

# Suivi du Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*)

au sein du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient  
dans les ZSC "Forêts et Clairières des Bas-Bois" et  
"Forêt d'Orient"

Rapport de stage Bachelor 3 Ecologie,  
biodiversité et gestion des espaces naturels

*Orlane IOOSS*

*Maître de stage*  
*Théo JEAN-FRANÇOIS*



Illustration : Linda De Clerck

Avril – juillet 2024



## Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier grandement mon tuteur de stage Théo Jean-François pour son encadrement, son aide et ses précieux conseils tout au long de mon stage. Je remercie aussi Sophie Payer, directrice du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, ainsi que Marine Valet, pour m'avoir permis d'effectuer ce stage en tant que chargée du suivi du Sonneur à ventre jaune au sein du PnrFO.

Un grand merci également à l'ensemble des agents du pôle environnement pour leur accueil, le partage de leurs connaissances, la bonne ambiance au sein de l'équipe, sans oublier les parties de UNO endiablées. Merci donc à Claire, Jean, Estelle, Eve, Fabrice, Stéphane, Cécile, et merci en particulier à Justine et Maëva, ainsi qu'aux trois autres stagiaires Jeanne, Emma et Manon pour m'avoir accompagnée sur certaines de mes sessions de capture.

J'adresse également mes remerciements aux différents partenaires et gestionnaires avec lesquels j'ai pu échanger. Merci à Mathieu Aubry du CPIE du Sud champagne et son stagiaire Tristan Lequitte, ainsi qu'à Vivien Schils stagiaire au Parc naturel régional de la Montagne de Reims, pour avoir pris le temps de partager leurs connaissances et leur retour d'expérience concernant leur propre suivi du Sonneur à ventre jaune. Merci aux agents de l'Office national des forêts : Mathieu Huard, Frédéric Savio, Annick Genet, Jean-Baptiste Richard, Antonin Drouard et aux autres agents de l'ONF présents lors de la restitution de mes résultats.

Je remercie chaleureusement Elsa Bonnaud ainsi que le groupe d'étudiants des universités Paris-Saclay, Sorbonne et du Muséum national d'Histoire naturelle avec qui j'ai pu effectuer le suivi CMR du site des Belles Ventes.

Enfin, je remercie mes prédécesseurs, les stagiaires des années précédentes, sans qui ce travail n'aurait pas été possible !

.....

Ce stage fut réalisé dans le cadre du programme d'action 2023-2025 d'animation Natura 2000 du PNRFO, co-financé par l'Union européenne (FEDER) et par la région Grand-Est à hauteur de 397 661,05 euros.

## Table des figures

Figure 1 Localisation du PnrFO (Plan IGN, Géoportail)

Figure 2 Parcs naturels régionaux de la région Grand Est

Figure 3 Organigramme du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient

Figure 4 Répartition du Sonneur à ventre jaune en Europe (UICN, 2009)

Figure 5 Répartition du Sonneur à ventre jaune en France (SHF, 2017)

Figure 6 Sonneur à ventre jaune, © Johann Chrétien

Figure 7 Sonneur à ventre de feu, © Françoise Serre-Collet

Figure 8 Ornière propice au Sonneur à ventre jaune

Figure 9 Ponte de Sonneur à ventre jaune, © Anthony Prevost de Harchies

Figure 10 Têtard de Sonneur à ventre jaune, © Théo Jean-François

Figure 11 Localisation des ZSC n°60 et n°64 (Chrétien, 2021)

Figure 12 Localisation des sites de CMR au sein du PnrFO (Chrétien, 2021)

Figure 13 Matériel de terrain pour le protocole de CMR

Figure 14 Sonneur à ventre jaune subadulte placé sur le dos dans un boîtier CD au fond vert

Figure 15 Evolution des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur la ligne des Chaussons de 2013 à 2024

Figure 16 Evolution des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur le site des Belles Ventes de 2019 à 2024

Figure 17 Evolution des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur le site de Maurepaire de 2020 à 2024

Figure 18 Evolution des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés aux stades subadultes et adultes sur le site de Maurepaire de 2020 à 2024

Figure 19 Evolution des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur le site des Loges-Lavards de 2020 à 2024

Figure 20 Sonneur à ventre jaune capturé lors d'une session de CMR sur le site des Loges-Lavards

## Table des tableaux

Tableau 1 Exemple de quelques lignes d'un tableur avec les noms des individus après comparaison intra-2024 des photos du site des Belles Ventes

Tableau 2 Détail des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur la ligne des Chaussons de 2013 à 2024

Tableau 3 Individus capturés en 2024 sur la ligne des Chaussons ayant été capturés les années précédentes sur le site des Belles Ventes

Tableau 4 Détail des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur le site des Belles Ventes de 2019 à 2024

Tableau 5 Individus capturés en 2024 sur le site des Belles Ventes ayant été capturés les années précédentes sur la ligne des Chaussons

Tableau 6 Détail des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur le site de Maurepaire de 2020 à 2024

Tableau 7 Détail des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur le site des Loges-Lavards de 2020 à 2024

## Table des sigles et abréviations

CFT : Charte Forestière de Territoire

CMR : Capture-Marquage-Recapture

CNPF : Centre National de la Propriété Forestière

CPIE : Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement

DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

INPN : Inventaire national du patrimoine naturel

LEADER : Liaison Entre Actions de Développement de l'Economie Rurale

LPO : Ligue pour la Protection des Oiseaux

MNHN : Muséum national d'Histoire naturelle

OFB : Office français de la biodiversité

ONF : Office national des forêts

PNA : Plan national d'actions

PNR : Parc naturel régional

PnrFO : Parc naturel régional de la Forêt d'Orient

PRA : Plan régional d'actions

RNNFO : Réserve naturelle nationale de la Forêt d'Orient

SHF : Société Herpétologique de France

Sonneur : Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*, Linnaeus 1758)

TVB : Trame Verte et Bleue

UICN : Union internationale pour la conservation de la nature

ZNIEFF : Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique

ZPS : Zone de Protection Spéciale

ZSC : Zone Spéciale de Conservation

## Table des matières

Résumé .....	1
Abstract.....	1
I – Analyse du fonctionnement et de l’organisation du PnrFO .....	2
Contextes .....	2
Contexte géographique.....	2
Contexte environnemental.....	2
Contexte socio-économique .....	3
Historique, statut juridique et missions principales .....	4
Organigramme .....	5
Partenaires .....	6
II – Suivi du Sonneur à ventre jaune au sein du PNR de la Forêt d’Orient .....	7
Contexte écologique : Le Sonneur à ventre jaune .....	7
Plan national d’actions et suivi par CMR .....	12
III – Enjeux, problématiques et hypothèses .....	13
Enjeux écologique et socio-économique : le Sonneur et la gestion forestière.....	13
Problématiques .....	14
Hypothèses du stage .....	14
IV – Missions et activités réalisées .....	15
Matériel et méthode .....	15
Sites d’étude .....	15
Méthode du suivi par capture-marquage-recapture .....	16
Matériel utilisé.....	16
Protocole sanitaire .....	16
Etape n°1 – Récolte des données sur le terrain .....	17
Etape n°2 – Photo-identification avec le logiciel « HotSpotter ».....	17
Présentation et analyse des résultats .....	18
Ligne des Chaussons .....	18
Site des Belles Ventes.....	19
Site des Ornières du Virage .....	21
Site de Maurepaire .....	21
Site des Loges-Lavards .....	22
Discussion.....	23
Influence des conditions météorologiques .....	23
Migrations entre la ligne des Chaussons et le site des Belles Ventes .....	24
Disparition de la population du site des Ornières du Virage .....	24

Impacts du protocole de Capture-Marquage-Recapture.....	25
Préconisations de gestion forestière en faveur du Sonneur à ventre jaune.....	25
Pistes d'évolution dans la réponse aux problématiques .....	25
Conclusion.....	26
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>27</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>31</b>

## Résumé

Le Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*) est une espèce d'amphibien anoure typique des points d'eau temporaires ensoleillés, peu profonds et peu végétalisés. Dans la région Grand Est, cette espèce se trouve majoritairement en contexte forestier où elle utilise, pour sa reproduction, les ornières créées par les activités sylvicoles. Le Sonneur à ventre jaune subit un déclin en Europe et en France tout particulièrement. Parmi les menaces principales qui pèsent sur l'espèce, on compte la perte, la fragmentation et la dégradation de ses habitats, ainsi que le risque d'assèchement des points d'eau qui s'intensifie avec le changement climatique. En conséquence, le Sonneur à ventre jaune bénéficie de nombreuses mesures de protection à l'échelle nationale et européenne et fait l'objet depuis 2011 d'un Plan national d'actions, qui a été décliné régionalement dans le Grand Est.

Depuis 2019, le Parc naturel régional de la Forêt d'Orient effectue un suivi pluriannuel de ses populations de Sonneur à ventre jaune au sein de deux Zones Spéciales de Conservation Natura 2000, par la mise en œuvre d'un protocole de Capture-Marquage-Recapture (CMR). Ce suivi, qui est effectué sur cinq sites de CMR, vise à améliorer les connaissances sur la répartition et l'évolution des populations, ainsi que cibler les zones à enjeux afin de proposer des préconisations de gestion forestière adaptées aux exigences de l'espèce.

Six ans de suivis ont permis de mettre en lumière que les tendances évolutives des populations varient d'un site à l'autre en fonction du milieu, mais qu'elles se stabilisent autour de quelques dizaines d'individus malgré un déclin global par rapport aux premières années de suivis. Les travaux en faveur de l'espèce effectués sur certains sites suite à des échanges avec les gestionnaires forestiers ont pu cependant provoquer des impacts positifs sur les populations, ce qui permet de souligner l'importance de la prise en compte du Sonneur à ventre jaune dans la gestion forestière.

Mots-clés : *Bombina variegata*, Capture-Marquage-Recapture, Natura 2000, Gestion forestière

## Abstract

The Yellow-bellied Toad (*Bombina variegata*) is a species of anuran amphibian commonly found in sunny, shallow and sparsely vegetated temporary watering holes. In the Grand Est region, this species primarily inhabits forested areas, utilizing ruts created by forestry activities for reproduction. The Yellow-bellied Toad is declining across Europe, particularly in France. Its main threats include habitat loss, fragmentation, and degradation, along with the increasing risk of watering holes drying up due to climate change. Consequently, the Yellow-bellied Toad is protected by numerous national and European measures and has been the focus of a National action plan since 2011, which is implemented regionally in Grand Est.

Since 2019, Orient Forest Regional Natural Park has been conducting multi-year monitoring of its Yellow-bellied Toad populations within two Natura 2000 Special Areas of Conservation using a Capture-Mark-Recapture (CMR) protocol. This monitoring, conducted at five CMR sites, aims to improve understanding of the distribution and evolution of populations and to identify at-risk areas to propose forest management recommendations suited to the species' needs.

Six years of monitoring have shown that population trends vary by site, depending on the environment, but are stabilizing at a few dozen individuals despite an overall decline compared to the initial years of monitoring. However, efforts to support the species at certain sites, following discussions with forest managers, has positively impacted populations. This underscores the importance of considering the Yellow-bellied Toad in forest management practices.

Keywords: *Bombina variegata*, Capture-Mark-Recapture, Natura 2000, Forest management

# I – Analyse du fonctionnement et de l'organisation du PnrFO

## Contextes

### Contexte géographique

Le Parc naturel régional de la Forêt d'Orient (PnrFO) est un parc naturel régional français situé au sein de la région Grand Est dans le département de l'Aube (10), à 30 kilomètres à l'est de la ville de Troyes (Figure 1). Il s'étend sur une superficie de 82 000 hectares et englobe 58 communes, ce qui représente une population de 23 356 habitants. Il constitue l'un des six PNR du Grand Est, localisé au sud-ouest de la région (Figure 2).

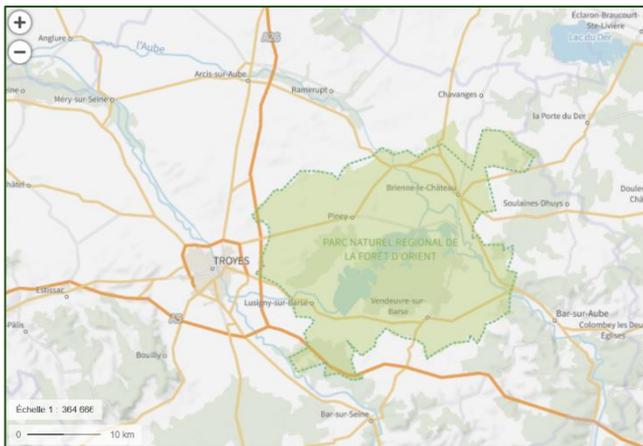


Figure 1 Localisation du PnrFO (Plan IGN, Géoportail)



Figure 2 Parcs naturels régionaux de la région Grand Est

### Contexte environnemental

Le PnrFO comprend 22 000 hectares de zones humides et 22 176 hectares de forêts. Trois lacs-réservoirs artificiels ont été érigés dans le but d'écarter les crues en période hivernale et de soutenir le débit de rivières en période de sécheresse : le Lac d'Orient, créé en 1966, ainsi que le Lac du Temple et le Lac Amance en 1990. Ils recouvrent une superficie totale de 4 602 hectares et permettent d'accueillir une biodiversité exceptionnelle, notamment une grande diversité d'oiseaux migrateurs et hivernants.

Le PnrFO est caractérisé par trois régions paysagères :

1. La **Champagne crayeuse**, au nord-ouest du Parc, est composée d'une zone de plaine calcaire et de collines, occupée par des grandes cultures céréalières (paysage d'*openfield*<sup>1</sup>) et ponctuée de bosquets.
2. La **Champagne humide**, au centre du Parc et occupant sa majeure partie, comporte une zone de plaine dont les sols sont à dominante argileuse et sableuse. Elle alterne entre forêts centenaires, grands lacs et zones bocagères. Cette mosaïque d'habitats en fait un espace écologique particulièrement riche et diversifié.
3. Le **Barrois**, au sud-est du Parc, est caractérisé par un paysage agricole à dominante calcaire qui allie coteaux occupés par des vignobles, plateaux occupés par des grandes cultures, prairies humides en fond de vallées (vallée du Landion) et couronnes boisées en crête.

L'alliance entre forêts de plaine et zones humides crée une diversité de paysages qui est propice à l'accueil d'une biodiversité particulièrement riche avec près de 2 500 espèces recensées.

En effet, le PnrFO se situe en plein axe de migration principal entre les pays de l'Europe de l'Est, du Sud, du Centre et de l'Afrique. On dénombre ainsi au total pas moins de 80 espèces d'oiseaux migrateurs, comme l'emblématique Cigogne noire (*Ciconia nigra*). Les oiseaux nicheurs ne sont pas en reste avec 130 espèces recensées. On peut également citer la présence de 13 espèces d'amphibiens dont le Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*) et le Triton crêté (*Triturus cristatus*), plus de 650 espèces d'insectes et près de 50 espèces de mammifères dont le Chat forestier (*Felis silvestris*

<sup>1</sup> Paysage agricole à champs ouverts, en opposition au bocage.

*silvestris*). Les sols riches et humides de la Forêt d'Orient apportent également une grande diversité de plantes, de mousses, de lichens et de champignons, avec 1 200 espèces végétales et plus de 400 espèces de champignons.

Le PnrFO se compose de plusieurs sites protégés à différentes échelles.

A l'échelle internationale, le PnrFO intègre une partie du **site Ramsar « Etangs de la Champagne humide »**, le plus vaste site Ramsar de France métropolitaine et une zone humide reconnue d'importance internationale. Le site est particulièrement bénéfique aux oiseaux migrateurs mais également à 146 986 oiseaux d'eau hivernants (LPO Champagne-Ardenne, 2019), comme le Vanneau huppé (*Vanellus vanellus*), la Grande Aigrette (*Ardea alba*), l'Oie cendrée (*Anser anser*), ou encore la Sarcelle d'hiver (*Anas crecca*).

A l'échelle européenne, 46% de la surface du Parc est couverte par le **réseau Natura 2000** avec dix sites classés, dont six animés par le Parc (**5 Zones Spéciales de Conservation** au titre de la Directive « Habitats, Faune, Flore » de 1992 et **1 Zone de Protection Spéciale** au titre de la Directive « Oiseaux » de 1979) : ZSC n°08 « Pelouse de Brebis », ZSC n°45 « Prairies de Courteranges », ZSC n°60 « Forêt d'Orient », ZSC n°64 « Forêts et Clairières des Bas-Bois », ZSC n°94 « Carrières souterraines d'Arsonval » et ZPS n°201 « Lacs de la Forêt d'Orient »

A l'échelle nationale, deux Réserves naturelles sont intégrées dans le territoire du PnrFO : la **Réserve naturelle nationale de la Forêt d'Orient** (1 560 hectares) composée de milieux lacustres, de grandes vasières, de prairies sèches et de forêts, et la **Réserve naturelle régionale des prairies humides de Courteranges** (27,68 hectares), caractérisée par des prairies humides et des mégaphorbiaies.

## Contexte socio-économique

### *Eco-tourisme*

Les grands lacs de la Forêt d'Orient ont permis le développement d'une importante activité touristique autour des **loisirs nautiques**. On peut par exemple y pratiquer la baignade, la plongée, la voile, le pédalo, le motonautisme, le canoë-kayak, le ski nautique... Le Parc propose également de nombreux itinéraires et circuits de **randonnée pédestre et cycliste**. Pour permettre aux visiteurs d'observer la biodiversité et dans une démarche d'éducation à l'environnement, des **sorties guidées** sont proposées sur diverses thématiques (oiseaux, mythes et légendes, microfaune, chiroptères, brame du cerf...) et des infrastructures sont mises en place avec notamment quatre **observatoires ornithologiques** ou encore **l'Espace Faune de la Forêt d'Orient**. Ce dernier permet de découvrir des mammifères en semi-liberté tels que des cerfs, chevreuils et sangliers, ou encore le Tarpan, l'Auroch, l'Elan et le Bison d'Europe. Le riche **patrimoine historique** et religieux du Parc offre la possibilité de visiter de nombreux monuments tels que des églises, des châteaux, des abbayes, des moulins, ainsi que des musées.

Ces activités sont conçues dans le respect de l'environnement et s'inscrivent dans une démarche écotouristique en privilégiant l'observation, l'interprétation, l'éducation et l'étude des milieux naturels. Ce tourisme durable passe aussi par la gestion des déchets, la protection des espèces menacées et la promotion de l'économie locale (viticulture, fromagerie, vergers traditionnels...). La **Marque « Valeurs Parc naturel régional »** est une marque commune à l'ensemble du réseau des Parcs naturels régionaux construite sur un engagement mutuel entre Parcs et entreprises et qui vise à porter les valeurs des Parcs, notamment l'attachement au territoire, la dimension humaine et sociale, ainsi que la préservation et la valorisation des patrimoines. Au sein du PnrFO, la Marque « Valeurs Parc naturel régional » est attribuée à des **hébergements touristiques**, des **restaurants**, des **sites de découvertes** du territoire et de ses patrimoines, et à des **produits agricoles** (miels, fruits et légumes, fleurs ou plantes).

### *Sylviculture*

La forêt recouvre 27% du territoire du PnrFO, et la Forêt du Grand Orient est reconnue nationalement pour la **qualité de ses bois**. Le Chêne en particulier, réputé pour sa qualité, est l'essence la plus représentée sur le Parc. En effet, les Chênaies pures représentent 42% de la surface forestière après les feuillus mélangés qui s'étendent sur 45% des espaces boisés. Ainsi, la sylviculture est un secteur d'activité traditionnel du PnrFO et le bois est au cœur de l'économie du territoire, étant exploité pour des produits de charpente, de menuiserie et d'énergie. Les métiers du bois dans l'industrie ou l'artisanat représentent une forte source d'emplois sur le département (648 salariés spécialisés dans le travail du bois)

(Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, 2021). De plus, le bois est largement présent dans l'architecture locale notamment avec l'utilisation traditionnelle du chêne ou encore du peuplier, très développée sur l'ensemble des communes du territoire. Les gestionnaires forestiers cherchent un juste équilibre entre **gain financier, respect de la croissance des essences et protection du vivant**. En 2019 a été élaborée une **Charte Forestière de Territoire (CFT)**, outil de gestion durable locale et multifonctionnelle des forêts permettant la rencontre de l'ensemble des acteurs liés à la forêt et au bois. La CFT du PnrFO a pour enjeux :

- Le soutien d'une **politique de mise en valeur forestière**
- La **structuration** et la **dynamisation de la filière bois**
- L'harmonisation des modes de gestion et d'exploitation dans le sens d'un **usage durable** de la ressource et de la **préservation de la biodiversité**
- L'amélioration de **l'accueil des publics** en forêt

### Chasse

La chasse au sein du PnrFO constitue non seulement une activité de plein air mais permet également la régulation des populations de faune sauvage chassable (Cerf élaphe, Chevreuil, Sanglier, Lagomorphes). La cohésion entre chasse et sylviculture garantit **l'équilibre sylvo-cynégétique**, c'est-à-dire la bonne adéquation entre les populations de grands animaux vivants en forêt et le milieu forestier qui les abrite. D'après l'article L425-4 du Code de l'Environnement, « l'équilibre agro-sylvo-cynégétique consiste à rendre compatible, d'une part, la présence durable d'une faune sauvage riche et variée et, d'autre part, la pérennité et la rentabilité économique des activités agricoles et sylvicoles. Il est assuré par la gestion concertée et raisonnée des espèces de faune sauvage et de leurs habitats agricoles et forestiers. L'équilibre agro-sylvo-cynégétique est recherché par la combinaison des moyens suivants : la chasse, la régulation, la prévention des dégâts de gibier par la mise en place de dispositifs de protection et de dispositifs de dissuasion ainsi que, le cas échéant, par des procédés de destruction autorisés. » Cet équilibre est donc indispensable pour assurer la pérennité des forêts et son obtention passe par une sylviculture permettant d'améliorer la capacité d'accueil des massifs forestiers et par l'attribution et la réalisation des plans de chasse (Orientations régionales forestières de Lorraine, 2012). Au sein du territoire du PnrFO, les enjeux liés à la problématique de l'équilibre sylvo-cynégétique sont prioritaires en Champagne crayeuse et en Champagne humide.

### Historique, statut juridique et missions principales

Les Parcs naturels régionaux ont été créés par décret en 1967. Le PnrFO a été créé le 16 octobre 1970, faisant ainsi partie des cinq PNR les plus anciens. Ils sont désormais au nombre de 58 sur le territoire français.

Les missions des Parcs naturels régionaux sont inscrites dans **les articles L333-1 et R333-1 du Code de l'environnement**. Les PNR ont pour objet :

1. De protéger les paysages et le patrimoine naturel et culturel, notamment par une gestion adaptée ;
2. De contribuer à l'aménagement du territoire ;
3. De contribuer au développement économique, social, culturel et à la qualité de la vie ;
4. De contribuer à assurer l'accueil, l'éducation et l'information du public ;
5. De réaliser des actions expérimentales ou exemplaires dans les domaines cités ci-dessus et de contribuer à des programmes de recherche.

Un PNR est régi par une charte qui fixe le projet et les objectifs du Parc en déterminant les orientations de protection, de mise en valeur et de développement, ainsi que les actions à mettre en œuvre. La charte adoptée par décret, permet au territoire d'obtenir l'appellation « Parc naturel régional » pour une durée de quinze ans suite à la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages promulguée en 2016. Le PnrFO est géré par le Syndicat mixte pour l'aménagement et la gestion du Parc naturel de la Forêt d'Orient, qui regroupe les collectivités territoriales ayant approuvé la Charte du Parc. La Charte actuelle du PnrFO, rédigée en 2009, est valide jusqu'en 2024. Elle est actuellement en cours de révision pour la période 2025 – 2040, procédure qui vise à redéfinir son projet et reconduire son classement.

Les missions principales du PnrFO inscrites dans sa charte pour la période 2009 – 2024 consistent à :

- Protéger les espaces naturels et la biodiversité,
- Sensibiliser et éduquer à l’environnement,
- Aménager le territoire (programme de la **Trame Verte et Bleue**),
- Valoriser l’architecture traditionnelle et le paysage qui fondent l’identité du territoire,
- Préserver et valoriser les patrimoines (naturel, paysager, bâti et culturel),
- Développer les ressources locales et les valoriser durablement, en accompagnant les activités de production agricole, sylvicole et énergétique,
- Rechercher des financements pour accompagner les porteurs de projet (Trame Verte et Bleue, Atlas de la biodiversité communale, fonds européen LEADER).

## Organigramme

Le PnrFO compte 32 salariés : le président du Parc, la directrice et la directrice adjointe, ainsi que 29 agents répartis en quatre pôles (Figure 3).

Le Pôle Environnement compte onze agents et comporte une cellule Zones Humides (une responsable de la cellule, des chargées de mission Zones Humides, une chargée de mission Ramsar), une cellule espaces naturels protégés (un conservateur et des gardes-animateurs des Réserves Naturelles, un chargé de mission Natura 2000) et une cellule ressources secteur primaire (une chargée de mission Forêt – Garde du littoral, une chargée de mission Agri-environnement).

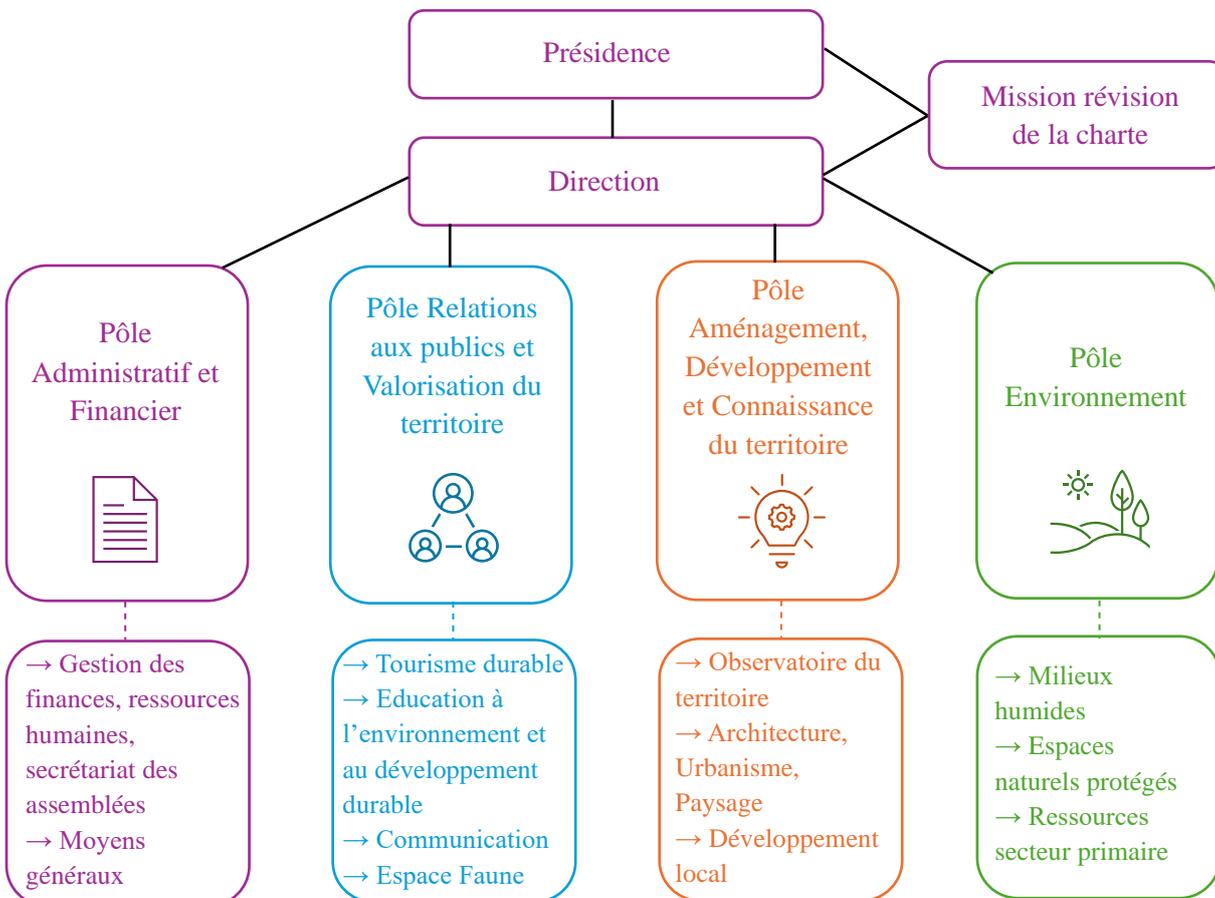


Figure 3 Organigramme du Parc naturel régional de la Forêt d’Orient

## Partenaires

Tout d'abord, le PnrFO s'associe avec des partenaires **financiers**. Le PnrFO est financé par l'Union Européenne via le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) et le Fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER), l'agence de l'eau Seine-Normandie, la région Grand Est et le département de l'Aube. Ces organismes fournissent des subventions qui permettent au Parc d'engager des actions. Les actions sur les sites Natura 2000 sont actuellement financées à 60% par le FEDER et à 40% par la région Grand Est.

Le PnrFO possède également des partenaires **scientifiques**, dont le Conservatoire botanique national du Bassin parisien, le Conservatoire du littoral, le Conservatoire d'espaces naturels de Champagne-Ardenne, la Ligue pour la protection des oiseaux Champagne-Ardenne, le Centre permanent d'initiatives pour l'environnement du Sud Champagne, ainsi que la Société Auboise de Botanique. Le PnrFO sollicite ces différents partenaires afin d'obtenir une expertise scientifique et naturaliste.

Ensuite, le PnrFO travaille avec des partenaires **techniques**, en particulier l'Office national des forêts pour les forêts publiques et le Centre National de la Propriété Forestière pour les forêts privées.

Enfin, le PnrFO a des partenaires **socio-culturels**, comme la Ligue de l'Enseignement de l'Aube et le CPIE du Sud Champagne avec qui il effectue un travail de sensibilisation à travers des animations scolaires. Le PnrFO travaille aussi en concertation avec la Fédération de l'Aube pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique et la Fédération des chasseurs de l'Aube, deux acteurs importants du territoire.

## II – Suivi du Sonneur à ventre jaune au sein du PNR de la Forêt d'Orient

L'érosion rapide et massive de la biodiversité causée par les activités humaines est un constat mondial, si bien que, selon de nombreux scientifiques, nous faisons actuellement face à une sixième extinction de masse. Le taux mondial d'extinction des espèces est déjà au moins des dizaines, voire des centaines de fois supérieur au taux moyen des dix derniers millions d'années et s'accélère encore (Diaz et al., 2019). En effet, le **changement climatique**, la **destruction** et la **fragmentation des habitats**, la **surexploitation des ressources naturelles**, l'introduction d'**espèces exotiques envahissantes** et la **pollution** sont cités comme les cinq grandes menaces qui pèsent sur la biodiversité et ont conduit, depuis 1500, à un déclin catastrophique et à l'extinction d'au moins 680 espèces de vertébrés (Ceballos et al., 2017 ; Diaz et al., 2019).

Les amphibiens en particulier souffrent depuis les années 1980 d'un taux de déclin sans précédent et anormalement élevé. Le rythme alarmant et soudain de leur déclin expose désormais ce groupe taxonomique à un risque de disparition plus fort encore que les mammifères ou les oiseaux (Stuart et al., 2004 ; Beebee & Griffiths, 2005). Cela est d'autant plus inquiétant qu'un déclin mondial des populations d'amphibiens pourrait avoir un impact significatif et néfaste sur les écosystèmes naturels et la santé humaine (Gardner, 2001). En effet, les amphibiens font partie intégrante de nombreux écosystèmes, constituant souvent la fraction la plus élevée de la biomasse des vertébrés (Beebee, 1996 in Gardner, 2001). En outre, en agissant à la fois comme prédateurs et proies, ils jouent un rôle clé dans la dynamique trophique (Toft, 1985). En France, 44 % des espèces d'amphibiens subissent un déclin dans leur tendance démographique nationale (Trochet et al., 2024). L'introduction d'**agents pathogènes exotiques**, le **changement d'utilisation des terres** qui mène à une perte et une fragmentation d'habitat, ainsi que les **maladies infectieuses** (en particulier la chytridiomycose, provoquée par le champignon pathogène *Batrachochytrium dendrobatidis*) constituent les trois causes majeures qui jouent un rôle direct dans le déclin et l'extinction des amphibiens (Collins, 2010 ; Dejean et al., 2010a).

Parmi les amphibiens, le Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*), bien qu'encore relativement répandu, est une espèce en déclin en Europe de l'Ouest et en France tout particulièrement. Considérée autrefois comme extrêmement commune, ses populations connaissent une forte régression qui a débuté à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle (Vacher, 2013 ; Lescure, 2011 ; Cayuela et al., 2021). L'importante et rapide régression qu'a subie l'espèce en France au cours du XX<sup>ème</sup> siècle se poursuit avec de nouvelles menaces telles que les **changements de l'occupation des sols**, les **modifications des pratiques sylvicoles** et la **perte de connectivité entre les populations** (Pichenot, 2008).

### Contexte écologique : Le Sonneur à ventre jaune

#### Taxonomie

Le Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*, Linnaeus 1758) est une espèce d'amphibien de l'ordre des anoures et de la famille des Bombinatoridae.

Trois sous-espèces de Sonneur à ventre jaune sont reconnues : *B. v. variegata* (la plus répandue en Europe centrale et occidentale), *B. v. scabra* (péninsule des Balkans) et *B. v. kolombatovici* (Dalmatie). *B. pachypus*, présente en Italie, a longtemps été considérée comme une sous-espèce avant d'être élevée au rang d'espèce en raison de différences morphologiques et génétiques, mais cette nouvelle classification continue à faire débat. En France, le Sonneur à ventre jaune est uniquement représenté par la sous-espèce nominale *Bombina variegata variegata* (Pichenot, 2008 ; Goniak, 2018).

#### Distribution

Le Sonneur à ventre jaune est une espèce continentale, endémique d'Europe, qui s'est répandue d'est en ouest en atteignant sa limite occidentale de répartition en France (Lescure et al., 2011 ; Vacher & Ursenbacher, 2014). La Roumanie, la Bulgarie et la Grèce constituent sa limite orientale de répartition, l'Allemagne sa limite septentrionale et l'Italie et la Grèce sa limite méridionale (Figure 4). En France, il est largement répandu dans l'est (Alsace, Lorraine, Champagne-Ardenne, Franche-Comté) et dans le Limousin (Pichenot, 2008) (Figure 5).

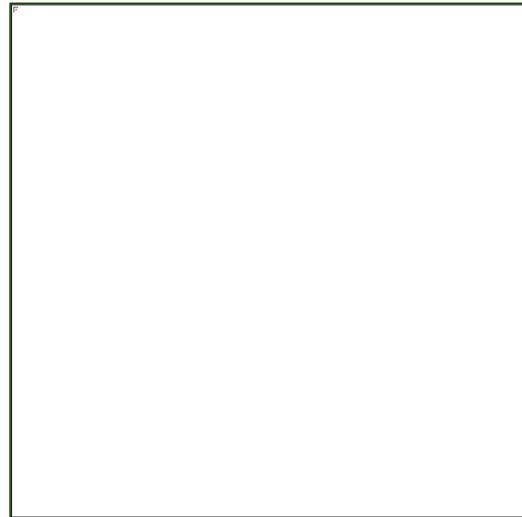
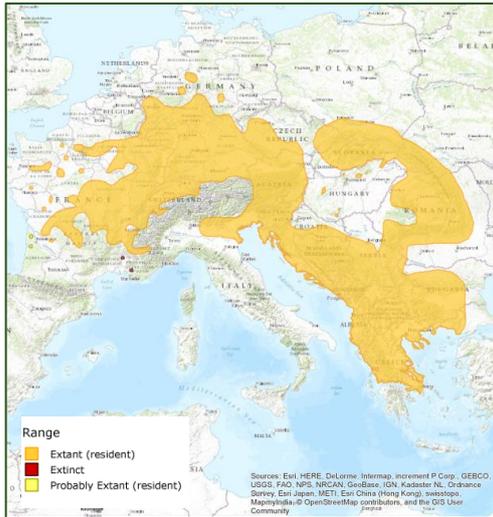


Figure 4 Répartition du Sonneur à ventre jaune en Europe (UICN, 2009) Figure 5 Répartition du Sonneur à ventre jaune en France (SHF, 2017)

### Description physique

Ce crapaud de petite taille mesure entre 30 et 59 millimètres de long du bout du museau au cloaque pour une masse corporelle adulte entre 2,5 et 15 grammes (Chemin, 2011). Il possède un dos gris-brun verruqueux dont la coloration cryptique<sup>2</sup> lui permet de se camoufler dans son environnement (Figure 6). En cas de danger, il révèle son ventre aux tâches jaune vif sur fond sombre pour prévenir de sa toxicité et ainsi dissuader ses prédateurs (coloration aposématique) (Chemin, 2011 ; Toledo & Haddad, 2009). L'espèce se caractérise également par ses pupilles cordiformes<sup>3</sup>, plutôt triangulaires lorsque dilatées et en forme de Y quand elles sont contractées (Pichenot, 2008). Il existe un dimorphisme sexuel chez le Sonneur à ventre jaune. Le mâle est plus petit que la femelle et porte des callosités nuptiales noires sur les tubercules métacarpiens, les doigts, les avant-bras et les pattes arrière (Thirion & Evrard, 2022). Mâle et femelle possèdent des pointes noires cornées sur les verrues de la face dorsale, mais celles du mâle sont plus saillantes (Gaudin & Bonnaire, 2009).

### Espèce proche

Le Sonneur à ventre de feu (*Bombina orientalis*, Linnaeus 1761) est une espèce d'Europe centrale et de l'Est (répartition orientale) en parapatric<sup>4</sup> avec le Sonneur à ventre jaune (répartition occidentale). Très proche morphologiquement de ce dernier, il s'en distingue notamment par la coloration orangée de sa face ventrale (Figure 7) et par la présence d'un sac vocal dont le Sonneur à ventre jaune est dépourvu. Une population introduite a été découverte en France en 2009 dans le département de la Moselle où il est désormais bien implanté avec plusieurs centaines d'individus (Aumaître, 2020). Cette introduction involontaire présente un risque de pollution génétique avec le Sonneur à ventre jaune (Thirion & Evrard, 2022).



Figure 6 Sonneur à ventre jaune, © Johann Chrétien



Figure 7 Sonneur à ventre de feu, © Françoise Serre-Collet

<sup>2</sup> Patron de coloration qui favorise la dissimulation de l'animal dans son milieu naturel.

<sup>3</sup> En forme de cœur.

<sup>4</sup> Situation dans laquelle des espèces ont des répartitions géographiques adjacentes mais qui ne se superposent pas.

## Habitats

Le Sonneur à ventre jaune est une espèce terrestre et d'eau douce. Selon la typologie EUNIS, il est présent dans les habitats suivants (MNHN & OFB, 2003-2024) :

- E3 : Prairies humides et prairies humides saisonnières (contexte forestier et présence de points d'eau à proximité)
- C3 : Zones littorales des eaux de surface continentales (contexte forestier)
- C : Eaux de surface continentales
- E : Prairies ; terrains dominés par des herbacées non graminoides, des mousses ou des lichens
- C1 : Eaux dormantes de surface (contexte forestier)
- E5 : Ourlets, clairières forestières et peuplements de grandes herbacées non graminoides (présence de points d'eau à proximité)

Dans le Grand Est, le Sonneur à ventre jaune occupe en très grande majorité les milieux forestiers, et dans une moindre mesure des milieux prairiaux. Comme la plupart des amphibiens, il possède un cycle de vie biphasique, composé d'une phase terrestre et d'une phase aquatique. En milieu aquatique, les ornières provoquées par le passage d'engins dans le cadre d'une exploitation forestière sont des habitats très utilisés par les Sonneurs, ainsi que les fossés, les mares et petites pièces d'eau. Ses habitats terrestres comprennent les sous-bois forestiers, les prairies et pâtures humides et les bocages (Aubry et al., 2021). Le Sonneur à ventre jaune est une espèce dite pionnière, qui présente une grande aptitude à coloniser rapidement des milieux complètement ou partiellement neufs, et donc parfois très artificialisés (Bonnaire et al., 2009 ; Chemin, 2011).



Figure 8 Ornière propice au Sonneur à ventre jaune

## Reproduction

Le Sonneur à ventre jaune atteint sa maturité sexuelle vers deux – trois ans (Melin, 2013). Il s'agit d'une espèce tardive ; il sort de sa période d'hivernage à partir du mois d'avril pour se reproduire en milieu aquatique, entre mai et juillet dans le Grand Est (Aubry et al., 2021). Il a une préférence pour les pièces d'eau peu profondes (niveau d'eau généralement inférieur à un mètre), à l'eau stagnante, souvent peu végétalisées et situées dans des zones ensoleillées (Pichenot, 2008 ; Hartel et al., 2007). En Champagne-Ardenne, les ornières forestières présentant une profondeur comprise entre 5 et 20 cm sont les plus utilisées par l'espèce (Aubry et al., 2021). Comparées aux mares permanentes, les mares temporaires offrent de meilleures conditions de reproduction car elles abritent moins de prédateurs et de concurrents, et la température de l'eau y est plus élevée ce qui favorise le développement larvaire. La température de l'eau est la principale variable écologique affectant le choix des sites de reproduction du Sonneur à ventre jaune (Barandun & Reyer, 1997). La ponte est constituée d'œufs isolés ou en petits amas de 2 à 40 fixés à un support tel qu'une brindille immergée ou une plante aquatique (Benavent, 2005 ; Muratet, 2008). Les œufs mesurent de 1,5 à 2 millimètres de diamètre dans une gaine<sup>5</sup> de 5 à 8 millimètres (Muratet, 2008). Le Sonneur peut fractionner ses pontes sur plusieurs mois, de mai à août, et les répartir dans différentes pièces d'eau. Cette stratégie augmente son succès reproducteur (Bonnaire et al., 2009). En tout, les femelles pondent une centaine d'œufs par an environ (300 au maximum) (Miaud & Muratet, 2004). C'est une faible fécondité comparé aux autres espèces de crapauds (*Bufo bufo* : 5 000 à 7 000 œufs ; *Epidalea calamita* : 2 000 à 4 000 œufs ; *Pelodytes punctatus* : 1 000 à 1 600 œufs) (Duguet & Melki, 2003 ; Jacob et al., 2007 ; Héron-Royer, 1879).

La présence d'hydrophytes est favorable au Sonneur à ventre jaune car ils peuvent servir de support de ponte, mais au-delà d'une certaine quantité le réchauffement de l'eau se trouve ralenti, ce qui risque de rendre le milieu défavorable. En Champagne-Ardenne, quand la végétation recouvre plus de la moitié de la surface de l'eau, l'espèce y est moins présente (Aubry et al., 2021). Une présence abondante d'hélophytes rivulaires impacte également négativement la

<sup>5</sup> Chez les amphibiens, couche muqueuse qui entoure l'œuf et qui gonfle au contact de l'eau.

présence de l'espèce car ils peuvent entraver les mouvements des individus qui se déplacent de mare en mare pour fractionner leurs pontes (Renoux, 2011). De plus, la végétalisation des ornières favorise l'installation des Grenouilles vertes (*Pelophylax sp.*) en grand nombre. Or, le Sonneur à ventre jaune tolère mal la concurrence avec les autres espèces d'amphibiens.

### Régime alimentaire et prédation

Le régime alimentaire des amphibiens est principalement composé d'invertébrés. Une étude menée en 2004 dans des écosystèmes forestiers de Roumanie, concernant le contenu stomacal des Sonneurs à ventre jaune, a permis de révéler que ces derniers consomment en majorité des Coléoptères (23% des échantillons), puis des Diptères (21%) et des Aranéides (13%). Les Sonneurs à ventre jaune présentent un comportement de prédateur opportuniste et peuvent manger tout organisme animal dans leur champ de vision qu'ils sont capables d'ingérer, sans préférence de proies (Ghiurcă & Zaharia, 2005). Les larves se nourrissent quant à elles de diatomées et d'algues (Jacob et al., 2007 in Gillet, 2018).

Les Sonneurs à ventre jaune adultes sont venimeux et ont donc très peu de prédateurs (Pichenot, 2008). En revanche, le risque de prédation est élevé sur les œufs (Figure 8) et au cours de la phase larvaire en environnement aquatique, où les embryons et les têtards de sonneurs (Figure 9) peuvent être consommés par des tritons, des poissons, des insectes prédateurs et autres invertébrés, d'autres espèces d'anoures, ou encore des oiseaux (Barandun & Reyer, 1997). La présence modérée d'hydrophytes est ainsi un caractère écologique favorable dans ce cadre également car ils peuvent constituer une zone de refuge contre les prédateurs (Renoux, 2011).



Figure 9 Ponte de Sonneur à ventre jaune, © Anthony Prevost de Harchies      Figure 10 Têtard de Sonneur à ventre jaune, © Théo Jean-François

Le faible risque de prédation sur les individus adultes est une des raisons de la longévité exceptionnelle du Sonneur à ventre jaune, qui est l'espèce d'anoure la plus longévive en conditions naturelles malgré sa petite taille (Langlois & Cayuela, 2022). Son espérance de vie se situe entre 9 et 10 ans en moyenne dans la nature mais peut atteindre 20 ans (Morand, 1997). Le record mondial a été observé en 2021 en Bourgogne Franche-Comté avec un individu ayant atteint les 28 ans (Langlois & Cayuela, 2022).

### Etat de conservation et menaces

Les causes du déclin du Sonneur à ventre jaune sont multifactorielles. Parmi les menaces qui pèsent sur l'espèce, on retrouve (Aubry et al., 2021 ; Benavent, 2005 ; Chemin, 2011) :

- La **perte** et la **fragmentation des habitats** dues à l'aménagement du territoire,
- La **disparition des petites zones humides** (comblement des mares, atterrissement naturel, drainages, arrêt d'entretien des mares, calibrage des cours d'eau, empiérement des sentiers et chemins, assainissement...),
- Le risque de **dessiccation des mares temporaires** et des ornières, qui s'intensifie avec les **changements climatiques** et les sécheresses précoces qui en résultent,
- La **dégradation** ou les **modifications des habitats** de l'espèce dues à l'**évolution des pratiques agricoles et sylvicoles**,
- La **pollution des eaux** et les **maladies**,
- **L'écrasement des individus ou des pontes** dans les ornières lors de travaux forestiers, d'activités sportives ou autres pratiques de loisir,

- La **destruction directe volontaire** de l'espèce et les **prélèvements**,
- La **faiblesse des populations** en limite d'aire de répartition :

Les populations situées en marge d'aire de répartition sont hypersensibles aux changements environnementaux car la faible densité des stations à Sonneur et les faibles effectifs des populations conduisent à un isolement géographique, puis génétique (perte de diversité génétique) (Aubry et al., 2021). En France, c'est la limite ouest de répartition qui est la plus fragile (Sordello, 2012). La fragmentation des habitats causée par des barrières anthropiques (routes, voies ferrées, paysages infranchissables...) engendre une **perte de connectivité** entre les populations, et peut donc, en limite d'aire de répartition, isoler encore davantage ces populations de petite taille (Sordello, 2012 ; Eggert, 2022).

### *Réglementation et statuts de protection*

#### A. STATUTS REGLEMENTAIRES

En France métropolitaine, tous les amphibiens sont protégés par la loi (arrêté du 8 janvier 2021).

De par la régression particulièrement forte qu'il subit, le Sonneur à ventre jaune bénéficie de réglementations et de statuts de protection spécifiques. C'est l'espèce d'amphibien qui fait l'objet du plus grand nombre de mesures de protection en France.

Au niveau européen, le Sonneur à ventre jaune est inscrit à l'annexe II de la **Convention de Berne** relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel européen, fixant la liste des espèces faunistiques strictement protégées. Dans le cadre du **réseau Natura 2000**, il est également inscrit aux annexes II « espèces d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation » et IV « espèces d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte » de la Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvage, dite **Directive « Habitats, Faune, Flore »**.

Au niveau national, le Sonneur figure sur l'article 2 de l'**arrêté du 8 janvier 2021** fixant la liste des amphibiens et des reptiles représentés sur le territoire métropolitain protégés sur l'ensemble du territoire national et les modalités de leur protection. Il protège non seulement les individus quel que soit leur stade de développement, mais il interdit aussi « la destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux ».

Au niveau régional, le Sonneur est une espèce déterminante de l'**inventaire ZNIEFF** en Champagne-Ardenne. L'inventaire ZNIEFF ne constitue pas en lui-même un statut de protection mais permet d'améliorer les connaissances naturalistes, ainsi que d'alerter sur la qualité du patrimoine naturel remarquable présent et à préserver (DREAL Grand Est, 2020).

#### B. CLASSIFICATION UICN

Sur les **listes rouges mondiale et européenne des espèces menacées**, le Sonneur à ventre jaune est classé en *Préoccupation mineure* (LC). Ce statut est justifié par sa large distribution, sa tolérance à de nombreux habitats et à la faible probabilité de voir ses populations diminuer rapidement (UICN, 2009). En effet, la grande longévité de l'espèce peut limiter l'impact des menaces sur les populations. L'espèce connaît des déclinés dans de nombreux pays d'Europe (France, Suisse, Italie, Slovénie, République Tchèque, Turquie et potentiellement Bulgarie). Toutefois, dans certaines parties de son aire de répartition, comme dans les Carpates, en Pologne et en Albanie, il reste encore commun et dans des habitats propice (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2022).

Suite à la forte régression de ses populations au niveau national, l'espèce est en revanche classée *Vulnérable* (VU) sur la **liste rouge des amphibiens de France métropolitaine** (UICN, 2015), au titre du critère A4ac, le critère A correspondant à une réduction de la taille de la population.

Depuis 2023, le Sonneur est également classé *Quasi menacé* (NT) sur la **liste rouge des amphibiens du Grand Est**, car proche du critère A2a.

Le Sonneur à ventre jaune est évalué comme une espèce en régression sévère (voire extinction) dans la majorité des régions voisines, et en déclin en particulier sur l'arc de la Champagne humide (UICN, 2023).

L'espèce avait préalablement été classée VU sur la **liste rouge régionale de Champagne-Ardenne**, établie et validée en 2007 par le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel, mais pas par l'UICN.

### Plan national d'actions et suivi par CMR

C'est dans ce contexte de menaces grandissantes et de déclin rapide en France qu'est né le Plan national d'actions (PNA) en faveur du Sonneur à ventre jaune, prévu de 2011 à 2015 mais qui s'est finalement conduit de 2012 à 2020. Ce PNA, porté par le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, considérait comme une priorité la conduite d'actions de conservation en faveur du Sonneur. Il visait à dresser un bilan des connaissances, identifier les besoins et enjeux de la conservation de l'espèce, fixer des objectifs et établir une stratégie de mise en œuvre des actions définies dans l'optique d'arriver à un bon état de conservation du Sonneur à ventre jaune, conformément aux exigences de la directive Habitats-Faune-Flore (Chemin, 2011 ; Aubry et al., 2021). Un second PNA est actuellement en cours de rédaction (Mathieu Aubry, pers. comm.).

Suite à la fusion des régions Alsace, Lorraine et Champagne-Ardenne et au vu des enjeux de conservation dans la région, une déclinaison régionale Grand Est du PNA Sonneur à ventre jaune, coordonnée par la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Grand Est, a été mise en place sur la période 2021 – 2030. Ce Plan régional d'actions (PRA) découle des grands axes définis dans le document national en s'adaptant au contexte régional de l'espèce pour mettre en œuvre des actions de préservation concrètes, ainsi que pour sensibiliser le plus grand nombre d'acteurs (Aubry et al., 2021).

Le PNR de la Forêt d'Orient s'appuie sur ces PNA et PRA afin de consolider ses actions de préservation en faveur du Sonneur à ventre jaune. Depuis 2019, le PnrFO recrute chaque année un stagiaire pour étudier la répartition et l'évolution des sous-populations de Sonneur à ventre jaune au sein de deux sites Natura 2000 avec la mise en œuvre d'un suivi par Capture-Marquage-Recapture (CMR) pluriannuel. Ce suivi permet également de cibler les zones à forts enjeux et de proposer à l'ONF des préconisations de gestion forestière en faveur de l'espèce (Aubry et al., 2021 ; Prevost de Harchies, 2022).

### III – Enjeux, problématiques et hypothèses

#### Enjeux écologique et socio-économique : le Sonneur et la gestion forestière

Son statut Vulnérable en France et Quasi menacé dans le Grand Est, pourtant le bastion historique de l'espèce, fait du Sonneur à ventre jaune une espèce à enjeu qui doit faire l'objet d'une attention toute particulière. Un suivi de ses populations est nécessaire pour établir leur dynamique. De plus, la responsabilité de la région Grand Est dans la conservation des populations de Sonneur à ventre jaune est forte puisqu'il s'agit de la région avec le plus grand nombre de sites abritant encore cette espèce en France (Aubry et al., 2021).

Au sein du PnrFO, les études menées sur le Sonneur à ventre jaune ont débuté en 2016, soit après le lancement du PNA Sonneur en 2011 et des déclinaisons régionales. Ces études ont vu le jour dans le cadre des sites Natura 2000 animés par le Parc en faveur de l'espèce classée comme Espèce d'Intérêt Communautaire. Un suivi selon un protocole de Capture-Marquage-Recapture a été mis en place sur cinq sites dans le but d'améliorer les connaissances sur la répartition de l'espèce, d'estimer la taille des populations et leur évolution dans le temps (en hausse, stable ou en déclin), ainsi que d'observer les facteurs qui influent sur cette dynamique et détecter les menaces potentielles afin de mettre en œuvre des mesures de gestion concrètes en faveur de l'espèce en contexte forestier, son milieu principal.

Le PnrFO comprend deux massifs principaux : le massif de la Forêt d'Orient qui rassemble la forêt du Grand Orient, la forêt du Petit Orient et la forêt du Temple, et le massif des Bas-Bois. Concernant le régime foncier, 70% des forêts du Parc appartiennent à des propriétaires privés, tandis que 30% sont des forêts publiques (Chauveau & Dusacre, 2023). Les forêts publiques, domaniales ou communales, sont gérées par l'Office national des forêts et le reste appartient à des établissements publics tels que le Conservatoire du littoral, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, l'Établissement public territorial de bassin Seine Grands Lacs, le PnrFO... Sur le territoire du Parc, 25 communes sont adhérentes aux Communes forestières de l'Aube, qui soutiennent la gestion durable et multifonctionnelle des forêts publiques en présentant le milieu forestier comme un atout du développement local. La gestion des forêts privées est quant à elle orientée par le Centre National de la Propriété Forestière (CNPf), placé sous la tutelle du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. Le CNPF agréé les documents de gestion durable, qui prévoient la gestion d'une propriété sur 10 à 20 ans, réalise des études et des expérimentations sur la forêt, et vulgarise les méthodes de sylviculture auprès des propriétaires.

Le Sonneur à ventre jaune est une espèce fortement liée aux activités sylvicoles et une bonne gestion forestière lui est favorable puisque les ornières, son habitat de prédilection lors de sa phase aquatique, sont formées par le passage des engins forestiers. Ainsi, la gestion forestière n'est pas incompatible avec la présence de Sonneurs à ventre jaune ; elle est même au contraire nécessaire (Jourdain, 2020b). Les pratiques sylvicoles de la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle semble d'ailleurs avoir eu un effet positif sur les populations de Sonneurs à ventre jaune en augmentant la quantité de sites de reproduction disponibles et a probablement freiné le déclin de l'espèce amorcé à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle dans un certain nombre de régions. En revanche, l'intensification de l'exploitation forestière débutée dans le courant des années 2000 a occasionné de profonds changements dans les pratiques de gestion forestière, conduisant progressivement à l'élimination de plus en plus systématique des ornières et des petites zones humides qui favorisaient la dynamique des populations et l'adaptation du Sonneur à ventre jaune dans les forêts de production françaises (Cayuela, 2021).

Avant l'existence des ornières, le Sonneur vivait dans des mares d'eau temporaires, des dépressions naturelles et des trous de souches provoqués par la chute de grands arbres. Selon une hypothèse, le Sonneur utilisait aussi originellement comme habitat les vallées inondables. Suite aux pressions anthropiques et à l'aménagement des fonds de vallées, l'espèce se serait repliée sur des habitats secondaires, principalement forestiers (Jacob et al., 2007 in Gillet, 2018). Les milieux forestiers seraient même devenus des habitats privilégiés pour le Sonneur car ils fournissent de nombreux refuges terrestres, et le couvert végétal réduit les risques de dessiccation des pièces d'eau (Pichenot, 2008). Pour les Sonneurs, les ornières représentent donc des lieux de refuge. Toutefois, leur dépendance à ces petits plans d'eau éphémères susceptibles de subir diverses altérations (comblement, assèchement, passage de véhicules) les rend particulièrement vulnérables (Barandun & Reyer, 1997). Ces enjeux confèrent aux gestionnaires forestiers une forte responsabilité dans le maintien des populations de Sonneur, qui se traduit notamment par l'entretien des ornières sur les

chemins forestiers. La gestion forestière est ainsi une composante essentielle de la problématique liée au Sonneur à ventre jaune. L'enjeu réside dans la mise en œuvre de pratiques de gestion forestière qui prennent en compte l'écologie et les exigences du Sonneur afin d'enrayer le déclin amorcé de ses populations.

Le PNA validé en 2011 préconisait trois actions prioritaires pour l'amélioration des pratiques agricoles, sylvicoles et d'exploitation de carrière, dont une qui concernait la réalisation d'un guide de prise en compte du Sonneur à ventre jaune en contexte forestier. En 2020, l'ONF et la DREAL Grand-Est ont rédigé ce guide à destination des propriétaires, gestionnaires, exploitants et usagers de la forêt. Il propose une série de préconisations pour conserver toutes les fonctionnalités nécessaires au Sonneur, et vise à concilier l'intégration des enjeux de préservation du Sonneur à ventre jaune et de ses habitats avec la gestion forestière (MTES, 2020).

Le Sonneur à ventre jaune est une espèce qui était, et qui est toujours dans une certaine mesure, méconnue du public et des décideurs. Au sein du PnrFO, un travail d'information, de sensibilisation et de communication a été effectué, en particulier avec l'ONF et le CNPF. En effet, la présence du Sonneur pouvant s'avérer contraignante pour les propriétaires et gestionnaires, la communication joue un rôle majeur dans la conservation de l'espèce. Des réunions sont organisées chaque année entre le PnrFO, l'ONF et d'autres acteurs professionnels de l'environnement afin de discuter de la conservation du Sonneur à ventre jaune sur les sites Natura 2000 et des préconisations de gestion, comme l'interdiction de circulation durant la période de reproduction, le rafraîchissement des ornières par passage d'engins en hiver, ou le fauchage de la végétation au sol.

## Problématiques

Au vu des enjeux de conservation lié au Sonneur à ventre jaune et la dépendance de l'espèce à certaines pratiques sylvicoles, les problématiques qui ont guidé mon étude sont les suivantes :

- **Quelle est la dynamique des populations de Sonneur à ventre jaune au sein des sites Natura 2000 forestiers du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient ?**
- **Comment adapter la gestion forestière sur ces sites afin de préserver les populations de Sonneur à ventre jaune ?**

## Hypothèses du stage

Les suivis effectués jusqu'à présent ont permis de révéler des déclins plus ou moins avancés sur certains sites. Quand un déclin est amorcé, il est très compliqué d'inverser la tendance en particulier s'il s'agit de petites populations isolées. On peut donc supposer que cette année, les résultats obtenus sur ces sites s'inscriront dans la continuité de ce déclin. En revanche, certaines mesures qui ont été mises en place dans des zones à enjeux les années précédentes, comme la création d'ornières compensatoires, peuvent permettre d'enrayer ce déclin voire d'obtenir un regain d'individus par rapport à l'année n-1.

Il est également important de prendre en compte les conditions météorologiques, qui constituent l'un des facteurs les plus influents sur la présence ou l'absence des Sonneurs à ventre jaune. Ce paramètre environnemental est donc à surveiller de près. On observe que depuis 2019, la saison de reproduction des Sonneurs est caractérisée par des épisodes de sécheresse inhabituels et répétés. En 2022, les conditions météorologiques ont été très chaudes pour un mois d'avril et la quasi-totalité des points d'eau étaient vides à cause du manque de pluie (Prevost de Harchies, 2022). En 2023, pendant les trois premières semaines, il n'y a eu aucune précipitation avant ou entre les sessions de capture, ce qui a engendré une baisse du niveau d'eau voire même un assèchement total des points d'eau (Le Morzadec, 2023). Une abondance ou au contraire un manque de précipitations jouera donc un rôle déterminant dans les résultats obtenus.

## IV – Missions et activités réalisées

### Matériel et méthode

#### Sites d'étude

Les sites étudiés font partie du réseau Natura 2000, désignés par les arrêtés du 17 octobre 2008 en Zones Spéciales de Conservation au titre de la Directive Habitats, Faune, Flore (Figure 10).

#### ZSC n°60 / N°FR2100305 « Forêt d'Orient »

Vaste massif forestier typique de la Champagne humide, la ZSC « Forêt d'Orient » possède plusieurs associations forestières (chênaies-charmaies mésotrophes, forêts riveraines linéaires à frênes) et des mares forestières à végétation acidophile, favorables à la présence du Triton crêté et du Sonneur à ventre jaune. 98% de la surface de la ZSC est occupée par des milieux boisés de feuillus. Elle s'étend sur une superficie de 6 135 hectares et regroupe dix communes (MNHN & OFB, 2003-2024).

#### ZSC n°64 / N°FR2100309 « Forêts et Clairières de Bas-Bois »

La ZSC « Forêts et Clairières de Bas-Bois » est formée d'un ensemble exceptionnel de forêts humides, plus ou moins inondables, sur marne et argile. Cet ensemble n'a pas d'équivalent en Champagne-Ardenne. Elle présente également de grandes clairières marécageuses résultant de l'abandon d'anciennes prairies (Molinaies à *Viola elatior*), ainsi que des petits étangs mésotrophes et fossés marneux propices au Sonneur à ventre jaune. D'une superficie de 2 846 hectares, elle s'étend sur sept communes (MNHN & OFB, 2003-2024).

Le protocole de Capture-Marquage-Recapture s'effectue sur cinq sites (Figure 11).

Dans la ZSC « Forêt d'Orient » :

1. La **Ligne des Chaussons (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)** est une sommière forestière d'une longueur de 480 mètres. Elle a été suivie par les étudiants du Master 1 Biodiversité, écologie et évolution de l'Université Paris-Saclay, Sorbonne Université et du Muséum national d'histoire naturelle de 2013 à 2023. Cette année, ils ont décidé de ne pas effectuer leur suivi sur ce site, entre autres car la pression exercée par un groupe de 6-7 étudiants sur le milieu pourrait potentiellement aggraver, voire être une cause du déclin constaté de la population de Sonneur du site.
2. Le **Site des Belles Ventes (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)**, suivi depuis 2019, comprend la ligne des Belles Ventes qui est une sommière forestière d'une longueur de 1 400 mètres, ainsi qu'un ru forestier, d'une longueur de 200 mètres, qui sert de refuge aux Sonneurs par temps très sec. Ce site est voisin de la Ligne des Chaussons : les deux sommières sont parallèles et éloignées de 430 mètres. Bien que ces deux sites soient proches, par le passé ils ne semblaient pas être connectés. En 2020, il avait été montré qu'un seul individu sur 377 s'était déplacé d'un site à l'autre entre deux années (Jourdain, 2020a), alors même que cette distance pourrait être parcourue en une journée (Pichenot, 2008). Cependant, en 2021, cinq individus observés aux Belles Ventes avaient immigré depuis la ligne des Chaussons (Chrétien, 2021). Les deux populations sont donc potentiellement mieux connectées que ce qui avait été estimé par le passé (Prevost de Harchies, 2022). Cette année, c'est les étudiants des universités Paris-Saclay et Sorbonne qui ont effectué les trois sessions de suivi, avec mon assistance.
3. Le **Site des Ornières du Virage (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)** est situé au sein de la Réserve naturelle nationale de la Forêt d'Orient. Il est suivi depuis 2018 par le conservateur de la RNNFO avec l'aide du stagiaire chargé du suivi Sonneur. Ce site est constitué d'un réseau d'ornières forestières et d'une petite mare bien exposée.
4. Le **Site de Maurepaire (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)**, suivi depuis 2020, comprend le chemin communal de Maurepaire, d'une longueur de 1 530 mètres. Depuis 2021, le site a été agrandi afin d'y intégrer des points d'eau situés au nord-ouest du site qui constituent deux importants sites de repos et où près de la moitié des individus se trouvaient.

Dans la ZSC « Forêts et Clairières de Bas-Bois » :

5. Le **Site des Loges-Lavards (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)**, suivi depuis 2020, est constitué de trois chemins forestiers (une partie de la Voie des Loges, du Cordon des Lavards, et une sommière qui les relie) pour une longueur totale de 1 000 mètres.

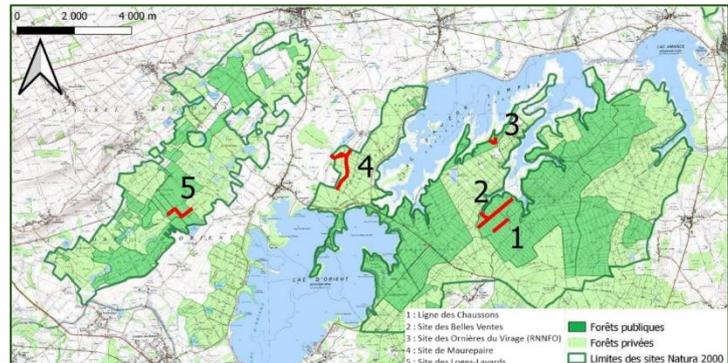
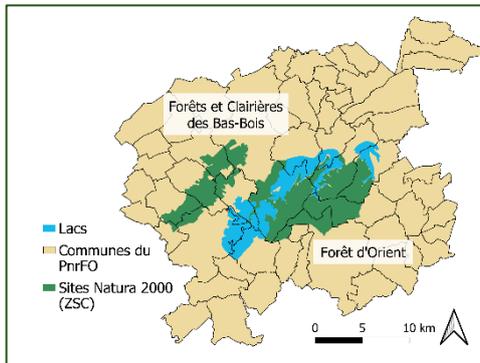


Figure 11 Localisation des ZSC n°60 et n°64 (Chrétien, 2021) Figure 12 Localisation des sites de CMR au sein du PnrFO (Chrétien, 2021)

### Méthode du suivi par capture-marquage-recapture

La méthode de CMR consiste à réaliser des sessions de capture d'individus, répétées dans le temps sur une zone définie avec plusieurs passages (au moins deux), en effectuant un marquage individuel (ou autre système d'identification), puis un relâché des individus (ONF-MEDDE, 2016). Chez le Sonneur, le « marquage » des individus consiste à prendre en photo leur plastron ventral car celui-ci est propre à chaque individu et stable dans le temps. Cette technique a l'avantage d'être moins intrusive et stressante pour l'individu que d'autres techniques de marquage (amputation, bagage, pose de transpondeurs...).

### Matériel utilisé

Lors des sessions de capture, le matériel utilisé est le suivant (Figure 12) :

- 1 paire de bottes
- 2 seaux avec couvercles
- 1 épuisette
- Fiches de relevé de terrain, stylo et support
- 1 appareil photo
- Virkon et pulvérisateur
- 1 boîte à gants en vinyle ou en latex non-poudrés
- 1 pied à coulisse
- 3 boîtiers CD avec papier millimétré coloré selon le stade (jaune / vert / rose)
- 1 chiffon
- 1 sac poubelle



Figure 13 Matériel de terrain pour le protocole de CMR

### Protocole sanitaire

Les amphibiens sont très vulnérables aux maladies du fait de leur peau fragile qui constitue leur unique ligne de défense contre les infections extérieures. A l'échelle mondiale, c'est une des raisons principales de leur déclin. La Chytridiomycose en particulier, qui est une maladie infectieuse provoquée par le champignon *Batrachochytrium dendrobatidis* (Dejean et al., 2010b), se propage par voie aquatique et décime les populations d'amphibiens. Lorsqu'un individu est infecté, il répand cette infection dans toutes les mares où il se rend. Afin de limiter sa propagation, toute intervention de terrain se doit de respecter un protocole d'hygiène (Dejean et al., 2010b) :

- Préparer dans un pulvérisateur une solution désinfectante de Virkon® à 1% (10g/L d'eau).
- En fin de session, pulvériser la solution de Virkon® sur l'ensemble du matériel ayant été au contact de l'eau ou des Sonneurs (bottes, seaux, épuisette, boîtiers et pied à coulisse). Laisser agir et sécher pendant cinq minutes.
- Utiliser des gants à usage unique non poudrés pour manipuler les Sonneurs. Changer de gants entre chaque point d'eau.
- Placer les gants jetables dans un sac poubelle et pulvériser du Virkon® à l'intérieur avant de le jeter.
- Désinfecter les vêtements utilisés sur le terrain par un lavage en machine à 60° C.

### Étape n°1 – Récolte des données sur le terrain

Au PnrFO, le protocole établi consiste à réaliser les sessions de capture lors du pic de reproduction des Sonneurs, entre le 15 mai et le 15 juin. Pour chaque site, trois sessions de capture sont réalisées, durant trois jours d'affilée de préférence afin d'éviter les migrations d'individus entre les sessions. Cependant, il vaut mieux décaler une session si les conditions météorologiques sont trop mauvaises car la température, les précipitations et la force du vent affectent les probabilités de détection (ONF-MEDDE, 2016), qui sont maximales (> 75%) entre 23 et 26° C (Cayuela et al., 2015).

Même si les sessions n'ont pas lieu exactement aux mêmes dates chaque année, on veille à respecter autant que possible l'ordre de suivi des sites : la ligne des Chaussons, puis le site des Belles Ventes, suivi du site des Ornières du Virage, du site de Maurepaire, et enfin du site des Loges-Lavards.

Chaque session de capture est réalisée de la façon suivante :

1. Le protocole sanitaire de Dejean (2010) doit être respecté avant, pendant et après la session.
2. Sur chaque point d'eau, tous les Sonneurs contactés sont capturés et placés dans un premier seau avec un fond d'eau afin d'empêcher le dessèchement des individus. Le seau est couvert afin d'éviter que les individus ne s'échappent pendant les manipulations.
3. Chaque Sonneur est :
  - **Sexé** par observation de la présence (mâle) ou de l'absence (femelle ou sexe indéterminé, selon la taille) de callosités noires ou brunes sur l'intérieur des pouces et des avant-bras ;
  - **Mesuré** (du bout du museau au cloaque) à l'aide d'un pied à coulisse afin de déterminer leur stade de développement (juvénile / subadulte / adulte).

*Les stades sont définis en fonction de la taille des individus comme suit : < 28 mm : juvénile ; 28 à 35 mm (mâle) ou 36 mm (femelle) : subadulte ; au-dessus de ces valeurs : adulte (ONF-MEDDE, 2016).*

- **Photographié** en plaçant le Sonneur sur le dos dans un boîtier CD, de sorte que sa face ventrale soit plaquée contre le plastique transparent du boîtier. Sur l'arrière des boîtiers, un fond de couleur millimétré a été fixé : jaune pour les juvéniles, vert pour les subadultes et rose pour les adultes (Figure 14).



*Figure 14 Sonneur à ventre jaune subadulte placé sur le dos dans un boîtier CD au fond vert*

4. Après qu'un individu ait été traité, il est placé dans un second seau. Lorsque tous les individus ont été traités, ils sont relâchés dans le point d'eau.
5. Les données récoltées sont notées sur la fiche de relevé et saisies sur GeoNature directement sur le terrain via l'application Occtax.
6. Le site et les conditions météorologiques sont ensuite décrits : température atmosphérique, ensoleillement, type d'habitat, végétation, présence d'autres amphibiens, photographie du site...

### Étape n°2 – Photo-identification avec le logiciel « HotSpotter »

Cette étape permet d'estimer la taille de la population. On part du principe que la population est close entre la première et la dernière session de capture (pas de naissances, décès ou migrations entre les sessions) car elles sont très rapprochées dans le temps. Pour chaque site, la méthode est la suivante :

→ Recadrage et renommage des photos obtenues lors des trois sessions de capture

Les individus de la première session sont nommés : IND\_X avec X allant de 1 à n (n = effectif total d'individus capturés lors de la session). Les photos des sessions suivantes sont renommées selon le même principe, mais avec les préfixes IN\_X pour la session 2 et I\_X pour la session 3. Ce nommage aide au triage par ordre alphanumérique par HotSpotter.

→ Comparaison intra-annuelle des photos en utilisant le logiciel HotSpotter

→ Pour chaque Sonneur : attribution d'une ligne de tableur sur Excel, contenant chacun des noms temporaires de l'individu pour chaque session de capture (soit 3 noms au maximum), ainsi que son nom final sous la forme AAAA\_BB\_CC (Tableau 1), correspondant à :

- AAAA : année de capture
- BB : initiales du site
- CC : numéro de l'individu

Tableau 1 Exemple de quelques lignes d'un tableur avec les noms des individus après comparaison intra-2024 des photos du site des Belles Ventes

Nom définitif	Noms temporaires		
	Nom session 1	Nom session 2	Nom session 3
2024_BV_01	IND_01	IN_33	I_40
2024_BV_02	IND_02	IN_32	
2024_BV_03	IND_03		I_41

→ Tri des photos en gardant un seul exemplaire de chaque individu pour composer la base de données de photos de l'année

→ Comparaison des photos de l'année avec les photos des années précédentes (base de données générale des individus) en utilisant HotSpotter

Lorsqu'un individu de l'année n est retrouvé dans les années n-x, ceux-ci sont regroupés. Les nouveaux individus sont renommés avec un code unique spécifique à chaque individu identifié toutes années confondues avec les initiales du site et le numéro d'individu tels que MAU\_54, LO\_46, BV\_36 ou bien CHA\_41. Dans un tableur « histoire de capture », les individus capturés pour la première fois sont ajoutés sur de nouvelles lignes, tandis que pour les individus recapturés, on met à jour la ligne correspondant à l'individu en ajoutant son identifiant de l'année n.

## Présentation et analyse des résultats

### Ligne des Chaussons

Cette année marquait la douzième année de suivi par CMR du site de la ligne des Chaussons. Les trois sessions de capture se sont déroulées les 22, 23 et 24 mai (Annexe 5). Les conditions météorologiques étaient plus favorables que les deux années précédentes qui avaient été caractérisées par des sécheresses importantes. Les ornières étaient donc bien remplies cette année avec une trentaine de points d'eau. Toutefois, les sessions ayant été réalisées par temps nuageux voire orageux avec des températures non optimales pour les Sonneurs (17-18°C), leur détectabilité a pu être réduite. Cela pourrait d'ailleurs en partie expliquer pourquoi, alors que le nombre d'individus identifiés est un peu plus élevé cette année que l'année dernière, le nombre d'événements de capture est quant à lui bien plus bas (Figure 15). De plus, l'effort d'échantillonnage était amoindri cette année comparé aux années précédentes où le site était suivi par un groupe d'étudiants de master.

Au total, 54 événements de capture ont été réalisés permettant d'identifier 34 individus, avec une répartition par stade homogène (11 juvéniles, 11 subadultes et 12 adultes) et un sex-ratio mâles égal à 0,42 pour un sex-ratio femelles de 0,58.

Depuis 2013, on constate une diminution du nombre total d'individus identifiés. Avec 67 individus en 2013, on en compte cette année moitié moins. L'année 2018 avait connu une forte augmentation par rapport aux années 2015-2016-2017, mais les chiffres ont de nouveau chuté depuis 2019. Les résultats ont été particulièrement bas en 2020 et 2021

avec seulement 18 individus identifiés dont aucun juvénile. Depuis 2022, les effectifs semblent se stabiliser autour d’une trentaine d’individus. Bien qu’on observe un léger regain par rapport à 2023, l’effectif de cette année fait tout de même partie des effectifs les plus bas depuis le début du suivi (Figure 15 ; Tableau 2).

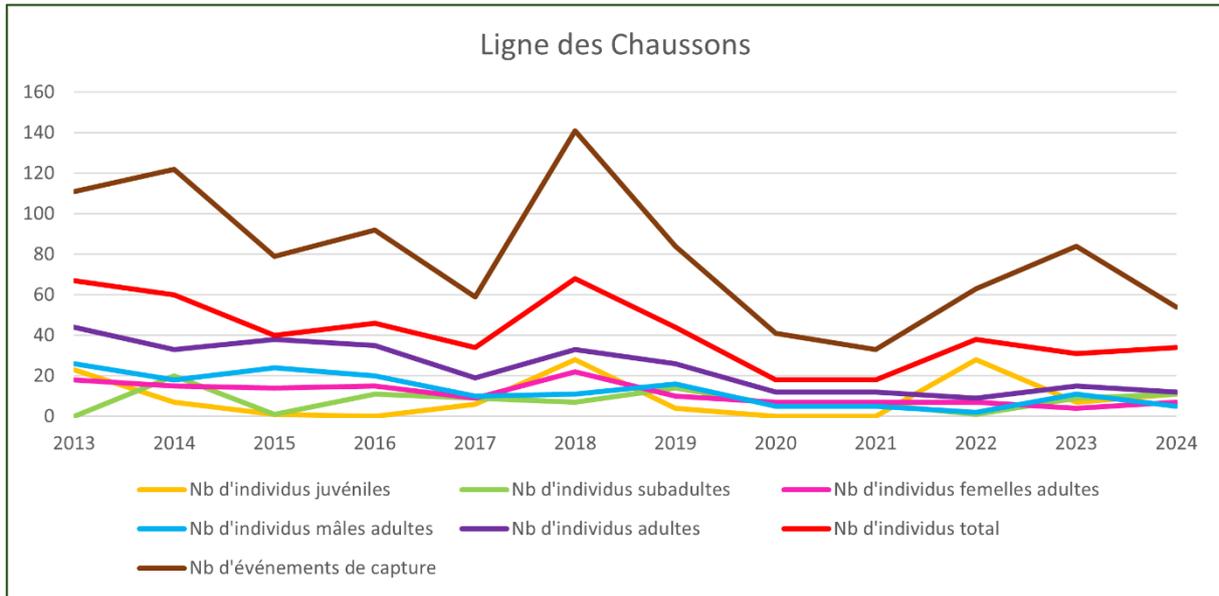


Figure 15 Evolution des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur la ligne des Chaussons de 2013 à 2024

Tableau 2 Détail des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur la ligne des Chaussons de 2013 à 2024

Années	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Nb d'individus juvéniles	23	7	1	0	6	28	4	0	0	28	7	11
Nb d'individus subadultes	0	20	1	11	9	7	14	6	6	1	9	11
Nb d'individus femelles adultes	18	15	14	15	9	22	10	7	7	7	4	7
Nb d'individus mâles adultes	26	18	24	20	10	11	16	5	5	2	11	5
Nb d'individus adultes	44	33	38	35	19	33	26	12	12	9	15	12
Nb d'individus total	67	60	40	46	34	68	44	18	18	38	31	34
Nb d'événements de capture	111	122	79	92	59	141	84	41	33	63	84	54

Parmi les 34 individus capturés cette année, 14 ont été identifiés comme des recaptures d’années précédentes grâce à l’analyse de la base de données via le logiciel HotSpotter. 20 individus, dont les 11 juvéniles, sont donc de nouvelles captures.

En comparant les photos de cette année avec la base de données du site voisin des Belles Ventes, il a été mis en évidence que trois individus capturés sur la ligne des Chaussons cette année avaient été capturés sur les Belles Ventes lors d’années précédentes (Tableau 3).

Tableau 3 Individus capturés en 2024 sur la ligne des Chaussons ayant été capturés les années précédentes sur le site des Belles Ventes

	ID Belles Ventes	Année(s) capture Belles Ventes	ID Chaussons	Année(s) capture Chaussons
Migration	BV_35	2019-2020-2021	CHA_282	2023-2024
Belles Ventes	BV_92	2021	CHA_302	2024
→ Chaussons	BV_136	2023	CHA_303	2024

### Site des Belles Ventes

Pour sa sixième année de CMR, le site des Belles Ventes a été suivi cette année par les étudiants des universités Paris-Saclay, Sorbonne et du MNHN, qui se déplacent à une date préalablement établie. Les trois sessions de terrain se sont donc déroulées les 13, 14 et 15 mai (Annexe 5).

Les effectifs observés étaient en hausse jusqu'en 2021, passant de 47 à 66 individus identifiés, avant de chuter drastiquement en 2022 (Figure 16). En effet, la présence d'uniquement deux points d'eau sur l'ensemble du site due à un comblement des ornières n'a permis d'identifier que 17 individus dont seulement 7 adultes (Tableau 4) (Prevost de Harchies, 2022). Les effectifs ont un peu augmenté en 2023 mais en restant toujours bien plus faibles que ceux des années antérieures, à cause du manque de précipitations et de l'assèchement des ornières (Le Morzadec, 2023).

Cette année, 103 événements de capture ont été réalisés et 56 individus ont été identifiés, plus du double de l'année dernière, ce qui permet de retrouver un effectif identique à celui de 2020. Parmi ces 56 individus on compte 3 juvéniles, 12 subadultes et 41 adultes, et un sex-ratio mâles égal à 0,41 pour un sex-ratio femelles de 0,59 (Figure 16 ; Tableau 4).

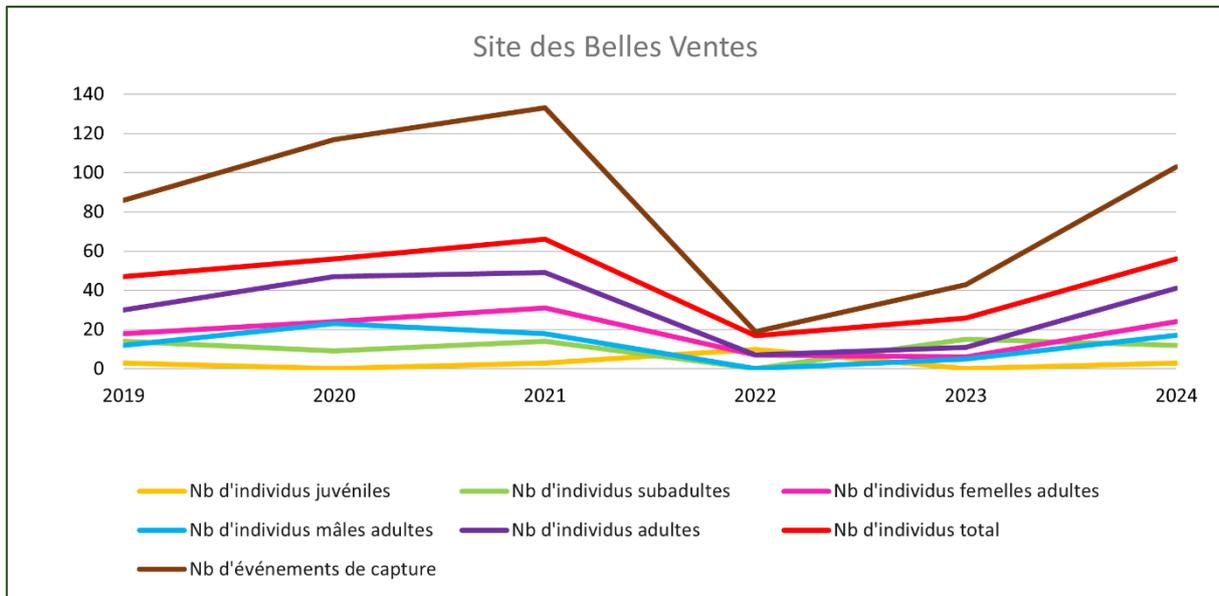


Figure 16 Evolution des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur le site des Belles Ventes de 2019 à 2024

Tableau 4 Détail des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur le site des Belles Ventes de 2019 à 2024

Années	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Nb d'individus juvéniles	3	0	3	10	0	3
Nb d'individus subadultes	14	9	14	0	15	12
Nb d'individus femelles adultes	18	24	31	7	6	24
Nb d'individus mâles adultes	12	23	18	0	5	17
Nb d'individus adultes	30	47	49	7	11	41
Nb d'individus total	47	56	66	17	26	56
Nb d'événements de capture	86	117	133	19	43	103

Cette année, aucun individu n'a été observé au niveau du ru forestier. Cela s'explique par le fait qu'il ne s'agit pas du milieu de prédilection du Sonneur, qui s'en sert plutôt comme lieu de refuge lors d'épisodes de sécheresse. Or cette année, les précipitations abondantes ont permis aux ornières d'être en eau sur l'ensemble de la ligne des Belles Ventes.

En comparant les photos de cette année avec la base de données du site voisin de la ligne des Chaussons, il a été mis en évidence que quatre individus capturés sur le site des Belles Ventes cette année avaient par le passé été capturés sur la ligne des Chaussons (Tableau 5).

Tableau 5 Individus capturés en 2024 sur le site des Belles Ventes ayant été capturés les années précédentes sur la ligne des Chaussons

	ID Chaussons	Année(s) capture Chaussons	ID Belles Ventes	Année capture Belles Ventes
Migration Chaussons → Belles Ventes	CHA_275	2023	BV_155	2024
	CHA_142	2016-2017	BV_159	2024
	CHA_250	2022	BV_163	2024
	CHA_273	2023	BV_168	2024

Parmi les 56 individus identifiés, 29 sont des recaptures d'années précédentes, et 27 sont des nouvelles captures.

### Site des Ornières du Virage

Suivi par CMR par le conservateur de la RNN de la Forêt d'Orient pour la septième année consécutive, les sessions de capture du site des Ornières du Virage étaient prévues du 22 au 24 mai. Or lors de la première session, un seul individu a été observé sur le site. Les nouveaux passages effectués début juin et début juillet n'ont pas été plus fructueux, avec seulement 4-5 individus observés. Le protocole CMR n'a donc pas été effectué sur ce site cette année.

### Site de Maurepaire

Cette année marquait la cinquième année de suivi par CMR du site de Maurepaire. Les trois sessions de capture se sont déroulées les 5, 6 et 7 juin avec des conditions météorologiques plutôt optimales (ensoleillé, 21-23°C) (Annexe 5).

En 2020, lors de la première année du suivi par CMR sur ce site, seul le chemin communal avait été échantillonné. En 2021, des prospections aux alentours de ce chemin ont permis de repérer d'autres sites interconnectés où le Sonneur était présent (sites de repos) à moins de 500 mètres du chemin communal (Chrétien, 2021). Le site de CMR a donc été agrandi afin d'y inclure ces points d'eau. En conséquence, un nombre nettement supérieur d'individus a été observé en 2021 : 98 contre 61 en 2020 (Figure 17 ; Tableau 6). Un même individu avait été contacté le premier jour sur le chemin communal et le troisième jour sur le site de repos le plus éloigné du chemin, ce qui montre que les points d'eau ajoutés sont bien connectés à ceux du chemin communal, et qu'il est donc nécessaire d'inclure ces sites dans le suivi par CMR. En 2023, suite à une mauvaise lecture de carte, seul le chemin communal a été suivi, ce qui explique le nombre plus faible d'individus identifiés qu'en 2022. Cependant, il reste bien supérieur à celui de 2020 où le périmètre de prospection était le même.

Cette année, 333 événements de capture ont été réalisés permettant d'identifier 177 individus, l'effectif le plus élevé depuis le début du suivi, dont 129 juvéniles, 15 subadultes et 33 adultes, avec un sex-ratio mâles égal à 0,33 pour un sex-ratio femelles de 0,67 (Tableau 6). On observe donc une tendance à la hausse.

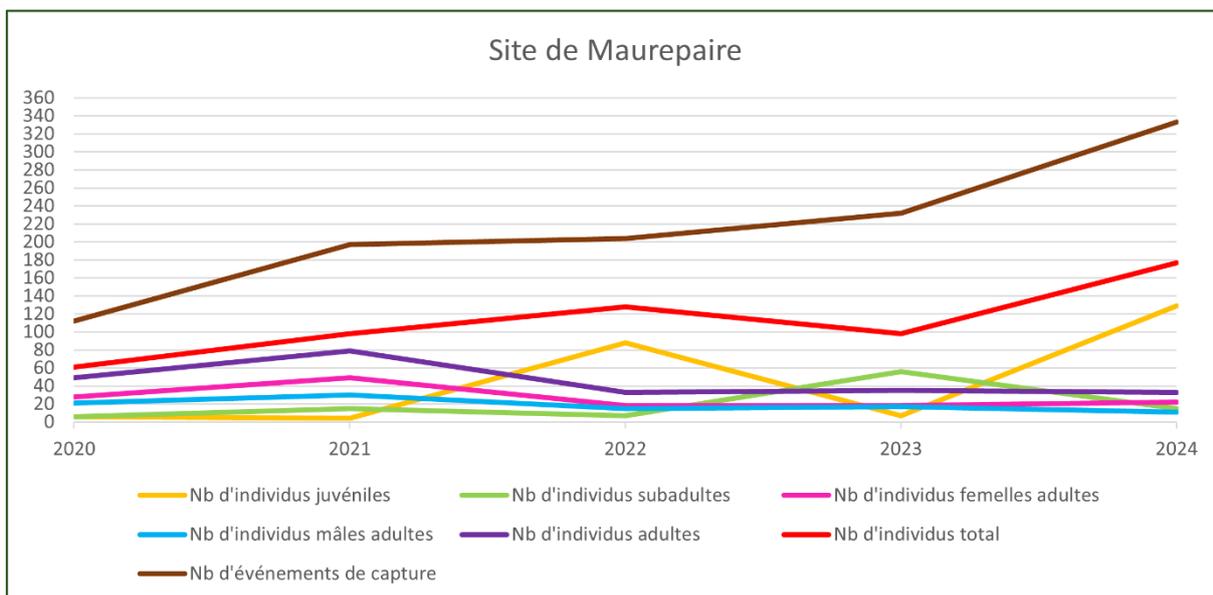


Figure 17 Evolution des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur le site de Maurepaire de 2020 à 2024

Tableau 6 Détail des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur le site de Maurepaire de 2020 à 2024

Années	2020	2021	2022	2023	2024
Nb d'individus juvéniles	6	4	88	7	129
Nb d'individus subadultes	6	15	7	56	15
Nb d'individus femelles adultes	28	49	18	18	22
Nb d'individus mâles adultes	21	30	15	17	11
Nb d'individus adultes	49	79	33	35	33
Nb d'individus total	61	98	128	98	177
Nb d'événements de capture	112	197	204	232	333

Cette année, le nombre de juvéniles constitue près des trois quarts du nombre total d'individus identifiés. Les données des juvéniles sont un facteur pouvant rapidement inverser la tendance évolutive de la population. Ainsi, en prenant seulement en compte les effectifs des adultes et subadultes, l'augmentation de la population constatée sur le premier graphique semble plus relative (Figure 18).

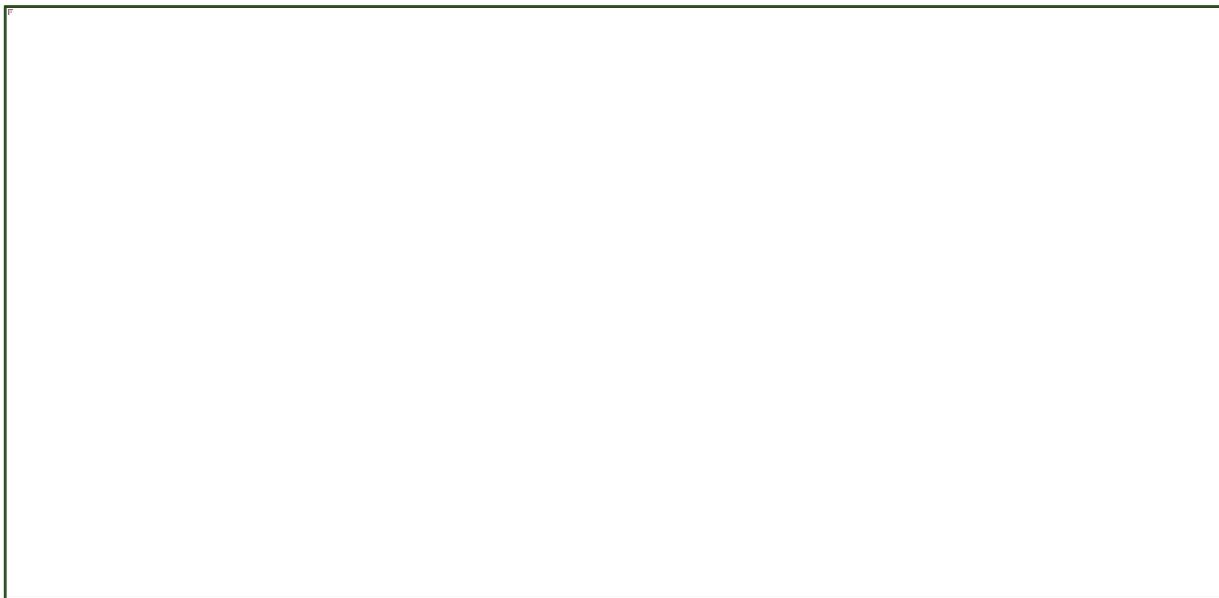


Figure 18 Evolution des effectifs d'individus identifiés et d'événements de capture aux stades subadultes et adultes sur le site de Maurepaire de 2020 à 2024

En 2023, des ornières compensatoires ont été créées sur le site de Maurepaire afin de garantir des lieux de reproduction et de développement pour les pontes et les têtards (Le Morzadec, 2023). L'effectif spectaculaire de juvéniles (< 1 an) identifiés cette année peut être une preuve que les travaux ont été bénéfiques au bon déroulement de la reproduction des Sonneurs sur le site. En revanche, l'effectif d'adultes identifiés (33 individus) bien que stable par rapport aux deux années précédentes, est plus faible que ce à quoi on aurait pu s'attendre. En effet, en 2022 un effectif très élevé de juvéniles avaient été identifiés (88 individus), qui ont été en grande partie recapturés en 2023 au stade subadulte (56 individus). Cette année, on aurait donc dû avoir un nombre bien plus élevé d'individus adultes, ce qui n'a pas été le cas.

Parmi les 177 individus identifiés cette année, 23 sont des recaptures d'années précédentes. 154 individus, dont 128 juvéniles, sont des nouvelles captures.

### Site des Loges-Lavards

Cette année marquait la cinquième année de suivi par CMR du site des Loges-Lavards. Les trois sessions de capture ont eu lieu les 12, 13 et 14 juin (Annexe 5).

De 2020 à 2022, on constate une hausse des effectifs, passant de 25 individus identifiés en 2020 à 49 en 2022. Cependant en 2023, dû à l'assèchement des ornières, l'effectif diminue avec 33 individus identifiés (Figure 19 ; Tableau 7).

Cette année, 87 événements de capture ont été réalisés, permettant d'identifier 42 individus, dont 0 juvénile, 8 subadultes et 34 adultes, avec un sex-ratio mâles égal à 0,38 pour un sex-ratio femelles de 0,62 (Tableau 7). On a donc un regain d'individus par rapport à 2023, et également l'effectif d'individus adultes le plus élevé depuis le début du suivi (Figure 19).

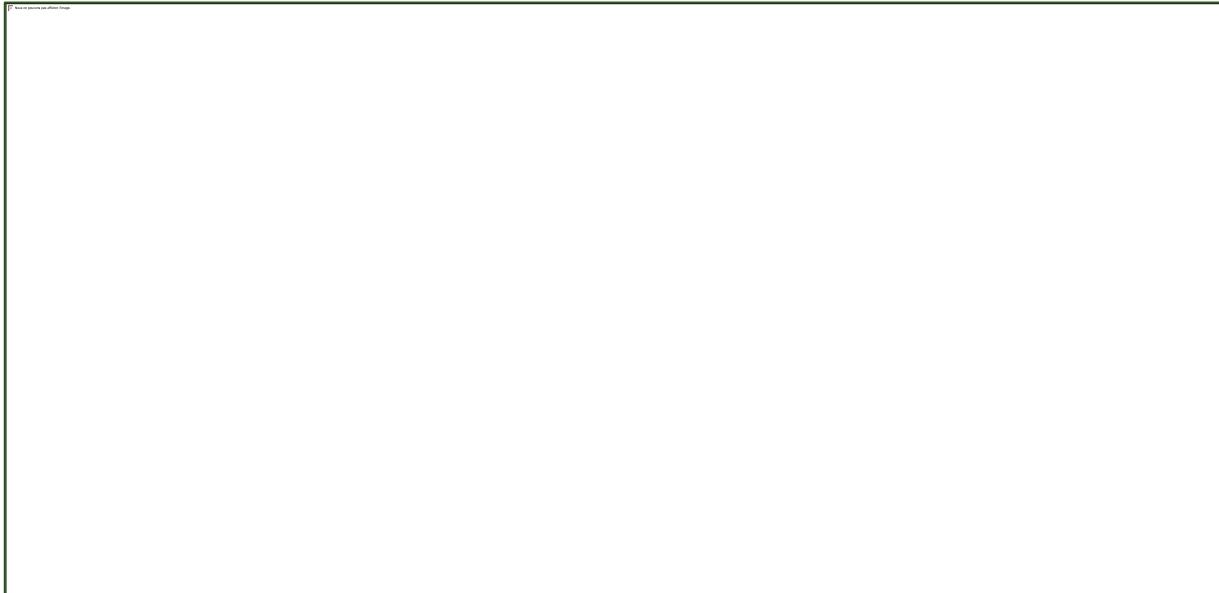


Figure 19 Evolution des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur le site des Loges-Lavards de 2020 à 2024

Tableau 7 Détail des effectifs de Sonneurs à ventre jaune capturés sur le site des Loges-Lavards de 2020 à 2024

Années	2020	2021	2022	2023	2024
Nb d'individus juvéniles	5	0	27	2	0
Nb d'individus subadultes	5	2	1	11	8
Nb d'individus femelles adultes	5	18	8	7	21
Nb d'individus mâles adultes	10	15	13	13	13
Nb d'individus adultes	15	33	21	20	34
Nb d'individus total	25	35	49	33	42
Nb d'événements de capture	48	80	105	60	87

Parmi les 42 individus identifiés, 19 sont des recaptures d'années précédentes, et 23 sont des nouvelles captures.

L'absence totale de juvéniles peut s'expliquer par les conditions très sèches de l'année dernière qui ont probablement impacté négativement le succès reproducteur des Sonneurs du fait de l'assèchement précoce des sites de ponte. Cette année, des pontes ont été observées dans les ornières, ce qui signifie qu'il y a bien eu de la reproduction.

En 2022, des travaux ont été réalisés sur la sommière enherbée entre la Voie des Loges et le Cordon des Lavards, qui était partiellement embroussaillée. La largeur initiale de la sommière a été restaurée afin que les ornières obtiennent un meilleur éclairage, et pour que les engins forestiers puissent contourner les sites de reproduction du Sonneur. Cette année, l'essentiel de la population se trouvait au niveau de cette sommière, ce qui peut laisser supposer un impact positif des travaux sur la population.

## Discussion

### Influence des conditions météorologiques

Cette année, le département a subi des précipitations très abondantes fin mars qui ont placé l'Aube en vigilance orange « crues » (L'Est éclair, 2024). En effet, 92,4 millimètres de pluie ont été enregistrés sur le mois de mars, ce qui constitue une augmentation de 101% en comparaison aux normales de 1991 à 2020. Sur le mois de mai, lors duquel a eu lieu les sessions sur le site des Belles Ventes et la ligne des Chaussons, 74,3 millimètres de pluie ont été enregistrés, comparé à

27,8 millimètres en 2023 et 14,8 millimètres en 2022. Sur le mois de juin, pour les sites de Maurepaire et des Loges-Lavards, 82,7 millimètres de pluie ont été enregistrés (Meteociel, 2004-2024).

Ces intempéries ont donc bien rempli les ornières, ce qui peut expliquer les meilleurs taux de capture dans l'ensemble comparés aux deux années précédentes. Une analyse sur le plus long terme sera cependant nécessaire pour conclure s'il s'agit d'une augmentation réelle de la population.

En revanche, ces conditions météorologiques ont également fait que très peu de sessions ont pu se dérouler avec des températures optimales pour la détectabilité des Sonneurs. Seule la première session du site des Belles Ventes (13 mai) et la deuxième session du site de Maurepaire (6 juin) étaient optimales avec une température de 23°C.

### Migrations entre la ligne des Chaussons et le site des Belles Ventes

Le Sonneur à ventre jaune a une faible capacité de déplacement et se disperse principalement au stade juvénile. Les déplacements saisonniers des adultes sont compris entre 20 et 190 mètres de distance avec des maxima compris entre 562 et 950 mètres (Pichenot, 2008 ; Chemin, 2011). En moyenne, le Sonneur reste dans un rayon de 800 mètres durant la totalité de sa vie (Hartel, 2008).

La ligne des Chaussons et le site des Belles Ventes étant espacés de moins de 500 mètres, les déplacements d'individus en cas de dégradation d'habitats sont plausibles, d'autant plus qu'un réseau hydrique est présent entre les deux sites (principalement sous la forme de rus temporaires et de voies forestières), ce qui pourrait servir habituellement de corridors préférentiels de déplacement (Cayuela et al., 2019). En 2020, un seul individu (parmi 377) avait été retrouvé à la fois sur la ligne des Chaussons et sur celle des Belles Ventes, ce qui avait amené le stagiaire de l'époque à considérer les deux stations comme proches mais très isolées (Jourdain, 2020a). Cependant en 2021, il a été montré que cinq des individus observés aux Belles Ventes avaient par le passé été observés aux Chaussons. De plus, cette année, c'est au total sept individus pour lesquels une migration entre la ligne des Chaussons et les Belles Ventes a été constatée. Bien qu'il ne s'agisse toujours que d'une poignée d'individus, les déplacements entre les deux sites sont moins rares que précédemment envisagé, et les deux populations semblent mieux connectées. On peut ainsi supposer que les populations de Sonneurs de la ligne des Chaussons et du site des Belles Ventes sont des populations ouvertes qui entretiennent des liens fonctionnels, et forment donc une **métapopulation**, même si cette dernière est peu dynamique. Cela entraîne un flux génétique qui peut permettre une meilleure diversité au sein des deux populations, ce qui représente un avantage évolutif pour des petites populations comme celles-ci, particulièrement vulnérables aux phénomènes d'isolement et de dérive génétique.

Il est intéressant de noter que ces déplacements s'effectuent dans les deux sens. La ligne des Chaussons est très végétalisée et en cours de fermeture au niveau de la canopée, ce qui offre un milieu moins favorable pour les Sonneurs que le site des Belles Ventes qui est plus large et plus ensoleillé. Cependant, cette couverture forestière moins dense expose davantage les Belles Ventes à la dessication de ses ornières lors d'épisodes de sécheresse, qui ont été très marqués notamment ces deux années précédentes. Sur la ligne des Chaussons, malgré les sécheresses de 2022 et 2023, 38 et 31 individus ont respectivement été identifiés, ce qui constituait une augmentation par rapport aux années 2020 et 2021. Au contraire, la population des Belles Ventes a chuté drastiquement en 2022 et 2023. Il est possible que, de manière épisodique, les conditions environnementales locales puissent entraîner certains individus à effectuer des échanges entre les deux sites.

### Disparition de la population du site des Ornières du Virage

La population sur le site des Ornières du Virage au sein de la RNNFO semble avoir quasiment disparu sans qu'une explication soit admise à ce jour. La prospection des points d'eau adjacents au site n'ont pas permis de trouver des Sonneurs et, leur capacité de déplacement étant très limitée, il est assez improbable que la population ait pu migrer plus loin. Bien que le milieu soit en fermeture et que cela puisse causer un déclin de la population de Sonneurs, il paraît également peu probable que ce seul facteur puisse causer une disparition abrupte et quasi-totale d'une année sur l'autre (33 individus identifiés en 2023). On peut toutefois relever qu'aucun individu adulte n'avait été capturé en 2023, alors qu'il y en avait 18 en 2022. On ne peut pas exclure la possibilité qu'une maladie ait décimé la population de Sonneurs de la réserve, même s'il ne s'agit pas non plus d'une hypothèse privilégiée. Le Sonneur à ventre jaune est porteur sain

de *Batrachochytrium dendrobatidis* dans certaines localités européennes (Dejean et al., 2010a) ainsi qu'en Alsace (Vacher et al., 2014). Jusqu'à présent aucune mortalité causée par la chytridiomycose n'a été détectée, mais le risque n'est pas inexistant (Vacher, 2013). L'hypothèse la plus probable pourrait être une cause double, entre non seulement l'impact non négligeable de la fermeture du milieu, mais également un impact lié à la pression conséquente d'ongulés sur le site, puisque les seuls individus trouvés cette année étaient dans une souille de sanglier.

### Impacts du protocole de Capture-Marquage-Recapture

Le suivi par CMR présente certaines limites, notamment en ce qui concerne la pression exercée sur le milieu, qui peut affecter la population étudiée. En effet, capturer, mesurer et photographier les individus trois fois par an peut induire du stress chez les animaux, et la recherche intensive d'individus risque de dégrader les habitats par le piétinement des bords ou même de l'intérieur des points d'eau. Toutefois, cette pression est minimisée, voire évitée, lorsque le suivi est réalisé par une personne seule, bien formée au protocole scientifique. Lors des suivis effectués en groupe avec les étudiants des universités parisiennes, un temps a été spécifiquement consacré à la sensibilisation et à la formation des participants avant les sessions de capture, afin de réduire les impacts potentiels.

### Préconisations de gestion forestière en faveur du Sonneur à ventre jaune

Au vu de la connexion entre la ligne des Chaussons et le site des Belles Ventes, des échanges avec l'ONF ont permis de soulever la question de leur gestion, à savoir s'il est judicieux de continuer à traiter les deux sites indépendamment ou non. Les sites des Belles Ventes et des Chaussons présentant des stades d'évolution différents, une gestion alternative pourrait permettre d'avoir des habitats plus hétérogènes, ce qui favoriserait la survie de la métapopulation lors de phénomènes météorologiques extrêmes.

Le déclin de la population de la ligne des Chaussons constitue un fort enjeu de gestion. Il serait nécessaire de recréer des ornières et d'effectuer un élargissement de la ligne sur certains secteurs pour limiter la fermeture du milieu et rétablir des habitats propices au Sonneur. Il ne s'agit pas pour autant de le rouvrir complètement, afin de préserver une mosaïque d'habitats entre la ligne des Chaussons et le site des Belles Ventes qui pourrait être bénéfique à la métapopulation.

La disparition de la population du site des Ornières du Virage étant potentiellement en partie due à la fermeture du milieu, quelques coupes peuvent être effectuées sur le site, ainsi que du réorniérage sur les petites ornières végétalisées. Afin d'éviter la fréquentation des ongulés, il pourrait être envisageable de placer des piquets autour de la mare à sanglier.

Des travaux pourraient également être envisagés sur la partie du site des Loges-Lavards située sur la voie des Loges (Annexe 4) qui est très ombragée et qui présente peu de points d'eau intéressants, si bien que cette année aucun Sonneur n'a été observé sur ce tronçon. Lors de la restitution des résultats CMR de cette année, un agent de l'ONF a proposé de restaurer un réseau de deux-trois mares forestières sur la voie des Loges.

Par ailleurs, il semble nécessaire que les travaux d'orniérage de l'ONF soient accompagnés d'une meilleure communication et d'une sensibilisation auprès du grand public concernant la problématique liée au Sonneur à ventre jaune, espèce encore méconnue, dans le but de répondre aux incompréhensions que ce type de travaux peut susciter. Pour cela, des affichages temporaires et déplaçables ou des panneaux pédagogiques pourraient être mis en place.

### Pistes d'évolution dans la réponse aux problématiques

Bien que les moyens déployés aient permis d'atteindre certains des objectifs fixés, un stage d'une durée plus longue aurait permis d'aller plus loin dans l'analyse des résultats, notamment en calculant les paramètres démographiques (taille de population, taux de survie) sur le logiciel MARK et en explorant la dynamique de population avec le logiciel R. Des inventaires hors protocole auraient également pu être réalisés afin d'affiner les connaissances concernant la répartition du Sonneur et potentiellement découvrir de nouveaux sites à enjeu. La collaboration avec les agents de l'ONF pour les suivis en forêt domaniale est bien engagée. Il serait toutefois pertinent de renforcer les efforts de coopération avec les propriétaires privés, afin de faciliter les études en forêt privée, qui représente le régime foncier majoritaire des forêts du PnrFO.

## Conclusion

Les conditions météorologiques ont été très favorables pour le Sonneur à ventre jaune cette année. Les précipitations abondantes ont permis la présence de nombreuses ornières en eau sur l'ensemble des sites suivis par CMR cette année, ce qui, comme supposé, s'est répercuté sur les résultats obtenus. En effet, on constate sur tous les sites une augmentation de l'effectif total des individus par rapport à l'année dernière. Parmi les quatre sites, une population est considérée en déclin avancé (Ligne des Chaussons), une semble relativement stable (Site des Belles Ventes) et les deux autres sont en hausse (Sites de Maurepaire et des Loges-Lavards). Le faible nombre d'individus détecté cette année sur le site de la RNNFO laisse penser que la population a quasiment disparu, possiblement dû à la fermeture du milieu ainsi qu'à la présence de sangliers. Les travaux effectués en 2023 sur le site de Maurepaire ainsi que ceux réalisés en 2022 sur le site des Loges-Lavards semblent avoir eu un impact positif sur les populations. La population du site de Maurepaire constitue la population la plus importante du PnrFO, avec 443 individus identifiés en cinq ans.

Il a été observé que les années précédentes, caractérisées par une sécheresse prononcée, ont produit de mauvais résultats. En revanche, cette année, marquée par une forte pluviométrie, des résultats nettement meilleurs ont été obtenus. Les conditions météorologiques, en plus de la qualité de l'habitat, semblent être un facteur clé pour le maintien de ces populations à long terme. Lors des prochains suivis, il serait pertinent d'examiner l'existence d'une corrélation entre les différents facteurs environnementaux (pluviométrie, températures, etc.) et le nombre d'individus. De plus, l'utilisation de modèles de prédictions climatiques permettrait d'estimer l'évolution des populations dans les années à venir.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aubry M., Aumaître D., Bellenoue S., Féminier C., Fizesan A. et al. (2021). Déclinaison Régionale Grand Est du Plan national d'actions 2021-2030 en faveur du Sonneur à ventre jaune, *Bombina variegata*. Agir pour la préservation des amphibiens. Centre permanent d'initiatives pour l'environnement du Sud Champagne, BUFO, Conservatoire des Espaces Naturels de Lorraine, DREAL Grand Est, 111p.
- Aumaître D. (2020). Le Sonneur à ventre de feu *Bombina bombina* (Linnaeus, 1760) en Lorraine : historique, synthèse des études et problématique. Conservatoire d'espaces naturels de Lorraine, Commission Reptiles et Amphibiens de Lorraine, DREAL Grand Est, 28p.
- Barandun J. & Reyer H-U. (1997). Reproductive ecology of *Bombina variegata*: characterisation of spawning ponds. *Amphibia-Reptilia*, vol.18 n°2, p.143-154.
- Beebee T.J.C. & Griffiths R.A. (2005). The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? *Biological Conservation*, vol.125 n°3, p.271-285.
- Beebee T.J.C. (1996). *Ecology and Conservation of Amphibians*. Chapman & Hall, 214p.
- Benavent A. (2005). Fiche espèce – Le Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*, Linné 1758). Diagnostic écologique pour le document d'objectif Rhin Ried Bruch de l'Andlau – Tome 2 : les Amphibiens, p.13-22.
- Bonnaire E., Grebeníčková J., Henry A. & Llanque C. (2009). Protection du Sonneur à ventre jaune et gestion forestière. Dossier Sonneur à ventre jaune, Bulletin de la Société d'Etude des Sciences naturelles de Reims n°23, p.39-44.
- Cayuella H., Bonnaire E., Pichenot J. & Besnard A. (2021). Gestion forestière et dynamique des populations de Sonneurs à ventre jaune (*Bombina variegata*) : synthèse bibliographique et mesures de conservation. Bulletin de la Société Herpétologique de France n°178, p.38-56.
- Cayuella H., Lambrey J., Vacher J.P. & Miaud C. (2015). Highlighting the effects of land-use change on a threatened amphibian in a human-dominated landscape. *Population Ecology*, vol.57 n°2, p.433-443.
- Ceballos G., Ehrlich P.R. & Dirzo R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *PNAS*, vol.114 n°30, p.E6089-E6096.
- Chauveau S. & Dusacre E. (2023). Episode 1/8 : Premiers pas en Forêt d'Orient. Au cœur des forêts, Podcast du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, Région Grand Est, <https://www.vodio.fr/vodiotheque/c/690/au-coeur-des-forets/>
- Chemin S. (2011). Plan National d'Actions en faveur du Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*) 2011 – 2015. Ministère de l'Ecologie, du développement Durable, des Transports et du Logement, ECOTER, DREAL Lorraine, 195p.
- Chrétien J. (2021). Suivi et gestion du Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*) en milieu forestier, sur deux Zones Spéciales de Conservation de l'Aube situées au sein du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient. Rapport de stage de Master 2 « Gestion de la Biodiversité », Université Toulouse 3 Paul Sabatier, Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, 59p.
- Collins J. (2010). Amphibian decline and extinction: What we know and what we need to learn. *Diseases of Aquatic Organisms*, vol.92 n°2-3, p.93-99.
- Dejean T., Miaud C. & Ouellet M. (2010a). La chytridiomycose : une maladie émergente des amphibiens. Bulletin de la Société Herpétologique de France n°134, p.27-46.
- Dejean T., Miaud C. & Schmeller D.S. (2010b). Protocole d'hygiène pour limiter la dissémination de la Chytridiomycose lors d'interventions sur le terrain. Bulletin de la Société Herpétologique de France n°134, p.47-50.
- Diaz S., Settele J., Brondízio E., Ngo H.T., Guèze M. et al. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 39p.

- DREAL Grand Est. (2020). Les ZNIEFF du Grand Est. Site web : <https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/les-znieff-du-grand-est-a18621.html>, mise à jour du 03 août 2022.
- Duguet R. & Melki, F. (2003). Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. Parthénope. Biotope, Mèze, 480p.
- Eggert C. (2022). Tout savoir sur le suivi des populations du Sonneur à ventre jaune. Compte YouTube de la Société nationale de protection de la nature, Vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=wUxM-aeP95o>
- Gardner T. (2001). Declining amphibian populations: a global phenomenon in conservation biology. *Animal Biodiversity and Conservation*, vol.24 n°2, p.25-44.
- Gaudin S. & Bonnaire E. (2009). Le Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*, Linné 1758), un amphibien discret de nos régions. Dossier Sonneur à ventre jaune, Bulletin de la Société d'Etude des Sciences naturelles de Reims n°23, p.19-24.
- Ghiurcă D. & Zaharia L. (2005). Data regarding the trophic spectrum of some population of *Bombina variegata* from Bacău county. *North-Western Journal of Zoology*, vol. 1, p.15-24.
- Gillet L. (2018). Analyse de la dynamique de populations réintroduites de Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*). Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master Bioingénieur en gestion de forêts et des espaces naturels, Liège Université Gembloux Agro-Bio Tech, 70p.
- Goniak B. (2018). Le crapaud à ventre jaune des Appenins (*Bombina pachypus*). Site web : [Especies-menacees.fr](https://www.especes-menacees.fr).
- Hartel T. (2008). Movement activity in a *Bombina variegata* population from a deciduous forested landscape. *North-Western Journal of Zoology*, vol. 4 n°1, p.79-90.
- Hartel T., Nemes S. & Mara G. (2007). Breeding phenology and spatio-temporal dynamics of pond use by the yellow-bellied toad (*Bombina variegata*) population: the importance of pond availability and duration. *Acta Zoologica Lituanica*, vol.17 n°1, p.56-63.
- Héron-Royer, L.-F. (1879). Note sur l'œuf et la première période embryonnaire du Pélodyte ponctué *Pelodytes punctatus* Dugès. *Bull. Soc. Zool. Fr.* 4: p.229-239.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. (2022). *Bombina variegata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2022, 12p.
- Jacob J.-P., Percsy C., de Wavrin H., Graitson E., Kinet T. et al. (2007). Amphibiens et Reptiles de Wallonie. Aves – Raîenne et Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois (MRW - DGRNE), Série « Faune - Flore - Habitats » n° 2, Namur, 384p.
- Jourdain M. (2020a). Etude de la répartition du Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*) et propositions de gestion en milieu forestier en faveur de l'espèce sur deux sites Natura 2000 du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient : « Forêts et Clairières des Bas Bois » et « Forêt d'Orient ». Mémoire de stage de Master 2 Gestion de l'Environnement, Gestion de la biodiversité dans les Ecosystèmes terrestres, Université de Rouen-Normandie, Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, 52p.
- Jourdain M. (2020b). Le suivi 2020 du sonneur à ventre jaune au Parc naturel régional de la Forêt d'Orient. Compte Facebook du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, Vidéo : <https://www.facebook.com/watch/?v=336866627295723>
- L'Est éclair. (2024). De la pluie, encore de la pluie... et des premières crues dans l'Aube. 3 avril 2024, <https://www.lest-eclair.fr/id586169/article/2024-04-03/de-la-pluie-encore-de-la-pluie-et-des-premieres-crues-dans-l-aube>.
- Langlois D. & Cayuela H. (2022). Un nouveau record mondial de longévité pour un anouère en conditions naturelles. *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, 179, p.50-53.

- Le Morzadec M. (2023). Etude de la répartition du Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*) et propositions de gestion en milieu forestier en faveur de l'espèce au sein du Pnrfo. Rapport de stage de Master 1 Biodiversité, Ecologie et Evolution, Université Catholique de l'Ouest – Angers, Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, 48p.
- Lescure J., Pichenot J. & Cochard P-O. (2011). Régression de *Bombina variegata* (Linné, 1758) en France par l'analyse de sa répartition passée et présente. Bulletin de la Société Herpétologique de France n°137, p.5-41.
- Melin M. (2013). Le Sonneur à ventre jaune : Un amphibien en déclin. Le Courrier de la Nature n°279, Société Nationale de Protection de la Nature, Novembre-Décembre 2013, p.34-39.
- Meteociel. (2004-2024). Données mensuelles de mai 2024. <https://www.meteociel.com/climatologie/climato.php?mois=5&annee=2024>.
- Miaud C. & Muratet J. (2004). Identifier les œufs et les larves des amphibiens de France. Institut national de la recherche agronomique, 200p.
- MNHN & OFB [Ed]. (2003-2024). Fiche de *Bombina variegata* (Linnaeus, 1758). Inventaire national du patrimoine naturel (INPN), Site web : <https://inpn.mnhn.fr>.
- Morand A. (1997). Stabilité relative des habitats de développement larvaire et de reproduction de *Bombina variegata* et *Bufo calamita* : l'insuffisance des modèles r-K et r-K-A. GEOBIOS, M.S. N°21, p.23-36.
- MTES (2020). PNA Sonneur à ventre jaune – Guide technique pour la prise en compte du Sonneur à ventre jaune en contexte forestier. Office National des Forêts, DREAL Grand-Est, 42p.
- Muratet J. (2008). Identifier les amphibiens de France métropolitaine : guide de terrain. ECODIV, 291p.
- ONF-MEDDE. (2016). Synthèse de la méthode de suivi de population par C.M.R. appliquée au Sonneur à ventre jaune. 23p.
- Parc naturel régional de la Forêt d'Orient. (2021). Charte Forestière de Territoire du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient 2021-2023. 118p.
- Pichenot J. (2008). Contribution à la Biologie de la Conservation du Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata* L.). Écologie spatiale et approche multi-échelles de la sélection de l'habitat en limite septentrionale de son aire de répartition. Thèse présentée pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Reims Champagne Ardenne Spécialité : Biologie de la Conservation, 191p.
- Prevost de Harchies A. (2022). Suivi du Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*, Linnaeus, 1758) et préconisations de gestion en milieu forestier en faveur de l'espèce sur deux sites Natura 2000 du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient : ZSC n°60 « Forêt d'Orient » et ZSC n°64 « Forêts et clairières des Bas bois ». Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du Master Ecologie Opérationnelle, Université Catholique de Lille, Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, 105p.
- Renoux C. (2011). Contribution à la biologie de la conservation du Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*) en Alsace : caractérisation écologique de son habitat et condition corporelle. Mémoire de stage de Master 2 Vie et Santé, Université de Strasbourg, Association BUFO, 29p.
- Sordello R. (2012). Synthèse bibliographique sur les traits de vie du Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata* (Linnaeus, 1758)) relatifs à ses déplacements et à ses besoins de continuités écologiques. Service du patrimoine naturel du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 8p.
- Stuart S.N., Chanson J.S., Cox N.A., Young B.E., Rodrigues A.S.L. et al. (2004). Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide. Science vol. 306, p.1783-1786.
- Thirion J-M. & Evrard P. (2022). Guide des reptiles et amphibiens de France. Ed. Belin, 231p.
- Toft C.A. (1985). Resource Partitioning in Amphibians and Reptiles. Copeia, vol.1985 n°1, p.1-21.

Toledo L. & Haddad C. (2009). Colors and Some Morphological Traits as Defensive Mechanisms in Anurans. *International Journal of Zoology*, vol.2009, 12p.

Trochet A., Hugon F., Lombardi A. & Besnard A. (2024) Suivi des amphibiens de France métropolitaine sur la période 2010-2023. Société herpétologique de France, 37p.

Vacher J-P. & Ursenbacher S. (2014). Structuration et caractérisation génétiques des populations de sonneur à ventre jaune *Bombina variegata* en Alsace. *BUFO*, 25p.

Vacher J-P. (2013). Le Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*) en Alsace : statut, menaces et plan régional d'actions. *Ciconia*, vol.37 n°1-2, p.52-62.

Vacher J-P., Miaud C. & Dejean T. (2014). Une nouvelle espèce pour la fonge d'Alsace : découverte de *Batrachochytrium dendrobatidis* Longcore, Pessier & Nichols, 1999 (Fungi : Rhizophydiales), champignon parasite des Amphibiens. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle et d'Ethnographie de Colmar*, vol. 71, p.39-48.