur le long-terme pour la Grenouille rousse).

Concernant les urodèles, la Salamandre tachetée est en déclin sur 5 des 9 modèles réalisés (en contexte agricole, forestier, zones protégées, zones non protégées et région biogéographique atlantique). Elle est stable sur les autres modèles (région biogéographique continentale, Grand Est, Normandie et sur le long-terme). Ces résultats peuvent être interprétés au regard des temporalités d'étude. La plupart des modèles avec tendance stable reflètent soit des longues temporalités (2008-2025, 2012-2025) soit des temporalités qui n'intègrent pas les dernières années (2014-2021). Ainsi, les résultats suggèrent que les populations de Salamandre tachetée sont en train de subir un déclin sur ces dernières années (2016-2025), possiblement encore plus marqué sur 2022-2025.

Le Triton palmé présente également des tendances négatives ou stables selon les modèles, à l'exception des Hauts-de-France où il est en expansion. Les tendances du Triton alpestre sont majoritairement stables, en déclin selon 3 modèles et en expansion en milieu artificialisé. Enfin, le Triton crêté et le Triton ponctué présentent des tendances stables voire positives dans certains contextes. La pérénisation des suivis est essentielle pour permettre d'interpréter ces résultats.

DISCUSSION

DISCUSSION SUR LES MÉTHODES ET PERSPECTIVES

Les modèles présentent majoritairement des résultats satisfaisants en termes statistiques (convergence, ajustement des paramètres). Cependant, les estimations sont moins bonnes pour les espèces peu observées et/ou dont la probabilité de détection cumulée est faible (proche de 0.5). Cette observation soutient le choix de la sélection des 10% de sites occupés voire soulève le besoin d'un critère plus strict. De plus, elle indique une nouvelle fois l'importance des trois passages annuels par site. Ce critère sera probablement exigé dans la sélection des données pour l'analyse 2027.

D'autres modèles ont été réalisés pour étudier l'impact du faible nombre de sites par période, en particulier en Normandie où les données ne sont disponibles que pour 23 sites sur les 488 en 2022-2023 puis pour 230 sites en 2024-2025. Le modèle réalisé sur 2014-2025 indique que toutes les tendances sont négatives, significativement pour le Crapaud épineux, la Grenouille rousse et la Rainette verte ; alors que le modèle sur 2014-2021 indique une tendance significativement positive pour les *Pelophylax* et plutôt positive pour les autres espèces. Ce résultat montre l'importance d'écartier des analyses des périodes où trop peu de sites seraient suivis, et soutient le critère de 50% de sites suivis minimum par période. Ce manque de données pénalise d'autres modèles et il sera primordial de rectifier ces données pour les analyses 2027. Ce résultat invite également à étudier plus attentivement la gestion des données manquantes et leur estimation dans le modèle (voir annexe).

L'analyse sur 4 périodes (soit 8 années) permet rarement d'observer des tendances significatives. Une temporalité d'étude de 5 périodes (soit 10 années) a minima est préférée. L'analyse long-terme révèle des tendances cohérentes avec les observations de terrain : déclin de la Grenouille rousse, expansion des *Pelophylax*, communauté d'amphibiens stable bien que plutôt négative (-0.019 [-0.079 ; 0.043]). Les suivis sont à poursuivre pour offrir une vision plus nationale, le modèle mobilisant à ce jour 50% de sites en Hauts-de-France.

Différentes perspectives d'analyse restent à explorer : probabilité de détection variable selon les périodes, modélisation de la proportion de sites occupés plutôt que leur nombre, prise en compte de la structuration spatiale des données, autres méthodes d'inférence bayésienne (NIMBLE, INLA, etc.).

Grenouille rousse
© Damien Troquereau



PROTOCOLE POPAMPHIBIEN “SPECIFIQUE”

CRAPAUD VERT EN ALSACE

Les analyses de tendance des populations du Crapaud vert sont uniquement réalisées en Alsace, à partir des données collectées par l'association BUFO sur 49 sites depuis 2005. Il n'y a en effet actuellement pas de suivi standardisé et régulier en Moselle, Corse et Franche-Comté où l'espèce est également présente. Un protocole national est en cours de réalisation dans le cadre du nouveau PNA dédié à l'espèce pour palier à ce manque.

Le suivi des sites est réalisé par prospections nocturnes selon deux ou trois passages en avril-mai (principale période de reproduction) afin de compter les individus adultes en phase aquatique et terrestre, et d'identifier des pontes et têtards dans chaque pièce d'eau (mares, bassins, ornières permanentes). Le nombre de pièces d'eau est variable entre les sites et entre les années. Une prospection diurne en juin permet d'attester du succès reproducteur avec la recherche de juvéniles ou la présence de têtards à des stades de développement avancés, sans menace d'assèchement des pièces d'eau.

Seuls les sites avec un minimum de dix individus observés au moins une année et cinq années de suivi sont analysés. L'effectif maximum par année parmi les n passages nocturnes est retenu pour calculer la tendance. Un test non paramétrique est appliqué pour étudier sa significativité (test de tendance de Kendall).

Sur les 21 sites analysés (Fig. 8), deux présentent une tendance des effectifs en déclin sur 2005-2025 (10%), quatre une tendance en hausse (19%) et quinze une tendance stable (71%). Les deux sites en déclin ne sont plus suivis respectivement depuis 2021 et 2022. Concernant les sites en déclin, l'un est empoissonné régulièrement et les habitats aquatiques se referment par le développement d'une végétation dense ce qui explique l'absence du Crapaud vert ; l'autre ne contient plus d'habitats de reproduction favorables à l'espèce, et le propriétaire ne tient pas correctement compte de la présence du Crapaud vert, ce qui explique également son absence du site au cours du temps.

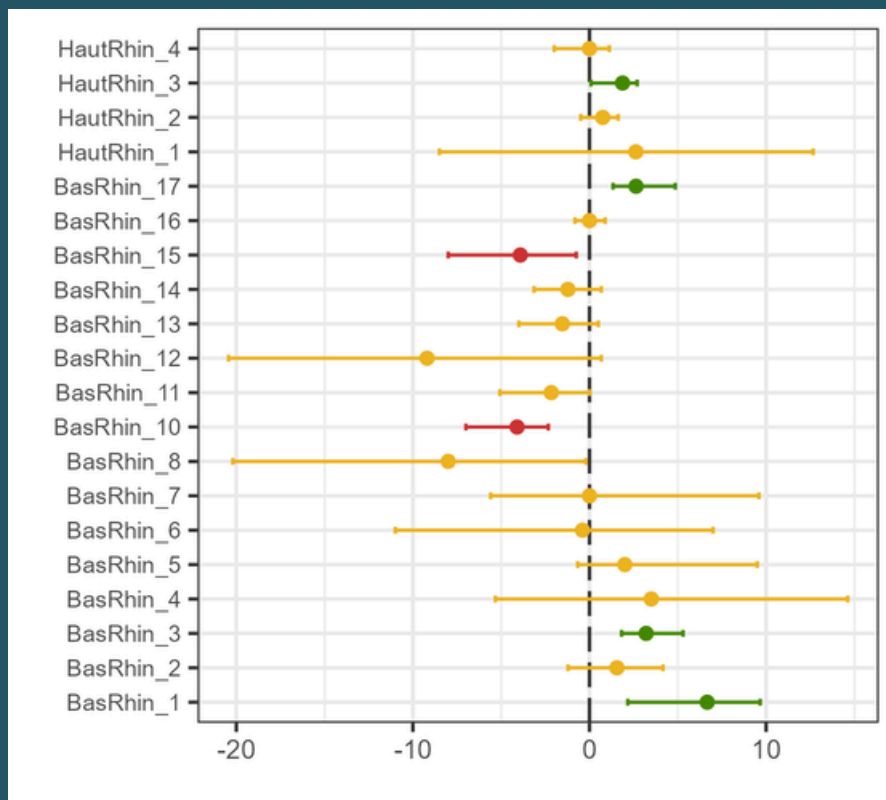


Figure 8 : Évolution des effectifs de Crapaud vert entre 2005 et 2025 (pente et intervalle de confiance à 95%). Les tendances en déclin sont en rouge, celles stables en jaune et celles en hausse en vert. Le site 9 n'est pas représenté car la pente était très variable en raison d'importantes variations dans les effectifs observés.

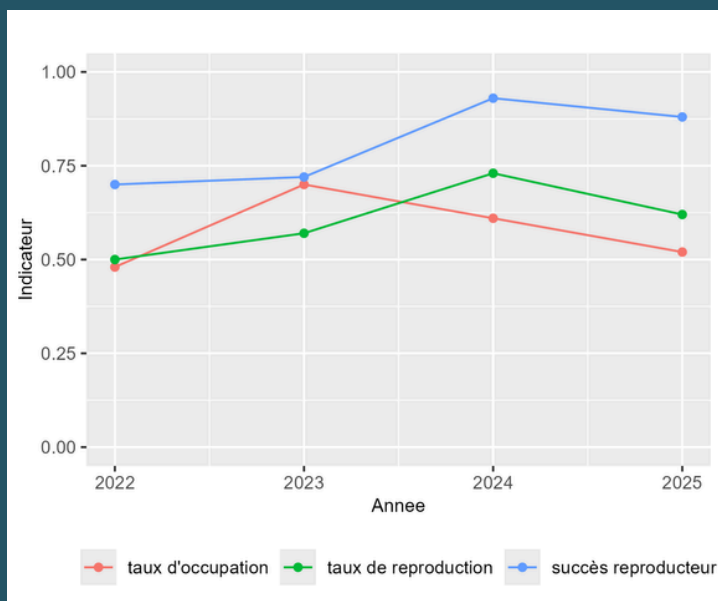


Figure 9 : Indicateurs d'état de la population du Crapaud vert en Alsace entre 2022 et 2025.

Trois autres paramètres ont été calculés pour compléter l'analyse de tendance des effectifs par site, déclinés à l'échelle des pièces d'eau (Fig. 9) :

- *taux d'occupation* : nombre de pièces d'eau avec présence de Crapaud vert ÷ nombre de pièces d'eau prospectées ;
- *taux de reproduction* : nombre de pièces d'eau avec présence avérée de pontes ou têtards ÷ nombre de pièces d'eau prospectées avec présence de l'espèce ;
- *succès reproducteur* : nombre de pièces d'eau avec présence de juvéniles (ou têtards à un stade de développement avancé sans menace d'assèchement de la pièce d'eau) ÷ nombre de pièces d'eau avec présence de pontes ou têtards.

Seule la prise en compte de l'ensemble de ces indicateurs est pertinente pour estimer l'état de conservation des populations de Crapaud vert en Alsace. Ces indicateurs sont calculés depuis l'actualisation du protocole et des analyses en Alsace, soit 2022. Sur les quatre dernières années (2022-2025), ces trois indices semblent stables, voire en hausse pour le succès reproducteur. Cependant, en se focalisant à l'échelle des pièces d'eau, le Crapaud vert n'est présent que dans la moitié de celles-ci (des indices de reproduction n'ont été trouvés que dans un tiers et le succès reproducteur n'a été avéré que dans un quart). Cette stabilité, même sur un petit pas de temps, suggère donc un mauvais état de conservation du Crapaud vert en Alsace.

Pour conclure, si les effectifs semblent se maintenir avec des variations à une échelle plus fine, les autres indicateurs suggèrent un mauvais état des populations de Crapaud vert sur le court terme en Alsace. C'est d'autant plus vrai à l'échelle des départements (surtout le Haut-Rhin) ou des sites. Ce constat s'explique essentiellement par le manque d'habitats de reproduction favorables, faute d'entretien. À cela s'ajoutent les aléas météorologiques et climatiques (sécheresse en particulier) ainsi que les pressions anthropiques (fragmentation du paysage, urbanisation, pollutions, etc.).

Il est difficile d'extrapoler cette tendance sur le moyen et le long terme, nous espérons tout de même que la concrétisation des actions du PNA2 jouera en faveur du Crapaud vert, notamment avec la création, l'entretien et la restauration d'habitats aquatiques et terrestres favorables, ainsi qu'une meilleure prise en compte de l'espèce dans les projets d'aménagements (séquence éviter – réduire – compenser). Dans tous les cas, il est nécessaire de poursuivre les suivis afin de pouvoir analyser la tendance de ces indicateurs et obtenir des informations synthétiques à l'échelle de l'Alsace d'une part, mais aussi dans les autres régions et à l'échelle nationale.

BUFO


**PRÉFET
 DE LA RÉGION
 GRAND EST**
*Liberté
 Égalité
 Fraternité*



Crapaud vert
 © Florian Morgen

STRUCTURES CONTRIBUTRICES

AMAP La Ricarderie
 An Dour
 Association de Langazel
 Association des naturalistes d'Ariège – CEN
 Ariège
 Association des naturalistes de la Vallée du
 Loing et du massif de Fontainebleau
 Association les piverts
 Association nature du nogentais
 Association nature nord Isère Lo Parvi
 Association pour la valorisation du patrimoine
 normand – Moulin amour
 Audicce Grand Est
 Azimut230
 Bretagne vivante
 BUFO
 CEN Alsace
 CEN Bourgogne
 CEN Champagne-Ardenne
 CEN Corse
 CEN Franche-Comté
 CEN Normandie
 CEN Nouvelle-Aquitaine
 CEN Occitanie
 CEN Provence-Alpes-Côte d'Azur
 Centre d'observation de la nature de l'Île du
 Beurre
 Cistude nature
 Département du Loir-et-Cher
 Communauté d'agglomération Lamballe terre
 et mer
 Communauté de communes du Cap Sizun
 Communauté de communes du haut pays
 bigouden
 Communauté de communes du pays
 fouesnantais
 Communauté de communes du pays viganais
 Communauté de communes du thouarsais
 Communauté de communes terre d'émeraude
 Communauté de communes terres du lauragais
 Conservatoire botanique national des Hauts-de-
 France
 CPIE Bigorre-Pyrénées
 CPIE chaîne des terrils
 CPIE collines normandes
 CPIE de la Corrèze
 CPIE de haute Auvergne
 CPIE des boucles de la Marne - AVEN du Grand-
 Voyeux
 CPIE des monts du Pilat
 CPIE des pays de l'Aisne
 CPIE des pays de l'Oise
 CPIE des pays tarnais
 CPIE du cotentin
 CPIE du haut Languedoc
 CPIE du pays gersois
 CPIE Flandre maritime
 CPIE Logne et Grand Lieu
 CPIE Mayenne
 CPIE Quercy-Garonne
 CPIE sud Champagne
 CPIE terres de l'Eure-Pays d'Ouche
 CPIE vallée de l'Orne
 CPIE vallées de l'Authie et de la Canche
 CPIE villes de l'Artois
 De l'Oust à Brocéliande communauté
 Département de l'Essonne
 Département de la Sarthe
 Département du Gard
 Département du Jura
 Département du Maine-et-Loire
 Département du Nord
 Département du Val-de-Marne
 Deux-Sèvres nature environnement
 Eco2Nature
 EDEN62
 EPAGE Loire Lignon
 Épiméthée
 Estran cité de la mer
 Etablissement public d'aménagement et de
 gestion du bassin versant de l'Aulne
 Fédération Aude Claire
 Fédération départementale des chasseurs de
 Vendée
 Fédération départementale des chasseurs des
 Côtes d'Armor
 Fédération départementale des chasseurs du Jura
 Fédération des ami-e-s de l'Erdre
 Fédération des réserves naturelles catalanes
 Fédération régionale des chasseurs du Pays de la
 Loire
 Fox consulting
 France nature environnement Sarthe
 Groupe associatif estuaire
 Groupe mammalogique et herpétologique du
 Limousin
 Groupe ornithologique et naturaliste du Nord-Pas-
 de-Calais

STRUCTURES CONTRIBUTRICES



Triton palmé
© Vincent Prémel

- Guingamp Paimpol agglomération
Île-de-France nature
Indre nature
La ferme à cultures
Les terres de Nataé
LPO Anjou
LPO Auvergne-Rhône-Alpes
LPO Bourgogne-Franche-Comté
LPO Bretagne
LPO Champagne-Ardenne
LPO France
LPO Loire-Atlantique
LPO Occitanie
LPO Pays de Loire
LPO Sarthe
LPO Vendée
Lycée agricole de Sées
Lycée Charles Naveau
Maison de la biodiversité Paris Est
Mayenne nature environnement
Métropole européenne de Lille
Muséum d'histoire naturelle du Havre
Nature en Occitanie
Nature environnement 17
Nature et vie
Naturellement Reuilly
Nord nature environnement
Observatoire batracho-herpétologique normand
OFB – Service départemental de l'Hérault
OFB – Service départemental de la Marne
OFB – Service départemental du Gard
OFB – Service départemental du Loiret
OFB – Service départemental du Lot
OFB – Service départemental du Rhône
OFB – Service départemental du Tarn
OFB – Service régional des Hauts-de-France
Office de l'environnement de la Corse
Office national des forêts
Perchés de nature
Photologist
Parc naturel régional de la forêt d'Orient
Parc naturel régional des Grands Causses
Parc naturel régional du Doubs Horloger
Parc naturel régional haute vallée de Chevreuse
Parc naturel régional de Lorraine
Réensauvager la ferme
Région Bretagne
REgroupement des naturalistes ARDennais
Réserve naturelle nationale de Chérine
- Réserves naturelles de France
Réserve naturelle nationale d'Arjuzanx
Réserve naturelle nationale de Noèdes
Réserve naturelle nationale du Bagnas
Réserve naturelle nationale du marais de Lavours
Réserve naturelle régionale du marais de Bonnefont
Réserve naturelle régionale du marais de Larchant
Réserve naturelle régionale du massif de Barthélémy
Société d'histoire naturelle d'Autun
Sologne nature environnement
Syndicat de bassin entre Mayenne et Sarthe
Syndicat de l'Orge, de la Rémarde et de la Prédecelle
Syndicat des bassins de l'Elorn
Syndicat mixte baie de Somme Grand littoral picard
Syndicat mixte Camargue Gardoise
Syndicat mixte d'aménagement du bassin de l'Iton
Syndicat mixte d'aménagement et de gestion des 2 Morin
Syndicat mixte du littoral de la Manche
Syndicat mixte moyenne et basse vallée de l'Ognon
URCPIE de Normandie
Ville de Cugnax
Ville de Douarnenez
Ville de Lille
Ville de Montgeron
Ville de Strasbourg
Ville de Toulon
VivArmor nature
Ville de Riantec
- PLATEFORMES RÉGIONALES
PARTENAIRES**
- ARB Île-de-France
LPO Auvergne-Rhône-Alpes
URCPIE Normandie
Nature en Occitanie
Bretagne vivante
LPO Bourgogne-Franche-Comté
Société d'Histoire Naturelle d'Autun-
Observatoire de la faune de Bourgogne

ANNEXE : DÉTAILS SUR LA MÉTHODOLOGIE STATISTIQUE UTILISÉE

Rédigé par Florèn Hugon

Cette annexe méthodologique présente des éléments statistiques testés relatifs au nombre de sites de présence minimum par espèce, à l'inclusion de covariables dans les modèles et à la gestion des données manquantes pour les sites qui ne sont pas suivis toutes les périodes.

NOMBRE DE SITES OCCUPÉS PAR L'ESPÈCE

Hypothèse 1 : 50 sites occupés par l'espèce seraient suffisants pour estimer les probabilités de détection, d'occupation et la tendance des probabilités d'occupation.

► Test sur le modèle “zones non protégées” (nSites = 759)

Selon le critère de 10% utilisé pour les autres modèles, la modélisation impliquerait un seuil de 76 sites occupés par l'espèce pour que celle-ci soit incluse dans la modélisation. L'approche avec $n=50$ permet d'inclure l'Alyte accoucheur pour lequel les estimations ne présentent ni de défaut de convergence ni d'auto-corrélation. Les estimations des tendances des probabilités d'occupation sont très proches de celles du modèle avec le seuil $n=76$. Ce résultat montre que l'Alyte contribue peu à informer les lois de distribution des paramètres de la communauté, ce qui est cohérent puisque l'espèce n'est présente que sur 71 sites parmi 759. **L'hypothèse 1 est validée.**

► Test sur le modèle “région biogéographique atlantique” (nSites = 832)

Un minimum de 83 sites serait exigé selon le critère de 10%. Le modèle avec le seuil $n = 50$ permet d'inclure l'Alyte accoucheur et le Triton marbré. Les estimations des paramètres pour ces deux espèces ne présentent ni de défaut de convergence ni d'auto-corrélation. La tendance et les probabilités d'occupation de la communauté sont légèrement variables alors que celles des espèces sont quasi identiques, ce qui montre que ces deux espèces contribuent peu à informer les lois de distribution des paramètres de la communauté. **L'hypothèse 1 est validée.**

MODÈLE AVEC COVARIABLES ET PROBABILITÉ DE DÉTECTION COMMUNE (M1) OU DISTINCTE PAR MODALITÉ (M2)

Hypothèse 2 : Le modèle avec probabilités de détection variables serait meilleur que celui avec probabilités de détection communes.

Hypothèse 3 : Les probabilités de détection seraient différentes selon la modalité de la covariable.

Hypothèse 4 : Le modèle avec covariables et détection variable devrait donner les mêmes résultats que les modèles indépendants.

► Test sur les “modèles habitat” 2018-2025

Le modèle 1 présente des défauts de convergence pour de nombreux paramètres contrairement au modèle 2 qui présente moins de soucis mis à part pour les paramètres de la Salamandre tachetée en milieu artificialisé. De plus, la déviance du modèle 2 est inférieure à celle du modèle 1 indiquant qu'il explique mieux les données. Ces éléments tendent à **valider l'hypothèse 2.**

La comparaison des probabilités de détection montre qu'elles sont différentes selon les modalités (IC qui se recoupent parfois mais pas toujours), ce qui **valide l'hypothèse 3**.

Les probabilités de détection de chaque modalité estimées dans le modèle 2 sont similaires à celles estimées dans les modèles distincts en milieu artificialisé (URB1825), agricole (AGR1825) et forestier (FOR1825). Ce résultat montre la robustesse de la modélisation et permet de **valider l'hypothèse 4**.

En revanche, les tendances d'occupation estimées en milieu artificialisé sont bien plus faibles que celles estimées dans le modèle URB1825. Cela s'expliquerait par la mobilisation des quelques données de la Salamandre tachetée, qui participent à l'explication de la loi de probabilité de l'occupation de la communauté et qui induirait ainsi des paramètres de tendances plus faibles pour toutes les autres espèces. Les tendances estimées en milieu forestier sont proches de celles estimées avec le modèle FOR1825, ce qui est cohérent avec l'hypothèse précédente car ce modèle prend bien en compte les mêmes 9 espèces incluses dans le modèle 2. Ce résultat montre qu'il est **important que les espèces qui sont incluses dans les modèles avec covariables soient bien représentées dans chacune des modalités**, au risque de sous-estimer les probabilités d'occupation de toutes les autres espèces et de la communauté.

➤ Test sur les modèles “statut de protection” 2016-2025

Les deux modèles sont corrects statistiquement, pas de défaut de convergence ni d'auto-corrélation. Le modèle 2 présente une déviance plus faible suggérant un effet de la covariable sur la probabilité de détection et la comparaison des probabilités de détection montre qu'elles sont proches pour certaines espèces. Les probabilités de détection de chaque modalité estimées dans le modèle 2 sont similaires à celles estimées dans les modèles distincts en zones protégées et non protégées. Ces éléments permettent de **valider les 3 hypothèses**, bien que l'hypothèse 2 puisse être discutée dans ce cas d'étude.

➤ Test sur les modèles “régions biogéographiques” 2016-2025

Les deux modèles présentent des défauts de convergence et d'auto-corrélation pour les paramètres des espèces qui ne devraient pas être estimés sur certaines modalités. Le modèle 2 serait plus explicatif que le modèle 1 sur critère de déviance. La comparaison des probabilités de détection montre qu'elles sont différentes selon les modalités (IC qui se recoupent parfois mais pas toujours). Les probabilités de détection de chaque modalité estimées dans le modèle 2 sont similaires à celles estimées dans les modèles distincts en région biogéographique atlantique et continentale. Ces éléments permettent de **valider les 3 hypothèses** et soulignent le résultat précédemment observé selon les habitats, ainsi que l'importance de la mobilisation d'espèces qui sont observées dans toutes les modalités.

➤ Conclusions

Les modèles avec covariables doivent être réalisés pour les espèces communes à toutes les modalités, au risque d'entraîner des erreurs de convergence, ainsi que des erreurs d'estimation. Lorsque les espèces sont correctement prises en compte, les tendances estimées sont parfois significatives sur le modèle avec covariables, alors qu'elles ne le sont pas dans le modèle par covariable. **Ainsi, le modèle avec covariables présente l'avantage d'estimer plus précisément les paramètres si et seulement si les espèces intégrées sont bel et bien suffisamment représentées pour toutes les covariables.** Par ailleurs, il est plutôt conseillé d'autoriser une détection variable par modalités de covariables.

GESTION DES DONNÉES MANQUANTES (NA) DANS LE MODÈLE

Les modèles intégrant des périodes avec peu de sites suivis pourraient estimer des tendances négatives alors qu'elles résulteraient « juste » d'un artefact dans les données. Cela s'observe particulièrement en Normandie dans le modèle 2014-2025 où toutes les tendances sont négatives, mais probablement en raison d'un gros manque de données en 2022-2023 (23 sites sur 488) et en 2024-2025 (230 sites). Différents modèles ont été testés sur les zones protégées où le problème a été également soulevé à cause des données 2022-2023.

Dans le modèle, les données d'occupation sont intégrées en données initiales alors que les données de détection sont intégrées en priorité. La transformation des données d'occupation NA en 0 n'entraîne pas de changement dans les estimations des probabilités. **Le modèle considère les NA équivalents à des 0 dans les valeurs initiales.** Il est primordial de **conserver la matrice d'occupation dans les données initiales** afin de ne pas informer l'absence de l'espèce alors qu'elle est réellement NA, le modèle considérant un NA comme un 0.

La transformation des données de détection NA en 0 conduit à une sous-estimation des probabilités d'occupation. Lorsque la détection est nulle, le modèle estime la probabilité d'occupation sachant que la détection est nulle alors qu'elle est réellement NA (le modèle calcule donc une estimation possiblement plus faible que la réalité). Cela entraîne aussi une sous-estimation des tendances, dans le sens du déclin, probablement dans le sens de la hausse également même si non observé dans l'exemple mené (moins d'écart au cours du temps entre les probabilités d'occupation).

Les données NA restent non idéales et combler les trous est souhaité. Des analyses par simulation permettraient de mieux comprendre quelles sont les données utilisées pour estimer les paramètres lorsque les données sont manquantes. Le codage du modèle sous NIMBLE pourrait également pallier ce problème.