Collège Sciences & Technologies pour l'Energie et l'Environnement de la Côte Basque
Université de Pau et des Pays de l'Adour

Licence Professionnelle Métiers de la Protection et de la Gestion de l'Environnement
Parcours Biologie Appliquée aux Ecosystèmes Exploités

Etude de l'efficacité d'un crapauduc pour la préservation du Crapaud épineux *Bufo spinosus* dans un environnement semi-urbain : l'intérêt d'un suivi double, par pièges photographiques et bénévoles

BRILLAUD Capucine

Apprentissage effectué du 5 septembre 2022 au 7 septembre 2023 au Parc de l'Estuaire, un site des Echappées Nature de la Charente-Maritime - 47 avenue Paul Roullet 17110 SAINT-GEORGES-DE-DIDONNE
sous la direction de Mme Estelle GIRONNET, chargée de projet et garde du littoral

"Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise d'accueil"

Résumé :

En 2011, une importante mortalité de crapauds épineux a été identifiée au sein de l'ENS du Domaine de Suzac à Saint-Georges-de-Didonne, sur une route traversant un de leurs axes de migration de reproduction. Afin de les protéger, un crapaudrome a été installé jusqu'à sa pérennisation en 2022, avec la construction d'un crapauduc. Cet ouvrage présente l'originalité d'être situé en milieu semi-urbain, ce qui implique l'existence de divers accès ne permettant pas d'assurer l'herméticité totale de la zone. Afin d'évaluer la capacité de cet ouvrage et de ses différents éléments à limiter suffisamment la mortalité des crapauds pour assurer la pérennité de la population, deux suivis principaux ont été menés entre janvier et avril 2023. Le premier, un suivi des trois tunnels de franchissement par pièges photographiques, a permis de couvrir de larges périodes et d'obtenir de nombreuses données et a été complété par le second, un suivi sur le terrain effectué par des bénévoles. Un suivi complémentaire des grilles destinées à retenir les crapauds au niveau des accès a été effectué par piège photo. Les données obtenues ont permis de déterminer que 85 % de la population était captée par le dispositif et que les tunnels étaient également utiles à de nombreuses autres espèces de la faune locale. L'importance des zones de fuite hors du crapauduc a été caractérisée, afin de proposer des améliorations pour le rendre plus hermétique et accroître son efficacité. Une efficacité faible des grilles semble avérée pour les crapauds adultes, bien qu'elles permettent de retenir les crapelets. L'analyse de la phénologie migratoire a permis de vérifier que l'ouvrage ne perturbait pas la migration. Enfin, les taux de mortalité calculés permettent de dire que l'ouvrage semble déjà suffisamment fonctionnel pour protéger la population à long terme. Toutefois, malgré les avantages du suivi par pièges photos et l'implication des bénévoles, ces suivis n'ont pas pu être exhaustifs et leur reconduite en 2024 serait nécessaire afin de confirmer ces premiers résultats.

Mots clés : amphibiens, déclin, fragmentation, disparition, continuités écologiques, restauration, passage à faune, forêt, zones humides.

Remerciements :

Je remercie tout d'abord les différentes personnes du Département de la Charente-Maritime qui ont rendu possible cet apprentissage au sein du Parc de l'Estuaire : Madame Sylvie MARCILLY, Présidente du Département, Monsieur Stéphane CHEDOUTEAUD, Vice-président du Département en charge des Espaces Naturels Sensibles, Madame Marie-Pierre QUENTIN, Conseillère départementale du canton de Royan, Madame Sophie COLLIN, Directrice de la Direction de l'Environnement et de la Mobilité, Monsieur Jean-Christophe LE BRETON, Directeur adjoint de la Direction de l'Environnement et de la Mobilité, Madame Marie-Christine LACOSTE, Responsable du Service Espaces Naturels Sensibles et Madame Martine VEDRENNE, Responsable du Parc de l'Estuaire.

J'adresse aussi un immense merci à ma responsable d'apprentissage, Estelle GIRONNET, chargée de projet et garde du littoral, sans qui ni le projet de crapaudrome, ni cette place d'apprentissage n'auraient pu exister. Son engagement et sa persévérance ont permis de protéger plusieurs milliers de crapauds depuis 2012 et ont été essentiels pour que le crapauduc de Saint-Georges-de-Didonne voit le jour. Je la remercie aussi pour sa confiance, sa bienveillance et son soutien dans les différentes étapes de mon apprentissage. Les nombreux échanges que nous avons eus m'ont permis d'évoluer, d'enrichir mes points de vue et de prendre du recul sur certains sujets. Plus simplement, je la remercie d'avoir été une excellente responsable, de m'avoir permis de passer une très bonne année d'apprentissage et de travailler sur un sujet aussi passionnant que celui du crapauduc.

Je souhaite remercier les différentes personnes avec qui j'ai eu l'occasion de travailler dans le cadre de ma mission de suivi du crapauduc : Monsieur Eric MATHE, chargé de gestion des Espaces Naturels Sensibles, dont l'investissement et l'intérêt pour le suivi du crapauduc ont représenté un soutien essentiel tout au long de cette année. Monsieur Patrick ARSIVAUD, représentant territorial de la Direction des Infrastructures : le temps et l'énergie qu'il a consacré à la construction du crapauduc et à son suivi, l'intérêt qu'il a développé pour les crapauds et son humour ont été un réel atout pour le projet. De même, merci à Monsieur Patrick THIBAULT, responsable du service Etudes et Travaux de la Direction des Infrastructures, pour son investissement dans le projet de construction du crapauduc et lors de la proposition des pistes d'améliorations. Enfin, merci aux différentes personnes de la *COLAS*, l'entreprise de construction du Crapauduc, pour la qualité du travail qu'ils ont réalisé et pour leur investissement dans ce chantier.

Je tiens aussi à remercier particulièrement Monsieur Jean-Marc THIRION ainsi que Julie VOLLETTE, de l'association *OBIOS*. Leur travail depuis plusieurs années a grandement contribué à mieux connaître et à protéger les crapauds de Suzac (et plus largement la Nature du Domaine de Suzac) et a été une ressource riche pour mener à bien ce rapport. Les échanges avec Jean-Marc et son aide pour certaines identifications ont aussi été précieux.

Merci à Monsieur Pascal FOURNIER, directeur du GREGE, pour son aide et son expertise dans la mise en place du suivi par pièges photographiques et ses conseils tout au long du suivi.

Aux bénévoles ayant participé cette année au suivi du crapauduc, mais aussi à tous ceux ayant pris part à l'opération crapaudrome durant onze ans, ainsi qu'aux riverains de la Rue Jean Moulin qui se sont investis dans la protection des crapauds : un très grand merci. Ce sont aussi toutes ces personnes et leur motivation qui ont permis de protéger les crapauds depuis plusieurs années.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes extérieures à ce projet qui m'ont aidé et soutenu cette année : Léo, qui a fait preuve d'une patience et d'une compréhension sans faille. Ma famille, pour son soutien, ses encouragements et son intérêt pour mon apprentissage et ma mission autour du crapauduc. Audrey, dont l'amitié et l'humour et ont été très précieux. Un remerciement spécial à Monsieur Emmanuel Desaegher, professeur de pédologie, pour sa pédagogie et pour le rayon de soleil qu'il a été dans les moments les plus sombres de cette formation.

Avant-propos

Dans le cadre de sa compétence pour « *élaborer et mettre en œuvre une politique de protection, de gestion et d'ouverture au public des Espaces Naturels Sensibles* » attribuée aux départements par la loi du 18 juillet 1985, le département de la Charente-Maritime a choisi de valoriser et de faire connaître son réseau d'Espaces Naturels Sensibles grâce au label « *Echappées Nature* », qui rassemble au total 50 sites dits « prioritaires », pour une superficie de 54 000 hectares. Quatorze de ces Echappées Nature sont dotées d'une maison de site permettant d'accueillir du public, les autres sont en accès libre.

Le **Parc de l'Estuaire** de Saint-Georges-de-Didonne, au sein duquel mon apprentissage s'est déroulé, est la maison de site de l'Echappée Nature « ***Domaine de Suzac*** ». C'est aussi l'un des 4 ENS dont la gestion est assurée directement par le département.

Sa situation géographique, à l'embouchure de l'estuaire de la Gironde, permet la présence d'une grande diversité de milieux, qui accueillent une richesse de biodiversité particulièrement intéressante : plages, estran, falaises et pelouses calcicoles, zones humides mais aussi forêt littorale de pins maritimes et de chênes verts. Cet espace boisé de 300 hectares, la *Forêt de Suzac*, a été peu exploitée ou modifiée au cours de son histoire et n'a pas aujourd'hui de vocation sylvicole. Elle présente donc une dynamique rare et originale, comparativement à des boisements d'essences similaires, avec la présence notamment de très vieux chênes verts.

Les richesses naturelles du Domaine de Suzac ont permis d'intégrer une partie de son périmètre au sein du site Natura 2000 « *Estuaire de la Gironde* », identifié au titre de la Directive Habitats Faune Flore. Ce secteur fait aussi l'objet d'une zone de préemption au titre des Espaces Naturels Sensibles, qui s'étend sur les deux communes de Saint-Georges-de-Didonne et de Meschers-sur-Gironde.

Cette forêt constitue également un véritable « poumon vert », enclavé par les zones urbaines que constituent ces communes. Cette urbanisation croissante depuis plusieurs décennies a entraîné l'installation de centaines d'habitations, légales ou illégales, au sein de la forêt, menaçant l'intégrité de celle-ci à plusieurs niveaux. Pour cette raison, le Conservatoire du Littoral mène depuis 1982 une politique de renaturation sur cet ensemble forestier, par le biais d'acquisitions foncières. Il en possède aujourd'hui 152 ha, soit un peu plus de la moitié.

Afin d'assurer la gestion de ces acquisitions, une convention a été signée en avril 2022 entre le Conservatoire du littoral et le Département de la Charente-Maritime. Les missions liées aux parcelles Conservatoire du Littoral concernent la surveillance, la gestion des risques incendies, l'organisation des usages, etc. Elles sont assurées par Estelle Gironnet, chargée de projet pour le Parc et garde du littoral, qui a été ma responsable d'apprentissage.

Le Parc de l'Estuaire a donc pour missions de faire découvrir au grand public et aux scolaires cette importante richesse de milieux et la diversité d'espèces qu'ils abritent, de les sensibiliser à leur fragilité et aux menaces qui pèsent sur elles. Ces missions se traduisent sous la forme de jeux, d'animations ou d'expositions, principalement à l'intérieur du Parc (5 ha). Des activités sont proposées ponctuellement en extérieur, sur le Domaine de Suzac, comme des promenades commentées, des sorties crépusculaires ou des animations sur des thèmes bien spécifiques.

L'une d'elle, baptisée « ***Opération crapauds !*** » permet de faire découvrir au public l'importante population de crapauds épineux et les actions menées depuis plusieurs années par le Parc de l'Estuaire pour les protéger, avec la mise en œuvre d'un crapaudrome.

L'objectif de mon apprentissage a été de réaliser le suivi d'un nouveau dispositif de franchissement de route, mis en place pour pérenniser la protection de cette population de crapauds, afin d'en évaluer la fonctionnalité.

TABLE DES MATIERES

1 Introduction 1

1.1 Les amphibiens, un taxon particulièrement menacé 1
1.2 Présentation du Crapaud épineux *Bufo Spinosus* 2
1.3 Etang de la Briqueterie: une population de crapauds épineux d'importance nationale 3
1.3.1 Protection et étude de la population de la Briqueterie entre 2012 et 2022 3
1.3.2 Pérennisation de la protection en 2023 : un crapauduc particulier 3
1.4 Perspectives de l'étude 4

2 Matériels et méthodes 5

2.1 Caractérisation de l'importance de la migration annuelle 5
2.2 Vérification de la fonctionnalité des buses 5
2.2.1 Installation et gestion des pièges photographiques 5
2.2.2 Gestion, saisie et analyses des données 9
2.2.3 Données de fréquentation par d'autres taxons 10
2.3 Caractérisation de la perméabilité de l'ouvrage 10
2.3.1 Suivi des bénévoles sur le terrain : détermination des zones de fuite 10
2.3.2 Analyse de la fonctionnalité des grilles pour empêcher le passage des crapauds 12
2.4 Analyses de la fonctionnalité du crapauduc dans sa globalité 12
2.4.1 Etude des paramètres météorologiques 12
2.4.2 Etude de la phénologie de la migration 13
2.4.3 Comparaison des taux de crapauds captés par le dispositif à ceux ne l'ayant pas emprunté 13
2.4.4 Détermination du taux de mortalité 13

3 Résultats et discussion 14

3.1 Une migration de faible importance en 2023 14
3.2 Des buses bien adaptées au passage des crapauds et de la petite faune 14
3.2.1 Des éléments qui répondent à leur fonction première 14
3.2.2 Du crapauduc au passage à petite faune 16
3.3 Les points faibles identifiés 20
3.3.1 Des grilles non adaptées aux adultes 20
3.3.2 Caractérisation de la perméabilité par zones 21
3.4 Un ouvrage imparfait mais fonctionnel 23
3.4.1 Un crapauduc qui ne perturbe pas la phénologie de migration 23
3.4.2 Un niveau de protection suffisant pour la pérennité de la population 27

4 Conclusion 28

BIBLIOGRAPHIE 30

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 1 - *Positionnement de la zone du crapauduc et des buses entre les différents habitats du Crapaud épineux et matérialisation du sens de migration des adultes selon la période de reproduction et de dispersion des juvéniles*. 6
Figure 2 - *Dispositif de fixation installé à l'intérieur d'une buse*. 7
Figure 3 - *Schéma des systèmes de fixation des pièges photos dans les buses (avec potence réglable)*. 7
Figure 4 - *Plot de chantier au-dessus de l'entrée d'une buse, permettant de cacher les pièges photos et de limiter la pluie devant l'objectif*. 7
Figure 5 - *Crapelet sur le sol, illustration d'un camouflage très efficace*. 8
Figure 6 - *Présentation du secteur prospecté par les bénévoles lors du suivi 2023 et de ses 9 zones*. 10
Figure 7 - *Installation d'un piège photo pour évaluer la capacité des grilles à retenir les crapauds dans le dispositif*..... 12
Figure 8 - *Proportions (en %) de sorties hors du crapauduc, identifiées lors du suivi des bénévoles 2023, pour chacune des 9 zones de l'ouvrage*. 21
Figure 9 - *Variations des températures minimales et maximales au cours des suivis, entre le 6 janvier et le 6 avril*..... 24
Figure 10 - *Variations de la pluviométrie au cours des suivis, entre le 6 janvier et le 6 avril.* 24
Figure 11 - *Pics de migration identifiés par l'analyse issue du suivi effectué par les bénévoles, entre le 10 janvier et le 15 mars*. . 24
Figure 12 - *Pics de migration identifiés par l'analyse issue du suivi par pièges photos, entre le 6 janvier et le 7 avril*..... 24

Tableaux

Tableau 1 - *Caractéristiques des buses suivies (zone, dimensions et caractéristiques de recouvrement)*. 7
Tableau 2 - *Détail de la gestion des pièges photographiques pour chaque buse (dates et durée de l'étude, nombre de relevés, nombre et pourcentage des jours suivis sur la durée de l'étude et nombre de jours non suivis).* 8
Tableau 3 - *Nombre de passages de crapauds par buse et total de crapauds passés par les buses*. 14
Tableau 4 - *Proportions de passages dans chaque buse lors des 10 nuits les plus passantes (en %)*. 14
Tableau 5 - *Proportions de demi-tours et de passages effectifs dans chacune des 3 buses et moyenne des résultats (en %)*..... 15
Tableau 6 - *Classement des 22 espèces ayant fréquenté le crapauduc entre le 6 janvier et le 9 août 2023 selon leur rang, déterminé en fonction de leur nombre de passages*. 17
Tableau 7 - *Présentation pour chaque buse du nombre d'espèces identifiées sur les 21 répertoriées lors du suivi et nombre de passages toutes espèces confondues*..... 18
Tableau 8 - *Détail des pics migratoires identifiés par l'analyse du suivi par pièges photos (dates et durée des pics, proportions de passages par pics, entre les pics et total de passages cumulés après chaque pic en %)*..... 25
Tableau 9 - *Détail des pics migratoires identifiés par l'analyse du suivi effectué par les bénévoles (dates et durée des pics, proportions de passages par pics, entre les pics et total de passages cumulés après chaque pic en %)*. 25
Tableau 10 - *Proportions de mâles et de femelles en début et en fin de migration (en %)*. 26
Tableau 11 - *Proportions de mâles, de femelles et d'individus non sexés lors des deux suivis et moyenne des résultats (en %).* 27

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 - *Cartographie présentant la répartition du Crapaud commun (Bufo bufo bufo) et du Crapaud épineux (Bufo bufo spinosus), en Europe et en France*
Annexe 2 - *Présentation des différences morphologiques entre crapauds communs et épineux*
Annexe 3 -*Clichés issus des pièges photos: crapauds femelle et mâle, amplexus et exemples lors de nuits de migration importantes*
Annexe 4 - *Justification de l'importance nationale de la population de crapauds épineux de Saint-Georges-de-Didonne*
Annexe 5 - *Photos illustrant les différents éléments du dispositif (glissières, buses et grilles)*
Annexe 6 - *Cartographie technique de l'aménagement du crapauduc et de ses éléments*
Annexe 7 - *Extrait du tableur brut de saisie des données issues du suivi par pièges photos*
Annexe 8 - *Fiche de suivi créée en 2023 pour le suivi effectué par les bénévoles*
Annexe 9 - *Tableau présentant les résultats des dix années d'opération crapaudrome*
Annexe 10 - *Tableau détaillant le nombre de passages de crapauds dans chaque buse par nuit suivie, du 6/01 au 7/04*
Annexe 11 - *Clichés de crapelets passant dans les buses et de fréquentations originale ou rare (chien et Rainette méridionale*)
Annexe 12 - *Clichés des espèces de faune sauvage ayant fréquenté le crapauduc (mammifères, reptiles et oiseaux)*
Annexe 13 - *Tableau présentant les statuts de protection et de conservation des espèces de faune sauvage identifiées lors du suivi*
Annexe 14 - *Tableau de synthèse des données du suivi effectué par les bénévoles en 2023*
Annexe 15 - *Compte-rendu synthétisant les pistes d'améliorations proposées pour le crapauduc*
Annexe 16 - *Tableau des tâches*
Annexe 17 - *Calendrier d'apprentissage : répartition des tâches du suivi du crapauduc*

1 Introduction

1.1 Les amphibiens, un taxon particulièrement menacé

La Terre a déjà connu cinq fois, au cours de son histoire, des disparitions rapides et massives d'espèces. Ces crises biologiques sont définies selon trois critères principaux : une chute de la biodiversité de 75%, survenant dans un intervalle de 2 millions d'années ou moins et sans limites géographiques (Barnosky *et al*., 2011). L'érosion de la biodiversité dont il est question actuellement est qualifiée de 6ème extinction de masse car elle répond à ces critères. En effet, selon l'UNESCO « *la biodiversité s'appauvrit actuellement à un rythme 1 000 fois supérieur au rythme naturel* ». C'est aussi la toute première fois qu'une telle crise est provoquée par un être vivant, l'espèce humaine (Kolbert, 2015).

Les amphibiens représentent la classe la plus menacée parmi les vertébrés terrestres, avec un taux d'extinction 45 000 fois plus élevé que le taux d'extinction naturel (Kolbert, 2015 ; Cerema, 2019). Les principales menaces qui pèsent sur eux sont toutes attribuées à des facteurs humains, comme la pollution des eaux, les changements climatiques, l'introduction d'espèces exotiques ou encore l'altération des habitats (perte, dégradation, fragmentation), première cause de leur déclin (Nöllert, 2003). Les caractéristiques biologiques et physiologiques des amphibiens expliquent la sensibilité de ce taxon à ces menaces. Leur cycle de vie biphasique, entre environnements aquatiques et terrestres, complique leur survie puisqu'elle nécessite de satisfaire plusieurs exigences, en fonction du milieu occupé (Duguet *et al*. 2003). La **disparition des zones humides**, desquelles la majorité des amphibiens sont dépendants, ainsi que la **fragmentation des habitats terrestres** naturels les impactent donc particulièrement.

Cette fragmentation complique notamment leurs déplacements d'un environnement à l'autre, qui sont essentiellement liés à la reproduction (migration pré et post nuptiale) et aux métamorphoses (migration des juvéniles ; Cerema, 2019). Elle est en partie liée à l'augmentation continue du trafic routier depuis plusieurs décennies (doublement entre 1980 et 1994 ; Nicolas, 2008), qui s'accompagne d'une densification du réseau des infrastructures de transport terrestre (ITT), traversant fréquemment les voies migratoires empruntées par les amphibiens (Nöllert, 2003). Dans ce contexte, la capacité limitée de dispersion et la locomotion relativement lente d'une majorité d'amphibiens peuvent transformer ces traversées de routes en véritables hécatombes, d'autant plus pour les espèces qui effectuent des migrations « de masse » et qui sont fidèles au site de ponte (Cerema, 2019).

Cette difficulté de déplacement a aussi pour effet d'isoler certaines populations, qui ne sont plus régénérées par des flux d'immigration et diminuent petit à petit (Cerema, 2019). Ce déficit démographique menace aussi leur viabilité à long terme en diminuant la diversité génétique, donc la qualité phénotypique (la capacité d'adaptation des individus). Cette dérive génétique, c'est-à-dire la perte aléatoire mais irréversible de certains allèles, fragilise la population. Lorsque la taille de la population devient trop faible, le succès reproducteur des individus diminue, ce qui augmente la consanguinité et accélère la dégradation génétique, jusqu'à l'extinction (Joly, 2013).

Plusieurs outils internationaux participent à protéger les amphibiens, comme la CITES de 1973 ou la Convention de Berne de 1979. Les Listes Rouges internationales de l'UICN sont aussi des outils d'alerte et de connaissance : la version de 2022 indique que **41 % des amphibiens sont menacés d'extinction au niveau mondial** (UICN, 2022). Des Listes Rouges nationales précisent ces statuts : **en France, 23 % des amphibiens sont menacés de disparition**, soit 8 des 35 espèces présentes sur le territoire (UICN, 2022a). Comme le détaille l'arrêté ministériel du 8 janvier 2021, fixant la liste des amphibiens et des reptiles représentés sur l'ensemble du territoire français et les modalités de leur protection, toutes ces espèces, hormis deux espèces de grenouilles, sont **strictement protégées**.

Afin de limiter les risques liés à la fragmentation des habitats, les Etats membres de l'Europe ont validé en 1996 la mise en place d'un réseau de trame paneuropéenne, visant à restaurer ou créer des continuités écologiques (Bergès *et al.*, 2010). Cette stratégie a été déclinée en France par la mise en place de la **Trame Verte et Bleue** (TVB), issue du Grenelle de l'Environnement de 2007. Le but de cette trame est d'assurer aux espèces la possibilité de se déplacer pour effectuer les étapes importantes de leur cycle de vie et favoriser leur capacité d'adaptation.

1.2 Présentation du Crapaud épineux *Bufo spinosus*

Le Crapaud épineux, *Bufo spinosus*, est une espèce appartenant à l'ordre des anoures et à la famille des bufonidae, représentée en France par 4 espèces. Elle fait partie du genre « *Bufo* » comprenant les crapauds dits « vrais », qui possèdent deux glandes parotoïdes sur le dessus de la tête ainsi qu'une peau verruqueuse. C'est l'une des espèces d'amphibiens les plus communes en France. Longtemps considérée comme une sous-espèce du Crapaud commun (*Bufo bufo*), des études phylogénétiques menées en 2013 ont permis de l'élever au rang d'espèce (Arntzen *et al*., 2013). En France, la zone de contact des deux espèces est une diagonale allant de Basse-Normandie à la région Rhône-Alpes, le Crapaud épineux occupant la moitié ouest (*ibidem*). Une carte de répartition est présentée en annexe N°1.

Le Crapaud épineux est plutôt trapu, sa peau présente une coloration variable avec des motifs plus ou moins visibles et un ventre souvent plus clair (Speybroeck et al., 2016). Il se distingue du Crapaud commun par son iris rouge, ses glandes parotoïdes divergentes (parallèles chez le Crapaud commun) ainsi que par la taille plus importante des tubercules interne de ses métatarses (Arntzen *et al*., 2013). Ces différences sont présentées en annexe N°2. Les femelles sont généralement plus grandes et plus grosses que les mâles. Les pattes antérieures des mâles sont plus musclées et leurs pouces sont dotés de callosités rigides et sombres en période nuptiale, ce qui leur permet de former un amplexus axillaire avec les femelles (illustrations en annexe N° 3). Chez les mâles, la maturité sexuelle est atteinte à trois ans, contre quatre pour les femelles. Les deux sexes ont une longévité maximale de 9 ans (Frétey et Le Garff, 1996). Les pontes sont réparties en 2 cordons d'environ 5 mètres, comptant 14 132 œufs au maximum (Salvador et Paris, 2001).

Cette espèce de crapaud est ubiquiste, on peut la retrouver dans une grande diversité d'habitats et de paysages. Elle est particulièrement inféodée au milieu forestier, bien qu'on la retrouve aussi dans des milieux ouverts et anthropisés comme les jardins. Son cycle de vie débute par une phase entièrement aquatique, du développement embryonnaire, puis larvaire jusqu'à la métamorphose en crapelet. Comme une majorité d'amphibiens, le reste de sa vie est ensuite principalement terrestre : il ne retournera dans les eaux qui l'ont vu naître, en tant qu'espèce philopatrique, que pour s'y reproduire à son tour.

En France, le Crapaud épineux est une **espèce protégée**. Lors de la dernière évaluation de l'état de conservation des amphibiens en 2015, la distinction entre Crapaud commun et épineux n'était pas encore faite sur la Liste Rouge nationale. Le Crapaud commun est classé en préoccupation mineure (LC), avec une dynamique stable des populations (UICN, 2022a). Les menaces qui pèsent sur le Crapaud épineux sont les mêmes que pour les autres amphibiens, mais sa migration « explosive » et la fidélité à son lieu de ponte le rend **particulièrement vulnérable à la mortalité routière** (Beaune, 2018).

1.3 Etang de la Briqueterie : une population de crapauds épineux d'importance nationale

1.3.1 Protection et étude de la population de la Briqueterie entre 2012 et 2022

La mosaïque de milieux présents au sein du Domaine de Suzac offre au Crapaud épineux les différents habitats dont il a besoin pour vivre. La présence du boisement en périphérie de sa zone de reproduction est particulièrement importante pour cette espèce (Boissinot et al., 2022). Elle constitue, avec les jardins, ses habitats terrestres principaux. Trois zones principales de reproduction ont été identifiées sur la commune de Saint-Georges-de-Didonne, constituées de lacs et d'étangs, ainsi que quelques zones secondaires (mares, fossés…). **L'étang de la Briqueterie**, au sein du marais du même nom, est le 2ème habitat de reproduction en termes de nombre de crapauds mais c'est celui qui **présente la plus grosse problématique de mortalité routière** (Thirion et Vollette, 2016).

En effet cet étang, situé en zone péri-urbaine de la commune de Saint-Georges-de-Didonne, est séparé de la forêt de Suzac par la départementale 25, que les crapauds sont obligés de traverser (cf. figure 1). En 2010 a été constatée une importante mortalité sur cette route, au niveau du passage migratoire des crapauds. Cette observation a conduit à la mise en place d'un **crapaudrome en 2012** par le Parc de l'Estuaire, encadrée par une autorisation préfectorale. Ce système provisoire consiste à bloquer les crapauds avec des bâches, qu'ils longent jusqu'à tomber dans des seaux, enterrés au ras du sol. Un binôme de bénévoles passait le soir, afin de récolter les crapauds tombés dans les seaux ainsi que ceux trouvés sur les chemins et la route et de les faire traverser. La comptabilisation du nombre de cadavres était complétée par le passage d'un autre bénévole le matin. Cette opération a été reconduite jusqu'en 2022, ce qui représente dix années de suivi, l'opération 2021 n'ayant pas pu avoir lieu en raison de la covid.

Suite aux résultats des premières années de suivi indiquant une importante population, le Département de la Charente-Maritime a commandé une étude de cette population de Crapaud épineux, réalisée par l'association *Obios* en 2016 et intitulée « *Caractérisation de la population de* Crapaud *épineux de Saint-Georges-de-Didonne et suivi du phénomène migratoire pour la mise en place d'un dispositif de franchissement de route* ». Pour compléter cette étude de 2016, l'association *Obios* a comparé le nombre de crapauds capturés lors des six premières années de suivi à ceux de différents sites de suivi en France et en Europe. Cette comparaison a permis de confirmer **l'importance au niveau national de la population de Suzac** (cf. annexe N° 4).

1.3.2 Pérennisation de la protection : un crapauduc particulier

L'importance de cette population, les efforts mis en place durant 10 ans ainsi que les contraintes liées à cette opération chronophage ont justifié le projet de construction d'un crapauduc. Les crapauducs sont des dispositifs pérennes, permettant aux amphibiens de franchir les routes en passant par des tunnels -ou buses- construits perpendiculairement à la route et sous elle et généralement disposés au niveau des passages migratoires. Des glissières et murets sont utilisés pour canaliser les crapauds vers les buses et les empêcher de se retrouver sur les voies. C'est aujourd'hui le **seul système pérenne réellement efficace** pour permettre aux crapauds de traverser les axes routiers (Beebee, 2013 ; Beaune, 2018), à condition qu'il soit **régulièrement entretenu** (Beebee, 2013).

A Saint-Georges-de-Didonne, le crapauduc a été finalisé en décembre 2022. Les différents éléments qui le composent sont présentés en annexe N° 5. Les dix années d'opération crapaudrome ont permis d'identifier les passages migratoires les plus importants et de déterminer ainsi l'emplacement des trois buses de franchissement. L'existence de **douze accès** pour les véhicules (accès riverains et chemins) a représenté une contrainte majeure, puisqu'il n'est pas possible de les condamner.

Des crapauducs avec des contraintes similaires ont déjà été réalisés en France, mais toujours en zones rurales, comme le crapauduc de Condré-sur-Vesgre : pour empêcher le passage des crapauds au niveau de ces accès sans les condamner, des grilles largement ajourées et fonctionnant comme des passages canadiens ont été installées pour huit d'entre eux. Les crapauds tombent au travers en essayant de les franchir et se retrouvent dans le dispositif qui va les guider jusqu'aux tunnels.

Ce type de grille n'a pas pu être installé pour le crapauduc de Suzac, qui semble encore unique en son genre en France par sa situation semi-urbaine. En effet, la réglementation en matière de sécurité y est plus importante. Le choix des grilles s'est donc fait selon le poids qu'elles pouvaient supporter et selon la taille des écartements, qui ne devait pas être trop importants (prise en compte des éventuels cyclistes, piétons, PMR…). Les crapauducs n'étant pas encore très répandus en France (37 sur le territoire national en 2016 ; Thirion et Vollette, 2016) et les entreprises fabricant les matériaux spécifiques étant encore assez rares, il existe peu de choix et d'alternatives pour ces matériaux. Ces différentes contraintes ont menées à l'installation de grilles aux espacements étroits (similaires à des grilles d'égouts) jamais installées sur d'autres crapauducs. La **fonctionnalité de ces grilles conditionnait fortement la perméabilité de l'ouvrage**, donc sa capacité à remplir sa fonction première : assurer de manière pérenne la protection de la population de crapauds épineux de Suzac.

La fonctionnalité de l'ensemble du dispositif a été évaluée au cours de l'hiver 2023. Afin d'obtenir les résultats les plus représentatifs possibles, il a été nécessaire de coupler deux types de suivis : un suivi des tunnels au moyen de pièges photographiques, associé à un suivi sur le terrain par les bénévoles. Afin de compléter les données obtenues, quelques nuits d'observation par piège photo ont été effectuées sur l'une des grilles. Le **suivi des tunnels par pièges photos est une méthode récente et encore peu répandue**, mise en place pour la première fois en 2016 par le GREGE, un bureau d'étude. Ce type de suivi permet d'obtenir de meilleurs résultats qu'un suivi avec captures, avec moins de contraintes logistiques (besoin moindre en main d'œuvre et en temps) et sans impacter les individus (GREGE, 2018a). Il nécessite toutefois une adaptation sur mesure des systèmes de fixation, en fonction des caractéristiques des tunnels (longueur, hauteur, largeur, inclinaison, etc). Le GREGE a assuré l'accompagnement technique (location du matériel nécessaire, pose des systèmes de fixation et installation des pièges) lors du suivi de ce crapauduc.

1.4 Perspectives de l'étude

D'après les différents éléments développés, il apparaît important de déterminer le nombre de crapauds captés par le dispositif, ceux qui sont passés par les tunnels, ainsi que le nombre de crapauds retrouvés hors du dispositif. La définition des zones de fuite, qui permettent d'identifier les failles du dispositif, est aussi essentielle afin de proposer des améliorations qui augmenteraient l'efficacité de l'ouvrage. Cela implique notamment de connaître l'efficacité des grilles installées aux accès.

L'objectif est donc d'évaluer la fonctionnalité du crapauduc de Saint-Georges-de-Didonne construit en milieu semi-urbain, c'est-à-dire de déterminer s'il permet d'assurer la survie d'au moins **70 %** des individus migrateurs. En effet au-delà de 30% de mortalité, la pérennité de la population dans le temps est menacée (Thirion et Vollette, 2016). L'objectif secondaire est aussi de considérer l'intérêt de l'ouvrage pour la protection d'autres espèces de faune, qui subissent elles aussi la fragmentation de leurs habitats.

La question de la fonctionnalité du crapauduc de Saint-Georges-de-Didonne se pose donc. **L'ouvrage tel qu'il est conçu et les différents éléments qui le constituent permettent-ils d'assurer une protection suffisante pour garantir la pérennité de la population de Crapaud épineux de Suzac ?** Quelles améliorations peuvent être proposées afin d'augmenter la fonctionnalité de l'ouvrage ? Enfin, cet ouvrage est-il utile à d'autres espèces ?

L'objet du présent rapport est donc de présenter la première évaluation du fonctionnement du crapauduc réalisé en 2023. Il pourra aussi être utilisé pour constituer un retour d'expérience pour la construction d'autres crapauducs en milieu semi-urbain ainsi que pour le suivi de tels ouvrages à l'aide de pièges photos. Dans ce but, une fiche de retour d'expérience (REX) a notamment été créée pour être intégrée au *Centre de Ressources Trame Verte et Bleue*, portée conjointement par le Ministère de l'Environnement et l'Office français de la biodiversité.

2 Matériels et méthodes

2.1 Caractérisation de l'importance de la migration annuelle

Pour déterminer l'importance de la population migratrice en 2023, les nombres de crapauds contactés lors des deux suivis, celui effectué dans les buses du crapauduc par les pièges-photos et celui réalisé par les bénévoles sur le terrain, ont été additionnés. Les données des dix années d'opération crapaudrome offrent des points de comparaison afin de situer cette importance, notamment en calculant la moyenne des observations sur ces années (qui présente une grande variabilité).

2.2 Vérification de la fonctionnalité des buses

2.2.1 Installation et gestion des pièges photographiques

Afin de vérifier la fonctionnalité des trois buses, c'est-à-dire le fait que les crapauds n'ont pas de difficulté à les emprunter, qu'elles sont bien adaptées pour leur permettre de traverser d'un côté à l'autre de la route tout en les comptabilisant, chacune d'elles a été équipée d'un piège photographique. Cette technique de suivi présentait en effet plusieurs intérêts pour l'étude souhaitée : elle est **plus efficace** qu'un suivi par captures, présente **moins de contraintes** en temps et en moyens humains et permet d'éviter la manipulation des individus, ce qui **limite l'impact** du suivi sur la population (GREGE, 2018a). Elle permet aussi d'observer le comportement des différentes espèces vis-à-vis des buses (hésitation, demi-tour…), leur adaptation à l'ouvrage mais aussi les différentes phases de la migration, en fonction du comportement des crapauds.

Les trois pièges et leur système de fixation ont été loués au GREGE, venu les installer le 6 janvier 2023. Ils ont été positionnés en sens « aller » de la migration prénuptiale (crapauds vus de face lorsqu'ils vont en zone humide) dans les buses 1 et 2, et en sens « retour » de la migration postnuptiale (crapauds vus de face lorsqu'ils retournent en milieu terrestre) dans la buse 3, afin de tester si l'un des deux points de vue présente des avantages pour la lecture d'images. La figure suivante présente la zone du crapauduc, entre le secteur forestier et celui de la zone humide, ainsi que l'emplacement des trois buses. Le sens de migration prénuptiale des crapauds est indiqué, de même que le sens de migration postnuptiale et de dispersion des crapelets. La cartographie en annexe N°6 présente plus précisément l'ouvrage et ses différents éléments.

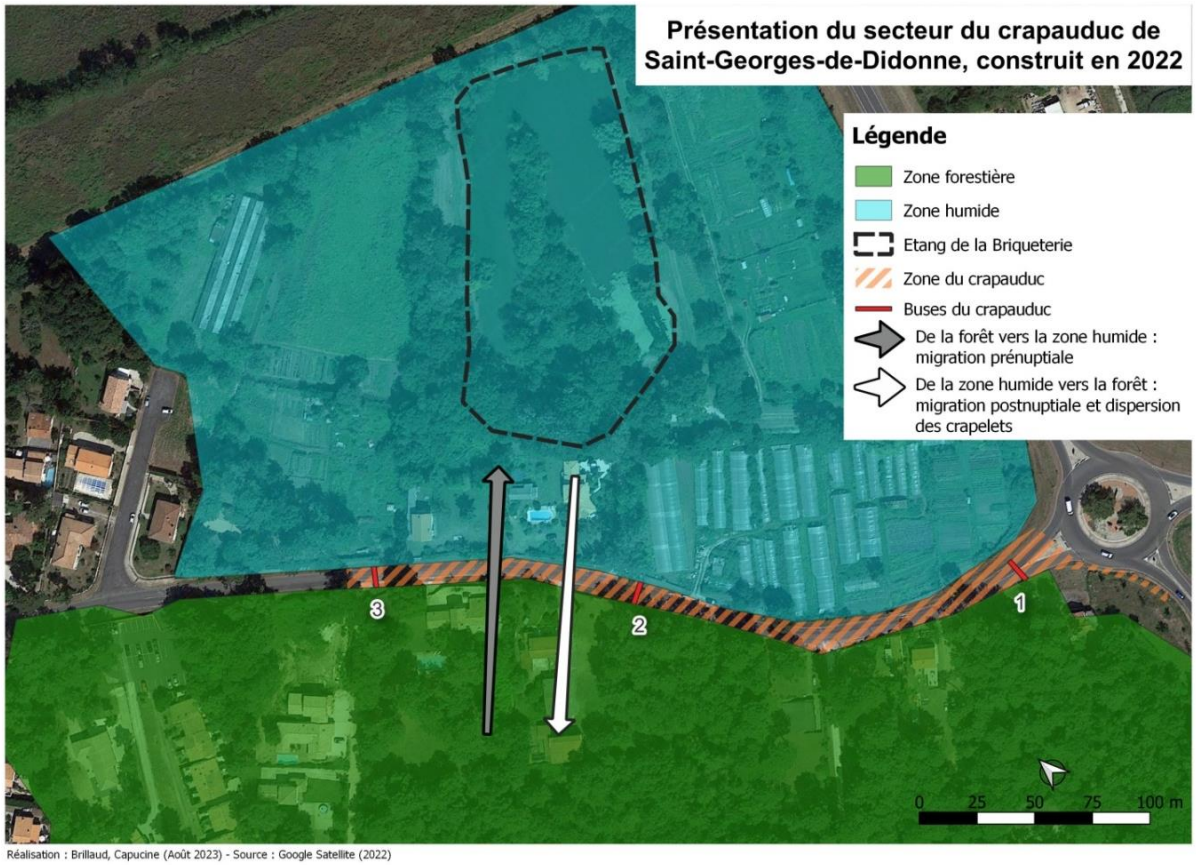


Figure 1 - Positionnement de la zone du crapauduc et des buses entre les différents habitats du Crapaud épineux et matérialisation du sens de migration des adultes selon la période de reproduction et de dispersion des juvéniles.

La migration du Crapaud épineux a normalement lieu entre fin février et fin mars-début avril (Nöllert, 2003), mais les paramètres météorologiques influent sur ce phénomène : des températures douces et de l'humidité atmosphérique peuvent rendre les crapauds actifs plus tôt (GREGE, 2018). Ainsi lors d'un hiver particulièrement doux, des premières vagues de migration peuvent être observées dès janvier. Avec une opération de crapaudrome, demandant un fort investissement en temps et en bénévoles, seules les périodes classiques de migration étaient couvertes et ces possibles migrations précoces n'étaient ni protégées ni prises en compte dans le dénombrement de la population. La pose des pièges dès début janvier a donc permis une meilleure observation de la migration, en couvrant une plus large période.

Les amphibiens, espèces poïkilothermes et aux mouvements assez lents, ne sont pas détectés par les pièges photos classiques (déclenchement par infrarouge qui détecte la chaleur émise par le corps de l'animal). Il est nécessaire de le mettre en mode « time laps », qui permet d'enregistrer un cliché automatiquement à la fréquence voulue, à l'aide d'un éclairage LED infrarouge (ne produisant pas de lumière au déclenchement pouvant perturber les individus). Les pièges fournis par le GREGE étaient de la marque Rexonyc©, modèle Ultrafire XP9. Ils ont été réglés à un cliché toutes les 30 secondes (soit 2 880 clichés toutes les 24 heures), hormis du 13 au 17 mars où le réglage a été mis à un cliché toutes les 15 secondes pour essayer de récolter des données plus exhaustives.

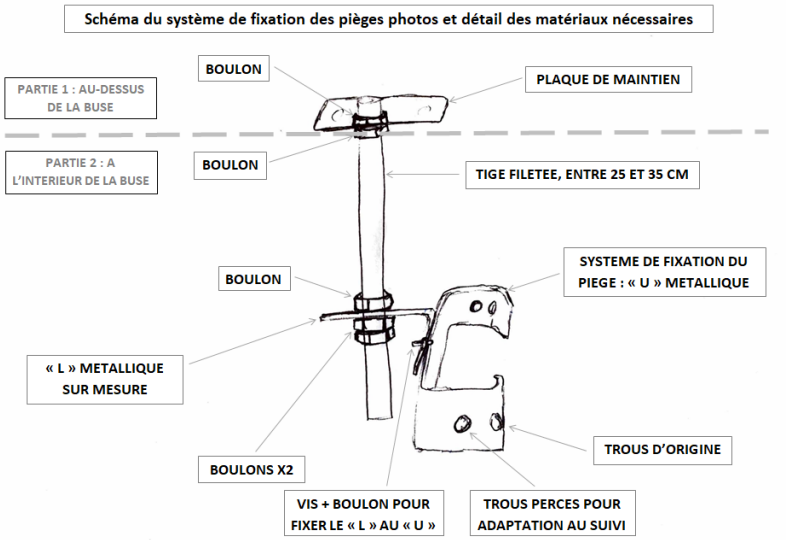
Le suivi de crapauduc par pièges photos n'ayant été expérimentée que par le GREGE, il n'existe pas encore de dispositif de fixation universel et adaptable. Il est nécessaire de fabriquer certaines pièces sur mesure et d'adapter l'ensemble du système selon les caractéristiques des buses (longueur, largeur, hauteur, inclinaison…), afin d'obtenir un angle de détection permettant de ne pas manquer de passages de crapauds entre deux clichés, en fonction de leur vitesse de déplacement et des réglages des pièges. En effet, il existe une corrélation positive entre la hauteur de l'objectif et la longueur de détection des pièges (GREGE, 2018a).

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques et dimensions des trois buses. Comme la figure ci-contre le montre, les pièges sont installés à l'une des entrées des buses, centrés dans la largeur des ouvrages et maintenus par un support spécifique parallèle aux buses.

Figure 2 - Dispositif de fixation installé à l'intérieur d'une buse.

	Buse N°1	Buse N°2	Buse N°3
Zone	Chemin des morilles	Forêt maraîchère	Rue Goulebenèze
Dimensions (Largeur x Hauteur)	58 x 52 cm	58 x 52 cm	58 x 52 cm
Ouverte sur le dessus / recouverte	Recouverte	Ouverte	Ouverte

Tableau 1 - Caractéristiques des buses suivies (zone, dimensions et caractéristiques de recouvrement).



Pour adapter les fixations à ces caractéristiques, le GREGE a fabriqué trois pièces en métal (avec un angle de 70° environ). La figure 3 présente les différentes pièces nécessaires au dispositif de fixation et leur agencement.

Figure 3 - Schéma des systèmes de fixation des pièges photos dans les buses (avec potence réglable).

Afin de prévenir les problèmes de vol, chaque piège était sécurisé par un antivol, attaché aux trous d'aération de la buse, comme le montre la figure 2. Deux cartes mémoires de 32 Go chacune étaient fournies par pièges, afin de pouvoir insérer une carte vide à chaque relevé. Afin d'éviter toute confusion de cartes (et donc de buses), elles ont été numérotées (1 et 1' pour les deux cartes de la buse 1, 2 et 2' pour celles de la buse 2, etc). De la même manière, chaque piège était accompagné de deux jeux de 12 piles rechargeables.

Pour couvrir les trous d'aération au-dessus des pièges, afin de cacher le câble de sécurité et conserver une bonne lisibilité des images en cas de pluie, des plots de chantier ont été installés (cf. figure ci-contre).

Figure 4 - Plot de chantier au-dessus de l'entrée d'une buse, permettant de cacher les pièges photos et de limiter la pluie devant l'objectif.

Ces relevés ont été effectués durant trois mois, du 6 janvier au 7 avril, avec une fréquence moyenne d'un relevé tous les deux jours. Cette fréquence a été déterminée en fonction de l'autonomie des piles, d'environ 55 heures. Les réglages ont été modifiés à partir du 14 mars 2023 : en plus du mode time laps, un déclenchement au passage d'individus a été ajouté (5 photos puis une vidéo à chaque passage) afin d'obtenir des données pour d'autres taxons, tel que les mammifères (généralement trop rapides pour être vus ou correctement identifiés à 1 photo/30 secondes). Au total, ce sont 625 Go de données qui ont été obtenues, soit 493 118 photos/vidéos. Le suivi par pièges photos a été arrêté le 7 avril car plus aucun crapaud n'était observé dans les buses depuis une semaine environ et que cette période correspond à la fin de période de migration.

A partir de début juin, une surveillance quotidienne a été faite sur le terrain afin de ne pas manquer l'émergence des juvéniles de crapauds épineux, les crapelets, courant juin-juillet. Elle a lieu plutôt en journée et peut s'effectuer soit de manière « explosive » (Heusser, 1994), lorsque la majorité des juvéniles passent en phase terrestre au même moment et effectuent leur premier trajet vers leurs habitats terrestres, soit de façon plus discrète.

Lorsque les premiers crapelets ont été observés le 13 juin, le piège photo a de nouveau été réglé en mode time-laps pendant cinq jours, avec un déclenchement toutes les 10 secondes, afin d'observer s'ils utilisaient les buses et s'ils arrivaient à les traverser facilement. Lors des dix années d'opération crapaudrome, seule la migration des adultes à la période de reproduction bénéficiait d'une protection, aucun dispositif n'était mis en place pour les crapelets. Ces derniers mesurent environ 1 cm et se camouflent très bien comme le montre la figure ci-contre, ce qui les rend particulièrement difficile à voir. Ainsi lorsqu'ils émergent de façon massive et traversent la route, le même phénomène d'hécatombe que pour les adultes peut se produire mais passer totalement inaperçu.

Figure 5 - Crapelet sur le sol, illustration d'un camouflage très efficace.

Le tableau suivant détaille la gestion des pièges photos pour chaque buse, avec les dates de début et de fin de suivi, la durée de la période de suivi, le nombre de relevés effectués, le nombre de jours suivis et le nombre de jours non suivis.

Les manques dans le suivi sont en partie dus au rythme d'alternance de la licence effectuée dans le cadre de mon apprentissage. En effet les périodes de formation étaient concentrées principalement sur la période automne/hiver. Ainsi sur les 14 semaines de suivi, je n'ai été présente que 9 semaines. Le suivi a été assuré par ma responsable, mais des contraintes de temps et les températures en dessous du seuil de mobilité des crapauds n'ont pas permis de l'effectuer de manière exhaustive. La buse N°3 a un nombre de jours non suivis particulièrement important car elle a présenté un problème de conception, qui provoquait une montée en eau lors d'épisodes pluvieux, empêchant parfois les relevés. De plus cette humidité a eu pour effet de diminuer l'autonomie des piles, qui se déchargeaient plus rapidement que dans les autres buses. Enfin la buse N° 2 ayant été suivie jusqu'en août, cela explique le nombre de relevés et de jours de suivis plus importants (les données lors du suivi de la migration sont distinguées des données obtenues après).

	Début de suivi	**Fin de suivi**	**Période couverte**	**Nombre de relevés**	**Nombre de jours total suivis**	**% jours suivis sur période couverte**	**Nombre de jours total non-suivis**
BUSE N°1	06/01	07/04	3 mois (91 jours)	28	67	73, 6 %	1 (du 9 au 10/01) + 12 (du 19 au 31/01) + 2 (du 12 au 13/02) + 1 (du 19 au 20/02) + 1 (du 23 au 24/02) + 7 (du 27/02 au 6/03) **= 24**
BUSE N°2	06/01	07/04	3 mois (91 jours) + 4 mois (125 jours)	26 + 26 = 52	62 + 117 = 179	68, 1 % et 93, 6 %	2 (du 8 au 10/01) + 1 (du 15 au 16/01) + 12 (du 19 au 31/01) + 2 (du 11 au 13/02) + 1 (du 19 au 20/02) + 11 (du 23/02 au 6/03) **= 29** + 1 (du 11 au 12/04) + 4 (du 29/04 au 03/05) + 3 (du 03 au 06/05) = 8 **= 37**
BUSE N°3	06/01	09/08	3 mois (91 jours)	19	42	46, 2 %	3 (du 6 au 9/01) + 31 (du 13/01 au 13/02) + 1 (du 19 au 20/02) + 11 (du 23/02 au 6/03) + 2 (du 20 au 22/03) + 1 (du 3 au 4/04) **= 49**

Tableau 2 - Détail de la gestion des pièges photographiques pour chaque buse (dates et durée de l'étude, nombre de relevés, nombre et pourcentage des jours suivis sur la durée de l'étude et nombre de jours non suivis).

2.2.2 Gestion, saisie et analyses des données

Afin de gérer correctement ce nombre important de données et de les traiter efficacement, une organisation rigoureuse a été mise en place. Les images étaient immédiatement déchargées à la suite des relevés, à l'aide d'un lecteur de cartes mémoire et stockées sur un disque dur dédié au suivi. Chaque relevé des trois buses constituait un dossier, lui-même rangé dans le dossier de la buse correspondante. Pour assurer une sécurité, une copie des données a été réalisée sur l'application *SharePoint* du Département.

Une lecture fluide des images étant essentielle pour détecter correctement la présence d'individus sur les clichés, le logiciel gratuit et spécialisé en lecture rapide « *XnViewMP* » a été utilisé. Une première lecture rapide sans saisie des données était réalisée dès que possible après les relevés, afin de pouvoir adapter le suivi, notamment les réglages des pièges (fréquence des clichés en time-laps, ajout du mode vidéo) en fonction de l'intensité de la migration des crapauds et des passages d'autres taxons.

Les données ont été saisies dans un fichier Excel, avec une feuille de saisie par buse (un extrait du tableur est disponible en annexe N°7). Plusieurs critères ont été pris en compte et remplis :

- La **date** et **l'heure** du passage.
- **L'espèce**.
- La **température** (celle indiquée par le piège pour chaque cliché, correspondant à la température dans la buse).
- Le **numéro de cliché**, unique pour chaque image : B (numéro de buse) + R (numéro de relevé) + C (numéro de cliché). Par exemple, le 3ème cliché du 2ème relevé de la buse 1 s'écrit B1R02C0003.
- Le **sexe** lorsqu'il était déterminable, grâce aux callosités nuptiales des mâles parfois visibles sur les clichés ou selon la morphologie générale, lorsque les critères de dimorphisme sexuel étaient suffisamment marqués (femelles très rondes et de grandes tailles, aux pattes antérieures plus fines), comme illustré en annexe N° 3. Les comportements sexuels des mâles ont aussi pu être un indicateur, notamment lorsqu'ils essaient de former des amplexus (mode d'accouplement par embrassement). L'identification de ces critères était variable selon la visibilité des clichés de chaque buse, mais aussi de l'autonomie des trois pièges, variable elle aussi (certains clichés permettant de distinguer le passage d'un individu étaient trop sombres pour le sexer).
- La formation en **amplexus**, toujours notée sur la ligne de la femelle pour éviter les confusions ;
- La **direction** de l'individu : A pour aller et R pour retour (les individus allant vers l'étang étant notés en « aller », ceux allant vers la forêt en « retour »). Ce critère permet de se rendre compte de la phénologie migratoire selon la période.
- Le **passage effectif** de l'individu ou non (demi-tour effectué), à l'aide d'une colonne « compteur » à remplir en 0 si l'individu a fait demi-tour et en 1 s'il a complètement traversé la buse. Ce critère avait notamment pour objectif d'évaluer la facilité d'utilisation des buses par les crapauds, leur hésitation à traverser, donc l'évaluation de la fonctionnalité de ces dernières par le calcul du taux de passages effectifs total. Certains crapauds nageant sous l'eau, la montée en eau de la buse N°3 n'a pas toujours permis de déterminer ce critère.
- Le **nombre total d'individus** contactés par nuit et par journée ; afin de ne pas surestimer les effectifs, lorsque les clichés ont mis en évidence plusieurs allers-retours d'un même individu, il n'a été compté qu'une seule fois.
- Une colonne « **commentaires** » a été ajoutée afin de pouvoir noter d'éventuelles observations.

2.2.3 Données de fréquentation par d'autres taxons

Les dimensions des buses peuvent convenir à nombre d'espèces de petite faune, autres que les amphibiens. Le suivi par pièges photos permet aussi de récolter des données de fréquentation de l'ouvrage par ces espèces, afin d'évaluer l'intérêt qu'il représente pour elles en terme de rétablissement de continuité écologique, entre la zone forestière et la zone humide. Plus largement, ces données permettent aussi d'enrichir la connaissance sur la faune du Domaine de Suzac, notamment la faune nocturne parmi laquelle certaines espèces sont particulièrement discrètes et difficiles à observer.

Pour saisir les observations de ces espèces, une feuille « *Autres taxons* » a été créée dans le fichier Excel. A chaque nouvelle espèce correspond une colonne. Pour chaque donnée de présence, un numéro de cliché individuel (sous le même format que précédemment) était attribué, l'heure et la date étaient notées et une colonne dédiée aux commentaires a aussi été ajoutée.

La prise en compte de ces fréquentations avait aussi pour but de déterminer si elles étaient compatibles ou non avec la présence des crapauds (prédation, effets d'évitement…). Ces questionnements concernaient les espèces de faune sauvage mais aussi les chats domestiques, relativement nombreux dans ce secteur semi-urbain.

Les pièges photos ont été désinstallés à l'arrêt du suivi de la migration des crapauds, le 7 avril. Afin d'observer cette fréquentation par d'autres espèces en fonction des mois et des saisons, un 4ème piège photo appartenant au Département a été installé dans l'une des buses. C'est la buse la plus passante, celle avec le plus de données de fréquentation par d'autres taxons, qui a été retenue.

L'angle de détection des pièges photos, limité par l'étroitesse de la buse, ainsi que la rapidité de certaines espèces, ne permettaient pas toujours de détecter les individus suffisamment à l'avance pour obtenir des clichés où ils soient facilement identifiables. Une technique connue dans les suivis aux pièges photos, n'ayant pas d'impact sur les individus, a été mise en place afin de ralentir leur passage : elle consiste à poser une pierre de taille moyenne devant l'objectif, que les individus vont naturellement marquer à leur passage. Ce marquage rapide suffit à faire patienter les individus quelques secondes devant l'objectif pour obtenir des clichés exploitables.

2.3 Caractérisation de la perméabilité de l'ouvrage

2.3.1 Suivi des bénévoles sur le terrain : détermination des zones de fuite

Afin de déterminer le niveau de perméabilité de l'ouvrage et d'identifier les points à améliorer dans le dispositif, il était nécessaire de connaître le nombre de crapauds ayant réussi à passer au travers et les endroits par lesquels ils passent. Pour cela, un suivi par les bénévoles a été reconduit cette année, demandant une implication moindre par rapport aux années précédentes. La figure suivante présente le secteur prospecté lors de ce suivi. Il a été découpé en 9 zones, afin de pouvoir distinguer celles présentant les plus forts taux de mortalité.

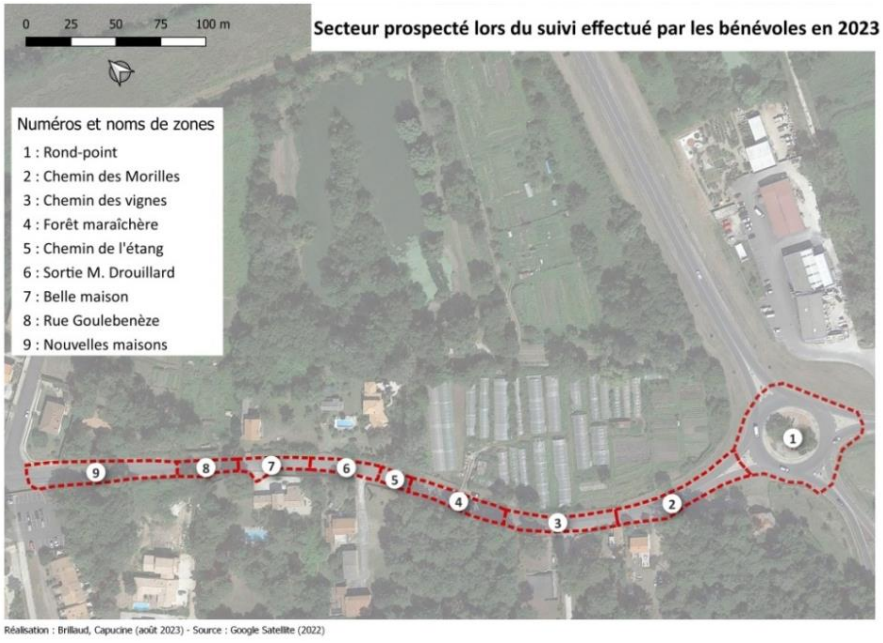


Figure 6 - Présentation du secteur prospecté par les bénévoles lors du suivi 2023 et de ses 9 zones.

Les 9 zones correspondent aux zones déterminées lors des dix années de suivi précédentes : elles ont été conservées à l'identique afin de pouvoir comparer les nombres des crapauds cette année pour chaque zone aux données antérieures et observer les éventuels changements de dynamiques par zone.

Cette opération est soumise à une demande d'autorisation préalable à la DREAL, puisque l'opération nécessite de manipuler les individus. Un arrêté municipal a été pris afin de limiter la circulation automobile à 30km/h sur la portion de route concernée et des panneaux de signalisation ont été mis en place par les services techniques municipaux.

L'opération a été suivie par quinze bénévoles « référents », déjà engagés dans cette opération depuis plusieurs années et quatre bénévoles « occasionnels ». Ils étaient répartis en équipe de deux, pour effectuer le suivi lors des soirées présentant une température supérieure à 6°C, température-seuil de l'activité de reproduction des crapauds (Reading and Clarke, 1983). Seuls les individus retrouvés sur la route (donc hors-dispositif) étaient ramassés.

Un planning pour répartir les équipes a été établi pour les mois de février et mars. L'implication des bénévoles étant parfois difficile à maintenir dans le temps, il n'a pas été prévu de commencer ce suivi dès janvier, en même temps que la pose des pièges photos, mais certains bénévoles particulièrement motivés ont pu réaliser trois soirées de suivi au cours de ce mois. Il a donc débuté le 10 janvier et s'est terminé le 15 mars 2023, avec au total 34 soirées de suivi dont 17 avec des données de présence de crapauds.

Le matériel nécessaire au suivi des bénévoles (fiches-terrain, stylo, thermomètre, arrêté autorisant la manipulation) était placé dans une boîte étanche, dans le jardin de riverains impliqués dans l'opération crapaudrome depuis plusieurs années. Le reste du matériel nécessaire (gants, lampe frontale et seau) était apporté par chaque bénévole. Les fiches complétées étaient régulièrement récupérées.

Une soirée d'explication et de formation au nouveau protocole de suivi a été organisée afin de pouvoir transmettre les nouvelles consignes à appliquer. A cette occasion, le dispositif de crapauduc a été présenté ainsi que la nouvelle fiche terrain (cf. annexe N°8), adaptée à ce changement de suivi. Cette fiche comportait plusieurs éléments à remplir. Au recto :

- La date, l'heure de début et de fin du passage ;
- Le nom du bénévole référent et le nombre de personnes présentes ;
- Les conditions météorologiques : humidité et température ;
- Un tableau à double entrée : 4 lignes pour distinguer les mâles, femelles, cadavres et amplexus ramassés, à inscrire dans l'une des 9 zones du secteur suivi, constituant les colonnes.

Au verso et en complément, les bénévoles devaient reporter les crapauds ramassés sur la route (vivants et cadavres) sur une carte du secteur. Le but était d'obtenir, en superposant toutes les fiches, un nuage de point matérialisant les zones de fuite les plus importantes. Un espace était réservé pour les commentaires sur le dispositif afin d'identifier les éventuels dysfonctionnements de l'ouvrage. Pour compléter ces cartes, déterminer plus précisément les zones problématiques et proposer les ajustements nécessaires, une sortie sur le terrain avec les bénévoles a été organisée après la fin de l'opération, le 12 avril. Quatre bénévoles étaient présents dont certains ayant réalisé de nombreuses soirées de suivi.

2.3.2 Analyse de la fonctionnalité des grilles pour empêcher le passage des crapauds

Dans le but de déterminer l'efficacité des huit grilles installées devant les accès du secteur pour empêcher les crapauds de passer, un 4ème piège photo (prêté par le service ENS du Département) a été positionné pendant cinq nuits au-dessus de l'une d'elle.

Les données antérieures indiquaient que la zone la plus fréquentée par les crapauds était celle en face de l'étang de la Briqueterie, en zone 6 (« *Sortie M. Drouillard* »), qui correspond à une entrée riveraine : c'est donc la grille de cet accès qui a été retenue pour le suivi au piège photo.

Avec l'accord des propriétaires, un trou a été percé dans leur muret afin de pouvoir fixer la tête rotative maintenant le piège photo. Un poteau électrique permettait de sécuriser l'ensemble à l'aide d'un antivol. Comme le montre la figure ci-contre, ce piège était particulièrement visible depuis la route. Il était donc nécessaire d'attendre qu'il fasse nuit pour l'installer et de le retirer tôt le matin.

Le réglage a été mis en time-laps, avec un cliché toutes les 5 secondes afin de ne pas manquer de passages et d'observer le plus précisément possible le comportement des crapauds sur les grilles.

Figure 7 - Installation d'un piège photo pour évaluer la capacité des grilles à retenir les crapauds dans le dispositif.

Il était aussi particulièrement intéressant de connaître l'efficacité des grilles pour les crapelets. Ces derniers émergeant en journée (Heusser, 1994), il n'était pas nécessaire d'utiliser le piège photo pour observer s'ils arrivaient aisément ou non à franchir les grilles. Les journées de surveillance sur le terrain effectuées en juin avaient donc aussi pour but de réaliser ces observations.

2.4 Analyses de la fonctionnalité du crapauduc dans sa globalité

2.4.1 Etudes des paramètres météorologiques

La migration du Crapaud épineux est influencée par différents facteurs environnementaux, notamment par les conditions météorologiques dont elle dépend en grande partie, telles que **l'élévation des températures** et **l'humidité atmosphérique** (liée à la pluviométrie), qui favorisent son activité (Ortiz Santaliestra, 2014 ; Nöllert, 2003 ; Thirion et al., 2019).

Ces variables météorologiques influencent donc la fréquentation des ouvrages (Grege, 2018). Afin de vérifier que l'absence de crapauds (ou leur effectif très réduit) lors de certaines périodes du suivi est bien liée à l'absence de conditions météorologiques favorables et non à l'ouvrage, la variation des températures et la pluviométrie pendant la période du suivi ont été analysées. Elles ont ensuite été mises en relation avec les périodes d'activités des crapauds et leurs pics migratoires (issus des données de suivi par les pièges photos et par les bénévoles).

2.4.2 Etude de la phénologie de la migration

De même que pour les paramètres météorologiques, l'étude de la phénologie migratoire est importante pour vérifier que le crapauduc ne perturbe pas le déroulement de la migration. Les dix années de suivi du crapaudrome ont permis de mettre en évidence que cette phénologie de la migration peut varier d'une année à l'autre (Thirion et Vollette, 2016), ce qui s'explique entre autres par sa dépendance aux facteurs météorologiques.

Cependant, certains aspects de la phénologie sont réguliers et stables chaque année : lors de la migration prénuptiale vers l'étang de la Briqueterie, c'est toujours en moins de cinq jours que passe plus d'un tiers des effectifs annuels (*ibidem*). De même, les mâles arrivent les premiers sur les sites de reproduction, où ils restent pendant toute la période de reproduction et sont généralement plus nombreux au début et à la fin de la période de migration (Reading et Clarke, 1983 ; Cheron, 2021 ; Thirion et Vollette, 2016). Les femelles arrivent quant à elles plus tardivement, ont tendance à concentrer leur passage en « vagues » migratoires lorsque les températures sont plus élevées et retournent dans leur habitat terrestre juste après la ponte (Kovar et Brabec, 2007).

A partir des données récoltées sur le terrain et par les pièges photos, ces aspects de la phénologie migratoire ont été analysés afin de vérifier qu'ils étaient similaires aux années précédentes et que les crapauds suivis par pièges photos, tout comme ceux contactés par les bénévoles, présentaient la même phénologie de migration.

2.4.3 Comparaison des taux de crapauds captés par le dispositif à ceux ne l'ayant pas emprunté

Afin de connaître l'efficacité du crapauduc pour protéger la population de Crapaud épineux de la Briqueterie, c'est-à-dire sa capacité à capter les individus pour les empêcher de se retrouver sur la route, il était nécessaire de comparer le nombre de crapauds passés par les buses du dispositif ainsi que ceux retrouvés sur la route au nombre total de crapauds contactés lors du suivi 2023.

2.4.4 Détermination du taux de mortalité

Il était aussi particulièrement intéressant de déterminer le taux de mortalité des crapauds retrouvés hors-dispositif, afin de le mettre en relation avec la population totale contactée et vérifier qu'il soit inférieur à 30 %. Pour cela, la proportion de cadavres par rapport au nombre total de crapauds retrouvés sur route a été calculée.

De plus, afin de comparer l'efficacité des dispositifs provisoire (crapaudrome) et pérenne (crapauduc) pour protéger les crapauds, le pourcentage des sorties de crapauds hors dispositif a été calculé pour les neuf années d'opération crapaudrome avec installation de bâches et seaux (le dispositif n'ayant pas été installé en 2018). Ces données ont permis d'obtenir les moyennes de crapauds protégés et non protégés par le système de bâches et de seaux.

3 Résultats et discussion

3.1 Une migration de faible importance en 2023

2 658 crapauds ont été dénombrés cette année par les bénévoles (vivants et cadavres) et par les pièges photos. Comparativement aux données des dix années de suivi antérieures, c'est un nombre relativement faible et légèrement inférieur à la moyenne qui est de 3 236 (voir annexe N°9 pour le détail des données).

3.2 Des buses bien adaptées au passage des crapauds et de la petite faune

3.2.1 Des éléments qui répondent à leur fonction première

Du 6 janvier au 7 avril 2023, ce sont au total **2 244** crapauds épineux qui ont emprunté les buses, soit **84,4 %** du nombre total de crapauds contactés en 2023. Le tableau suivant présente la synthèse de ces résultats par buse et un tableau les détaille en annexe N° 10.

Buse 1	801
Buse 2	968
Buse 3	475
TOTAL	**2 244**

Tableau 3 - Nombre de passages de crapauds par buse et total de crapauds passés par les buses.

La **buse N°2 est la plus fréquentée**, ce qui s'explique par sa position géographique, au plus proche de l'étang. Comparativement, la fréquentation plus de deux fois inférieure de la buse N°3 peut s'expliquer par différents facteurs, notamment son problème de conception qui a entraîné des montées en eau très fréquentes, empêchant certains relevés, réduisant l'autonomie du piège photo et rendant parfois compliquée la lecture des images. La construction d'un lotissement dans la zone de la buse 3 (rue Goulebenèze) dont les travaux étaient toujours en cours lors du suivi, a aussi pu perturber les déplacements des crapauds à cet endroit.

Malgré ces données manquantes pour la buse N°3, le calcul de la moyenne de fréquentation par buse (d'après les 10 nuits présentant les plus grands nombres de passages et avec des données pour les trois buses) confirme une fréquentation moindre de la buse N°3 par les crapauds, inférieure d'environ 14% par rapport aux buses N°1 et N°2, qui présentent une moyenne de fréquentation quasiment similaire. Ces résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Nuits de migration les plus importantes	**Buse N°1**	**Buse N°2**	**Buse N°3**
1ère	27,1%	44,4%	28,4%
2ème	52,8%	27,9%	19,2%
3ème	24,9%	53,7%	21,5%
4ème	35,4%	57,7%	6,9%
5ème	28,5%	48,5%	23,1%
6ème	39,5%	34,5%	26,1%
7ème	32,7%	42,3%	25,0%
8ème	48,9%	21,6%	29,5%
9ème	66,7%	32,1%	1,2%
10ème	16,4%	21,3%	62,3%
MOYENNE de fréquentation	**37,3%**	**38,4%**	**24,3%**

Légende : *graduation de couleurs du plus au moins fréquenté.*	
Buse la plus fréquentée	
2ème buse la plus fréquentée	
3ème buse la plus fréquentée	

Tableau 4 - Proportions de passages dans chaque buse lors des 10 nuits les plus passantes (en %).

Le critère « compteur », rempli pour chaque individu à la saisie des données (avec une valeur de 0 pour les individus ayant fait demi-tour et une valeur de 1 pour ceux ayant réalisé la traversée complètement), a permis de **quantifier le pourcentage d'individus ayant franchi totalement les buses**, donc la fonctionnalité de ces dernières. Le résultat s'avère très encourageant, avec une moyenne de 88,3 % de passages effectifs sur les 3 buses, comme le présente le tableau suivant :

Tableau 5 - Proportions de demi-tours et de passages effectifs dans chacune des 3 buses et moyenne des résultats (en %).

	% Passages effectifs	% Demi-tours
Buse N°1	85 %	15 %
Buse N°2	92 %	8 %
Buse N°3	88 %	12 %
MOYENNE	**88,3 %**	**11,7 %**

Il est important de noter qu'une grande partie de ces demi-tours est sûrement due au comportement migratoire des mâles en début de migration : ils arrivent les premiers et attendent les femelles pour tenter de former un amplexus avant les autres. Ils peuvent alors aller et venir dans les buses, et passer plusieurs minutes voire plusieurs heures avant de continuer leur route ou de faire complètement demi-tour. Ce comportement a été observé sur les clichés à de nombreuses reprises. De même, certains individus qui effectuaient leur traversée tardivement (c'est-à-dire tôt le matin) stationnaient dans les buses la journée : s'ils finissaient par sortir complètement du champ de la caméra, ils étaient notés en demi-tour, mais il est très probable qu'ils aient été comptabilisés la nuit suivante en passage effectif.

Ces résultats indiquent que **les buses semblent fonctionnelles** : elles ont permis à plus de **88 %** de la population migratrice de traverser la route. De plus, l'observation du comportement sur les clichés montre que les pièges ne semblent pas perturber le passage des crapauds.

Toutefois, ces chiffres sont à considérer avec prudence car l'étude a présenté plusieurs biais. Bien qu'une moyenne de **62, 6 %** de la période totale du suivi de la migration sur les trois buses ait été effectuée (cf. tableau N° 2 P. 8) et que le suivi ait permis d'obtenir des données pour la période de janvier, les manques dans le suivi des buses **ne permettent pas d'obtenir des données exhaustives**. En plus des nuits manquantes (périodes d'alternance ou de congés sans remplacement possible par une autre personne), les données étaient parfois incomplètes certaines nuits (notamment en raison de l'autonomie des pièges, variables selon les buses et de l'impossibilité de couvrir totalement les week-ends, par exemple). De plus, les problématiques de conception pour la buse N°3 ont parfois empêché de dénombrer correctement les crapauds, lorsque celle-ci montait en eau et que certains individus la traversaient en nageant.

A l'inverse de cette possible sous-évaluation des effectifs, le suivi par pièges photos peut amener à **surestimer** les passages lors de certaines nuits, pour deux raisons : les demi-tours et allers et venues de certains individus, qui sortent régulièrement du champ et ont donc pu être comptés en double, ainsi que le réglage des pièges en time-laps à 30 secondes qui n'a pas toujours permis, par exemple lors des nuits de migrations importantes, de dénombrer facilement tous les individus, lorsque ceux-ci passaient « en masse » devant les objectifs (voir annexe N°3). Un compromis a dû être fait concernant la fréquence du time-laps, en raison de contraintes de temps (à une photo/15 secondes, pour 2 mois de suivi avec 3 pièges, 967 680 clichés seraient obtenus).

Plusieurs **pistes d'améliorations** peuvent être envisagées pour la reconduite du suivi en 2024, en fonction des moyens. L'utilisation d'un logiciel de traitement d'images (*programme de Machine learning*) pour effectuer un premier tri des clichés pourrait permettre de gagner du temps, bien que ce système soit long à mettre en place au départ. Ce gain de temps pourrait éventuellement permettre de régler les pièges en time-laps de 15 secondes (ce qui demanderait un changement de piles et de cartes mémoires plus régulier), idéalement durant tout le suivi et au minimum durant les pics migratoires, afin de faciliter le comptage des crapauds et de ne pas manquer les individus les plus rapides.

Un traitement d'images automatisé permettrait aussi de commencer le suivi plus tôt, dès la mi-décembre et de le continuer un peu plus tard jusqu'à mi-avril, afin de couvrir toute la période possible de migration.

La semaine de suivi en time-laps, du 13 au 17 juin, a permis d'observer la fréquentation des crapelets en buse N°2 (quelques photos en exemple en annexe N°11). Sur les cinq jours suivis, 20 crapelets ont été recensés : 15 d'entre eux étaient en sens « retour » (de l'étang vers la forêt) et 5 en sens « aller ». 17 de ces crapelets ont traversé totalement la buse et seulement 3 d'entre eux ont effectué un demi-tour. Sur ce petit échantillon, ce sont donc **85 %** des individus qui ont emprunté la buse pour traverser la route. De plus, la lecture des images a montré que les crapelets ne montrent pas de signes d'hésitation lors de la traversée. Les buses semblent donc aussi adaptées aux juvéniles de Crapaud épineux et ces derniers ne semblent pas, tout comme les adultes, perturbés par les pièges.

Cependant, là encore, la reconduite du suivi sur l'utilisation des buses par les crapelets lors de leur dispersion permettrait d'obtenir un échantillon plus important et donc des résultats plus représentatifs. Il serait intéressant d'effectuer ce suivi lors d'émergences « explosives » afin de faciliter les observations.

3.2.2 Du crapauduc au passage à petite faune

Au-delà du suivi de la migration des crapauds et de l'évaluation de la fonctionnalité de l'ouvrage pour eux, le suivi par pièges photos a aussi permis d'observer l'utilisation des buses par d'autres espèces, notamment de **nombreux mammifères** mais aussi des **reptiles** et des **oiseaux**, et a donc mis en lumière l'intérêt du crapauduc pour la préservation de la faune fréquentant cette zone.

Les observations ont démontré la capacité d'adaptation très rapide de la faune : les premières observations d'autres espèces que les crapauds fréquentant le crapauduc ont été faites dès la mi-janvier, soit à peine un mois après l'achèvement des travaux du crapauduc.

Ce sont d'abord des espèces de micromammifères, d'oiseaux et des chats domestiques qui ont visité les buses, puis des espèces de mammifères de plus grande taille, dont certaines ont commencé à effectuer des passages réguliers. A partir de fin mars, plusieurs espèces de reptiles ont été identifiées dans les clichés. Au total, ce sont **20 espèces** de faune sauvage qui ont été identifiées et 2 espèces de faune domestique. Des clichés des espèces de faune sauvage ainsi qu'un tableau présentant leurs statuts de conservation et de protection sont disponibles en annexes N°12 et N°13.

Le tableau suivant présente ces espèces (sauvages et domestiques), ainsi que le nombre de passages effectués par chacune d'elles et leur rang de fréquentation, noté de 1 à 15, en fonction de ce nombre de passages.

Espèces	Nombre de passages	Rang
Chat domestique *(Felis catus)*	54	1
Mammifères non-identifiés (Mammalia sp.)	52	2
Mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus)*	46	3
Souris grise (*Mus musculus)*	24	4
Putois d'Europe (*Mustela putorius*)	18	5
Martre des pins (*Martes martes)*	17	6
Musaraigne sp. (*Crocidura sp.* ou *Sorex sp.*)	14	7
Blaireau européen (*Meles meles)*	11	8
Fouine (*Martes foina*)	9	9
Lézard à deux raies (*Lacerta bilineata*)	6	10
Lézard des murailles (*Podarcis muralis*)	5	11
Couleuvre helvétique (*Natrix helvetica)*	5	11
Rouge-gorge familier (*Erithacus rubecula)*	4	12
Couleuvre verte et jaune (*Hierophis viridiflavus)*	3	13
Genette commune (*Genetta genetta)*	3	13
Campagnol sp. (*Microtus sp.* ou *Clethrionomys sp.*)	2	14
Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus)*	1	15
Ecureuil roux (*Sciurus vulgaris*)	1	15
Troglodyte mignon (*Troglodytes troglodytes)*	1	15
Chien domestique (*Canis lupus familiaris*)	1	15
Rainette méridionale (*Hyla meridionalis*)	1	15
Crapaud épineux hors suivi de migration (*Bufo spinosus*)	1	15

Tableau 6 - Classement des 22 espèces ayant fréquenté le crapauduc entre le 6 janvier et le 9 août 2023 selon leur rang, déterminé en fonction de leur nombre de passages.

Hormis les chats et chiens domestiques et les individus non-identifiés, ce sont majoritairement les micromammifères (Mulot sylvestre, Souris grise, Musaraigne sp. ainsi que les mustélidés (Putois d'Europe, Martre des pins, Blaireau européen et Fouine) qui passent le plus souvent par les buses. Les reptiles ainsi que le Rouge-Gorge familier, la Genette commune et le Campagnol sp. sont des visiteurs plus occasionnels voire rares (de 2 à 6 passages). Les autres taxons n'ont été enregistrés qu'une seule fois.

La Martre et la Fouine étant morphologiquement très proches et les critères de détermination reposant principalement sur les couleurs (celle de la bavette notamment, ainsi que celle du museau et du pelage en général), l'espèce n'a pas pu être précisément déterminée pour 16 passages, classés en « *Martes sp*. ».

De manière plus générale, de nombreux clichés classés en « *Mammifères non identifiés* » ne permettaient pas de déterminer l'espèce (soit à cause de l'absence de l'individu, dont le passage se repérait uniquement par les traces laissées au sol, soit à cause de clichés ne montrant pas assez bien l'individu pour le déterminer).

La donnée anecdotique concernant le passage d'un « crapaud hors suivi », datée du 30 mai donc en dehors de la période de migration, a pu être obtenue bien que le piège ne fût pas réglé en time-laps, mais seulement en mode détection. Le **mode détection a aussi fonctionné pour d'autres espèces poïkilothermes**, les plus rapides et/ou celles de grande taille, comme les lézards et les couleuvres vertes et jaunes. En revanche les plus petites espèces, comme la Couleuvre helvétique ou les crapelets, n'ont été détectées qu'en time-laps.

Si la fréquence importante de chats domestiques n'a rien de surprenant, particulièrement en zone semi-urbaine, celle d'un chien en milieu de nuit est plus inattendue (cf. annexe N°11). Il pourrait s'agir d'un chien échappé de son domicile, ou encore de la visite d'un promeneur curieux accompagné de son animal (un détail de la photo laisse un doute : en bas à droite du cliché, certaines personnes voient les pattes du chien, d'autres une main humaine). Il est resté à l'entrée de la buse et ne l'a pas franchi.

Concernant les chats, de nombreux individus différents ont pu être identifiés, dont certains en fréquentation très régulière. Leur présence ne semble pas perturber la migration des crapauds (plusieurs clichés montrent des chats et des crapauds se croisant, sans que les félins y prêtent attention).

De même, la fréquentation des buses par d'autres espèces de mammifères lors de la migration des crapauds, dont certains en sont des prédateurs, n'a pas semblé poser de problèmes. Seules deux scènes de prédation sur des crapauds par un ou des blaireau-x ont été répertoriées, dans deux buses différentes.

Toutefois, il n'est pas possible de conclure que le crapauduc favoriserait cette prédation : la reproduction du Crapaud épineux, qui s'effectue en rassemblements créant une grande concentration d'individus autour de l'étang, constitue dans tous les cas des conditions facilitant la prédation des crapauds. Ainsi, si ces prédations n'avaient pas eu lieu dans les buses, elles auraient très probablement eu lieu sur le chemin de l'étang ou autour de celui-ci. De plus, d'autres clichés montrent de potentiels prédateurs croisant des crapauds sans s'arrêter, comme le Putois d'Europe. Les prédations du Crapaud épineux au sein des buses restent donc anecdotiques. Enfin, une scène de prédation d'un micromammifère par une Martre ou une Fouine a été enregistrée en vidéo mais reste, elle aussi, anecdotique.

Les deux espèces d'oiseaux répertoriées, le Rouge-gorge familier et le Troglodyte mignon, ont des mœurs cavernicoles, ce qui peut expliquer qu'ils ont été attirés par les buses.

De même que les années précédentes, le Crapaud épineux était quasiment la seule espèce d'amphibien présente en migration vers l'étang de la Briqueterie. Une seule autre donnée d'amphibien a été répertoriée, avec le passage d'une Rainette méridionale, le 12 mars en buse N°1 (voir annexe N°11). L'absence d'autres espèces pourrait s'expliquer par la présence de l'Ecrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*), une espèce invasive et prédatrice d'amphibiens (œufs, larves et adultes), dans l'étang de la Briqueterie (Thirion et Vollette, 2016). La présence du Poisson-chat (*Ameiurus melas*), espèce invasive elle aussi et au régime opportuniste, pourrait toutefois limiter la prédation de l'Ecrevisse de Louisiane sur les crapauds épineux dans cet étang, puisqu'il en est un prédateur. De plus, les chapelets d'œufs et les têtards de Crapaud épineux sécrètent, contrairement aux autres amphibiens, des substances répulsives qui limitent leur prédation par les poissons (*ibidem*).

Le tableau suivant présente le nombre d'espèces identifiées sur les 21 répertoriées (le Crapaud épineux n'est pas compté) ainsi que le nombre de passages toutes espèces confondues pour chaque buse :

Numéro de buse	Nombre d'espèces sur les 21 répertoriées	Nombre de passages
Buse N°1	8	69
Buse N°2	19	197
Buse N°3	5	12

Tableau 7 - Présentation pour chaque buse du nombre d'espèces identifiées sur les 21 répertoriées lors du suivi et nombre de passages toutes espèces confondues.

Les buses N°1 et N°3 n'ont été suivies que lors de la migration du Crapaud épineux, jusqu'au 7 avril. La buse N°2 a continué à être suivie par piège photo jusqu'au 9 août, ce qui explique le nombre bien plus important d'espèces et de passages dans celle-ci. Toutefois, c'est celle qui a été retenue pour poursuivre le suivi par piège photo car au moment de l'arrêt du suivi de la migration des crapauds, c'est elle qui présentait le plus d'espèces (11 à ce moment-là) et le plus de passages de faune sauvage (54 à ce moment-là). La buse N°1 en présente 69, mais elle était particulièrement fréquentée par les chats domestiques. Si on déduit leurs passages, il ne reste que 24 données de passages de faune sauvage.

Cette **attractivité de la buse N°2** concerne donc aussi bien les crapauds que les autres espèces, en particulier les mammifères. En effet, la plupart de ces espèces sont dépendantes de plusieurs habitats pour satisfaire à leurs différents besoins (alimentation, repos, reproduction), notamment les zones humides et forestières. La buse N°2 étant celle qui relie le plus directement le marais et la forêt, il n'est pas surprenant qu'elle soit la plus fréquentée.

La montée en eau très régulière de la buse N°3 et son enlisement progressif peuvent expliquer sa faible fréquentation par les mammifères. Toutefois, c'est la seule dans laquelle est passé le Hérisson d'Europe (que la boue encore fraîche n'a pas dérangée), une espèce particulièrement victime de la mortalité routière.

Ces données de fréquentation par d'autres taxons, obtenues grâce au suivi par pièges photos, sont particulièrement intéressantes car elles permettent d'enrichir les connaissances sur la faune de Suzac. Ces résultats permettent notamment de mettre en évidence la **grande richesse et diversité faunistique du Domaine de Suzac**.

Les données concernant le Putois d'Europe sont particulièrement importantes, car son statut de conservation au niveau national est précaire (classé *Quasi menacé* d'après la Liste Rouge des mammifères de France métropolitaine ; UICN, 2017) et l'est encore plus au niveau régional (classé *Vulnérable ;* UICN, 2018), ce qui signifie que la région Nouvelle-Aquitaine a une responsabilité particulière dans la protection du Putois d'Europe. La fréquentation régulière des buses par cette espèce, qui devient de plus en plus rare en France et particulièrement dans la partie ouest est donc un point positif.

Dans la zone de la Briqueterie (Marais de Chenaumoine ou en bordure), 30 espèces de mammifères et 5 espèces de reptiles ont été répertoriées (Thirion et Vollette, 2016a). L'Ecureuil Roux et la Souris grise n'apparaissent pas dans la liste, mais l'Ecureuil était déjà identifié dans les secteurs alentours. Sur ce total, 9 espèces de mammifères et 4 de reptiles fréquentent déjà le crapauduc et utilisent les buses pour traverser la route, ce qui représente un nombre important.

Sur cette même liste, il reste 10 espèces de mammifères dont l'écologie, la morphologie et le comportement leur permettraient de fréquenter les buses et auxquelles le dispositif pourrait bénéficier, notamment : la Crocidure musette et la Musaraigne couronnée (la distinction de ces deux espèces est difficile sur les clichés de pièges photos, il est donc possible qu'elles soient toutes deux passées par les buses), le Lièvre d'Europe, le Rat des moissons, le Campagnol agreste et le Campagnol des champs (les Campagnols présentent le même problème d'identification que les musaraignes, il est donc aussi possible que ces deux espèces soient passées), la Belette d'Europe, le Lapin de garenne, le Rat Surmulot, le Renard roux. Concernant les reptiles répertoriés dans la zone, seule la Couleuvre vipérine n'a pas été contactée lors du suivi mais sa fréquentation dans les buses semble peu probable, cette espèce étant inféodée aux milieux aquatiques. De plus, elle est en fort déclin en France et tout particulièrement dans les marais de l'Ouest.

Cela signifie que plusieurs espèces se sont déjà adaptées aux buses et qu'elles sont utiles pour préserver une partie de la faune du Domaine de Suzac : en rétablissant une continuité entre la forêt et les marais, les buses leur permettent de transiter plus facilement et plus en sécurité d'un habitat à l'autre. Contrairement aux crapauds, certains mammifères ont semblé remarquer les pièges régulièrement (ils les regardaient et/ou les sentaient), mais hormis quelques demi-tours anecdotiques observés, cela n'a pas semblé les perturber. L'identification de certains individus (entre martre et fouine par exemple) et la détection des passages les plus rapides sont des limites du suivi par pièges photos des mammifères, notamment dans des buses de petits diamètres comme celles du crapauduc de Saint-Georges-de-Didonne, qui offrent un champ de visibilité restreint.

A nouveau, **reconduire ce suivi** permettrait d'observer la fréquentation dans le temps des buses par les mammifères et éventuellement le passage de nouvelles espèces. Suivre cette fréquentation à d'autres saisons, en automne et en début d'hiver, serait aussi intéressant pour une connaissance plus générale de la faune de Suzac et de l'intérêt du dispositif pour elle au long de l'année.

3.3 Les points faibles identifiés

3.3.1 Des grilles non adaptées aux adultes

Choisies en prenant en compte des contraintes de sécurité et de réglementation, les grilles installées au niveau des accès pour empêcher le passage des crapauds semblaient, à première vue, peu adaptées à cet effet. Elles présentaient en effet de faibles écartements et des zones pleines importantes.

Lors des nuits avec passages de crapauds, des tests ont été réalisés sur le terrain, en plaçant certains individus ramassés sur la route devant les grilles pour observer la difficulté qu'ils avaient à les franchir sans tomber. La plupart ont réussi facilement à les traverser. De même, les bénévoles ont transmis leurs observations lors des nuits de suivi, toutes unanimes et rejoignant celles des riverains : si quelques crapauds ont été vus tombant à travers les trous (généralement les mâles les plus jeunes donc les plus petits), beaucoup ont été observés arrivant à franchir aisément les grilles. Certaines situations problématiques liées à ce type de grilles ont aussi été observées, comme lors de passages d'amplexus : une femelle tombée dans un trou était retenue par le mâle qui se trouvait sur son dos, en train de l'étrangler.

Afin de vérifier si ces impressions reflétaient la réelle efficacité des grilles et d'obtenir une idée plus précise de leur fonctionnalité, le piège photo installé au-dessus de la grille la plus passante avait pour but de déterminer un pourcentage de crapauds retenu dans le dispositif par les grilles et celui des crapauds réussissant à les franchir et se retrouvant sur la route.

Sur les cinq nuits de suivi effectuées, ce sont au total 23 crapauds passant sur les grilles qui ont été dénombrés, dont 3 tombant à travers les trous des grilles et 20 réussissant à les franchir sans tomber, soit : **87 %** de crapauds passant au-dessus des grilles, et **13 %** tombant à travers.

Il serait nécessaire de **réitérer ces tests** pour obtenir un plus grand échantillon et donc des résultats plus solides et représentatifs de l'efficacité des grilles. Cependant cette première piste, les différentes observations réalisées sur le terrain ainsi que les crapauds ramassés sur la route (**15, 6 %** de la population migratrice de 2023), indiquent que les grilles ne sont **pas suffisamment fonctionnelles** pour empêcher les crapauds adultes de les traverser.

Cependant, elles semblent **plus adaptées pour retenir les crapelets** à l'intérieur du dispositif et les empêcher de se retrouver sur la route. Contrairement aux adultes, les crapelets se déplacent en sautant et sont de très petites tailles, ce qui augmente leur chance de tomber à travers les trous des grilles.

Six tests visuels sur le terrain ont pu être réalisés, en observant le comportement des crapelets devant les grilles. Les six individus sont tombés à travers un trou de la grille après leur premier ou deuxième saut. Toutefois, quelques crapelets ont été trouvés sur la route (vivants ou cadavres), ce qui indique que le crapauduc n'est pas totalement étanche pour eux non plus.

Il était prévu de réaliser un test au piège photo pour compléter ces observations, mais l'émergence des crapelets n'a pas été « explosive » cette année et, malgré une surveillance quotidienne dès les premières observations d'individus, il n'y a pas eu de moment opportun pour placer le piège, car seuls quelques individus ont été observés au total et seulement lors des journées pluvieuses / humides (la période ayant été sèche). A nouveau, il serait intéressant de réitérer ces observations l'année prochaine sur un échantillon plus important.

3.3.2 Caractérisation de la perméabilité par zone

Le suivi sur le terrain par les bénévoles s'est effectué lors de **34 soirées**, dont 17 avec présence de crapauds. Cette année, la durée moyenne d'intervention le soir était moins longue qu'en 2022, avec environ 1h de suivi effectué (en fonction du nombre de captures) entre 19h50 et 20h50 en moyenne.

Cette réduction du temps de suivi par soirée s'explique par la diminution de la zone à prospecter et le peu de crapauds retrouvés hors dispositif. Il s'est arrêté le **15 mars**, aucun crapaud n'ayant été observé pendant plusieurs jours.

Au total, ce sont **414** crapauds (325 vivants et 89 cadavres) qui ont été observés par les bénévoles en-dehors du dispositif, soit **15, 6 %** du total de la population contactée cette année. L'annexe N° 14 présente la synthèse des résultats de ce suivi. Grâce aux fiches qui ont été remplies lors du ramassage des crapauds, il a été possible de déterminer un pourcentage de fuites par zone du crapauduc. La figure suivante présente les résultats issus de ces données :

Pourcentages des crapauds sortis hors du crapauduc par zones prospectées, lors du suivi des bénévoles (2023)

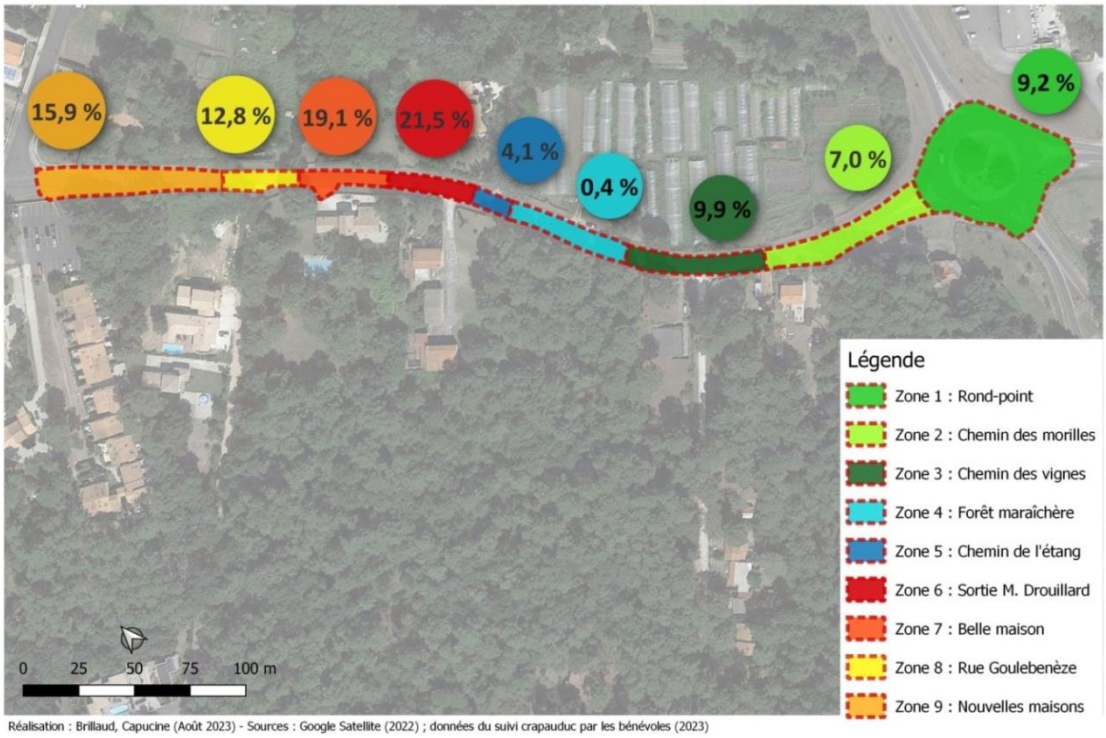


Figure 8 - Proportions (en %) de sorties hors du crapauduc, identifiées lors du suivi des bénévoles 2023, pour chacune des 9 zones de l'ouvrage.

Ces données correspondent aux dynamiques observées les années précédentes : les deux zones qui présentent les taux de fuite les plus importants, « *Sortie M. Drouillard* » et « *Belle maison* », correspondent à des **passages migratoires privilégiés** par les crapauds (Thirion et Vollette, 2016). Cela explique en partie que les pourcentages de fuite à ces endroits sont plus importants, puisque plus de crapauds fréquentent ces zones. Les deux zones suivantes représentant les fuites les plus importantes sont « *Nouvelles maisons* » et « *Rue Goulebenèze* ». Ces quatre zones correspondent, globalement, aux zones les plus fréquentées les années précédentes.

Dans les années à venir, un changement de dynamique pourrait éventuellement être observé rue Goulebenèze, en fonction de l'adaptation des crapauds aux récents travaux et à l'aménagement du lotissement.

La connaissance des zones présentant les plus hauts taux de fuite a permis de **prioriser** les secteurs sur lesquels des améliorations pouvaient être proposées. La sortie sur le terrain avec les bénévoles a permis de déterminer les endroits précis où réaliser ces améliorations. Une réunion sur le site du Crapauduc avec la *Direction des Infrastructures* du Département de la Charente-Maritime, le 13 juin 2023, a ensuite permis de travailler conjointement sur des **propositions d'ajustements**, qui permettront **d'améliorer l'efficacité du crapauduc** et qui seront réalisées à l'automne 2023. Un compte-rendu détaillant ces propositions est disponible en annexe N°15.

Elles concernent principalement **l'adaptation de la grille** de la sortie riveraine du secteur « *Sortie M.* Drouillard » lors de la période de migration, la **reprise de quatre pentes de terres** dans les coins de certaines grilles, trop douces (permettant aux crapauds de remonter sur la route), **l'aménagement d'une petite barrière** dans le jardin du secteur « *Belle maison* » et le **perçage d'un trou** dans le mur de cette maison, ainsi que **l'installation d'une palissade** sur le grillage de la maison face à la « *Sortie M.Drouillard* ». De même, **l'ajout d'une lisse** au bas du portail de la maison secteur « *Chemin des Morilles* » permettrait de limiter la fuite des crapauds à cet endroit, bien que le taux de fuite n'y soit pas le plus élevé. Enfin, des travaux à l'une des sorties de la buse N° 3 pourrait permettre de limiter sa montée en eau, grâce à l'ajout d'une **tranchée drainante** recouverte de géotextile.

De même que pour le suivi par pièges photos, la **reconduite du suivi par les bénévoles** serait intéressante, notamment pour évaluer les améliorations effectuées et les taux de fuite restant malgré celles-ci. Idéalement, ce suivi pourrait couvrir les mêmes périodes que le suivi par pièges photos, pour une comparaison plus juste. Il serait aussi intéressant d'organiser des **suivis les matins**, ce qui permettrait d'obtenir des données plus complètes en prenant en compte les cadavres des individus passés dans la nuit après l'équipe du soir, bien qu'ils soient minoritaires. Ainsi, les nombres de sorties hors dispositif des crapauds ont pu être sous-estimés cette année.

De plus, les données sur la fiche des bénévoles n'étaient pas toujours suffisamment précises. Celle-ci pourra être réadaptée pour les prochains suivis : étant donné le peu d'individus contactés par soirée, il serait plus intéressant d'indiquer ces individus précisément par une croix à l'endroit où ils ont été trouvés. Remplir les données sur un seul côté serait aussi plus simple (pas de recto/verso), notamment pour les soirées pluvieuses.

3.4 Un ouvrage imparfait mais fonctionnel

3.4.1 Un crapauduc qui ne perturbe pas la phénologie de migration

L'étude des variations de **température** et **d'humidité** sur la période du suivi, à partir des données météorologiques de *météociel*, a permis de mettre en évidence que ces paramètres continuent à influencer la migration des crapauds de la même manière qu'avant la construction du crapauduc. Cela montre que l'ouvrage ne modifie pas l'influence de ces paramètres sur les migrations et leur déclenchement.

Les différents pics de migration de l'année 2023 ont été répartis sur l'ensemble de la période du suivi : trois principaux et un à la marge pour le suivi par pièges photo et trois pour celui effectué par les bénévoles. Le nombre de pics de migration et leur période sont des paramètres qui peuvent beaucoup varier d'une année à l'autre.

Les figures 9 et 10 présentent les variations de températures maximales et minimales ainsi que les variations de pluviométrie au cours des soirées effectués lors des deux suivis confondus (les données de température maximale et de précipitations n'étaient pas disponibles pour le 1er février).

En les comparant aux figures 11 et 12, qui présentent les pics de migration identifiés lors de chacun des suivis, en montrant les effectifs de crapauds par dates de suivis réalisées, on constate que les pics de migration correspondent bien aux périodes présentant à la fois la plus forte pluviométrie et les températures les plus douces.

Entre le 7 et le 15 janvier, les températures douces allant jusqu'à 15°C et ne descendant pas en-dessous de 5°C ainsi que la pluviométrie importante, avec un pic le 8 janvier, peuvent expliquer le premier pic de migration précoce. L'arrêt de ce premier pic correspond à une diminution simultanée des températures minimum et de la pluviométrie. Jusqu'au pic suivant, les températures sont restées basses (fréquemment en-dessous de 0°C) et la pluviométrie quasi nulle.

A partir du 15 février et jusqu'au 23, au début du 2ème pic de migration, les températures étaient fréquemment au-dessus des 15°C et ne sont descendues qu'une fois en-dessous de 5°C. La pluviométrie a été très légère à partir du 16 février, puis plus importante à la fin du pic, le 23 février. Cette période de sept jours aux températures assez douces accompagnées d'humidité a présenté les conditions favorables à la migration des crapauds et peut expliquer l'importance du 2ème pic.

Les températures minimales sont légèrement redescendues jusqu'au 8 mars et il n'y a pas eu de pluie entre le 25 février et le 7 mars. A partir du 8 mars et jusqu'au 14, la période du 3ème pic, les températures sont restées majoritairement au-dessus de 10°C. Un petit pic de pluviométrie a eu lieu au même-moment, puis elle s'est étalée jusque début avril avec une légère augmentation le 23 mars, correspondant au 4ème pic, plus anecdotique.

Les quatre pics migratoires des crapauds correspondent donc aux quatre périodes du suivi ayant présenté à la fois de l'humidité et des températures relativement douces.

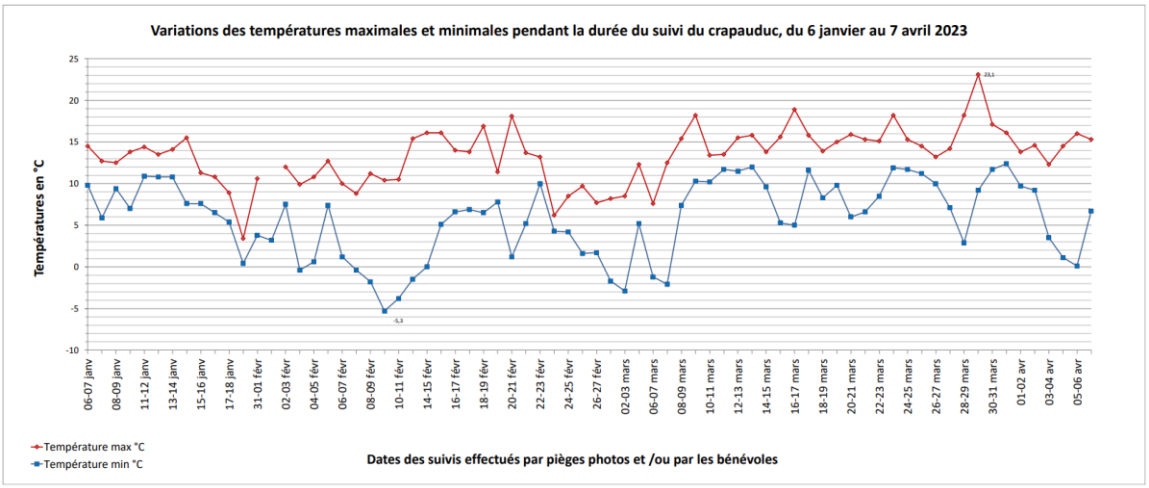


Figure 9 - Variations des températures minimales et maximales au cours des suivis, entre le 6 janvier et le 6 avril.

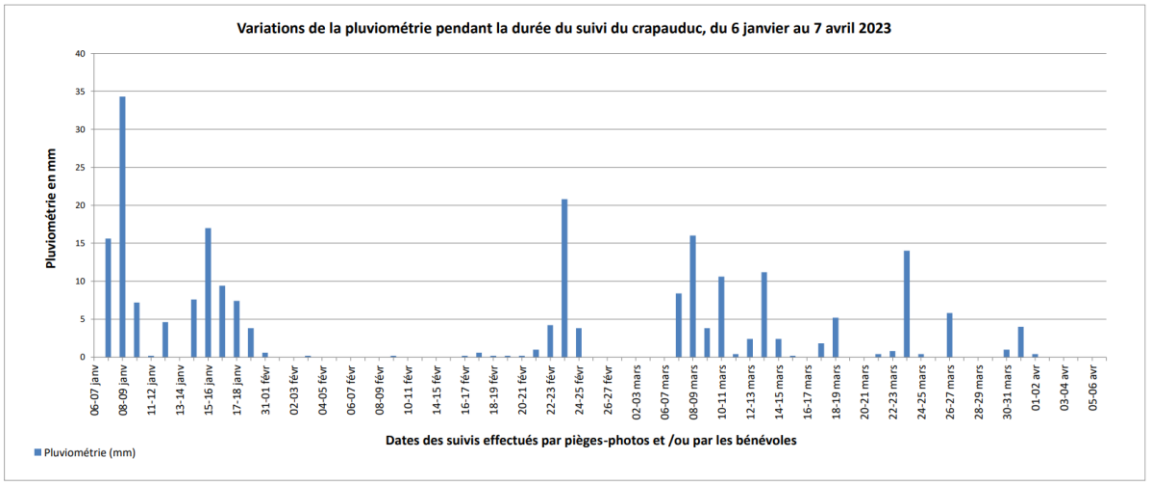


Figure 10 - Variations de la pluviométrie au cours des suivis, entre le 6 janvier et le 6 avril.

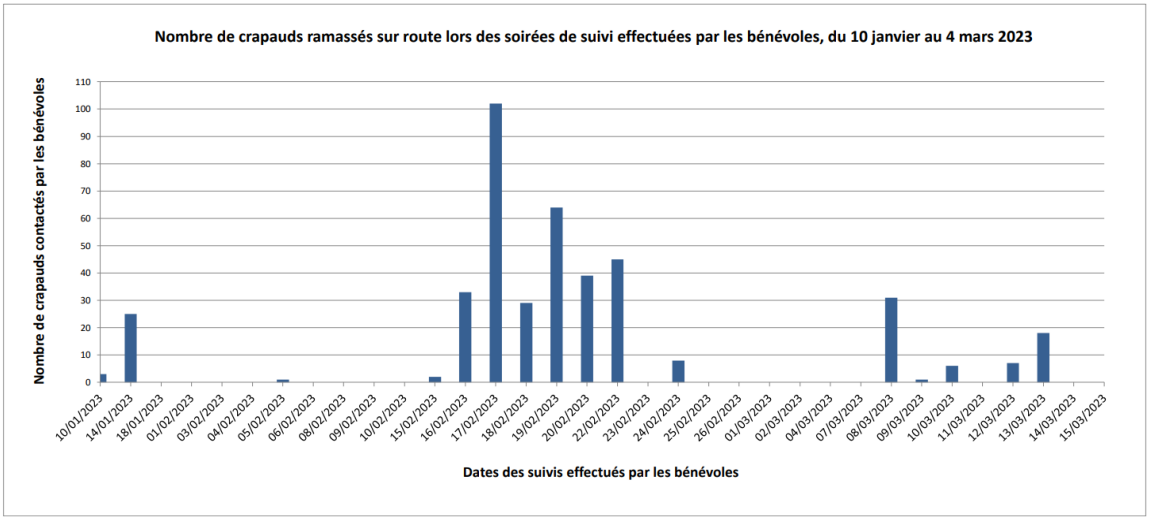


Figure 11 - Pics de migration identifiés par l'analyse issue du suivi effectué par les bénévoles, entre le 10 janvier et le 15 mars.

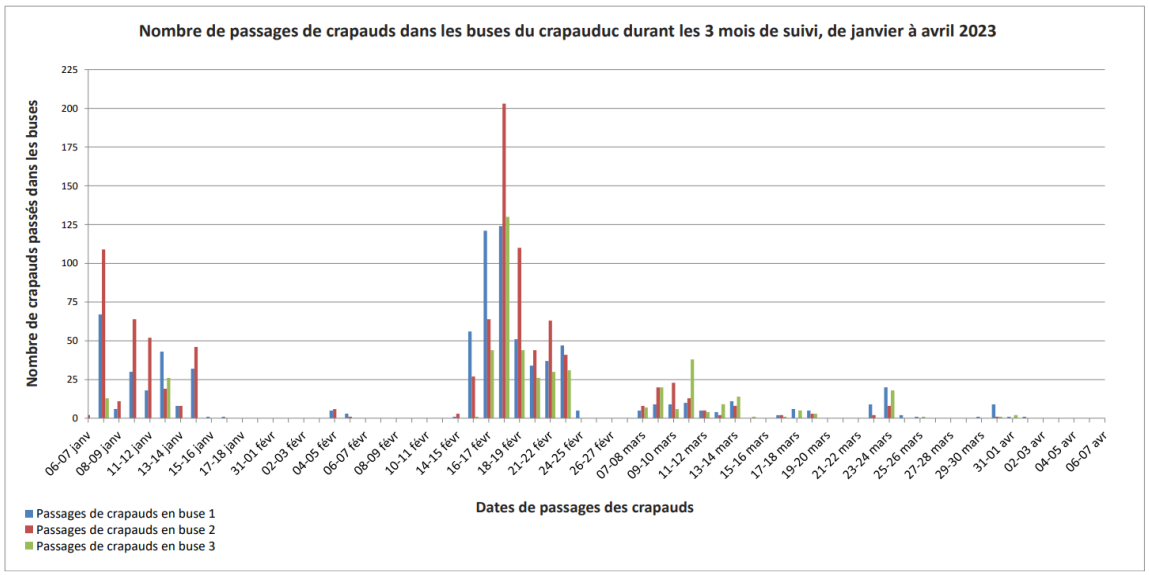


Figure 12 - Pics de migration identifiés par l'analyse issue du suivi par pièges photos, entre le 6 janvier et le 7 avril.

Malgré la grande variabilité de la phénologie de la migration du Crapaud épineux, l'étude de certains paramètres phénologiques, réguliers d'année en année, a permis de vérifier qu'ils suivaient en 2023 les tendances de migration habituellement connues et que ces mêmes tendances étaient observées pour les crapauds en-dehors et dans le dispositif, ce qui signifie que l'ouvrage n'a pas perturbé ces comportements.

Ainsi, chacune des années de suivi antérieures a montré que **plus d'un tiers des effectifs de crapauds passe en moins de 5 jours** lors de leur migration vers l'étang de la Briqueterie (Thirion et Vollette, 2016). A nouveau, ce phénomène a été observable cette année avec **39, 7 %** des effectifs comptabilisés dans les buses et **39, 6 %** des effectifs comptabilisés par les bénévoles qui sont passés du 16 au 19 février.

Le premier pic de janvier n'a pas été comptabilisé par le suivi des bénévoles car celui-ci n'a démarré qu'en février. De même pour le dernier pic de mars : le suivi des bénévoles était déjà terminé, aucun crapaud n'ayant été contacté les jours précédents. Cependant, les suivis sur le terrain ont bien été effectués lors des deux autres pics (du 15/02 au 23/02 et du 07/03 au 14/03) avec seulement un jour manquant pour le suivi bénévoles par rapport au suivi par pièges photos. Il est donc possible de comparer les données de passages de ces pics.

Pour les deux suivis, les dates et la durée des pics de migration sont détaillées dans les tableaux suivants. Différents pourcentages sont indiqués : les passages par pic, entre les pics ainsi que le total cumulé de la population passée après chacun d'eux.

Pics de migration	Dates du pic	Durée du pic (jours)	% de passages par pic	% de passages entre les pics	% cumulés de population totale passée après chaque pic
N°1	Du 07/01 au 15/01	7	24, 60 %	Avant le pic 1 : 0, 13 %	24, 73 %
N°2	Du 15/02 au 23/02	7	59, 18 %	Entre pic 1 et 2 : 0,94 %	84,85 %
N°3	Du 07/03 au 14/03	7	10, 25 %	Entre pic 2 et 3 : 0,22 %	95, 32 %
N°4	Du 22/03 au 24/03	2	2, 54 %	Entre pic 3 et 4 : 1,25 %	99,11 %
				Après le pic 4 : 0, 89 %	100 %

Tableau 8 - Détail des pics migratoires identifiés par l'analyse du suivi par pièges photos (dates et durée des pics, proportions de passages par pics, entre les pics et total de passages cumulés après chaque pic en %).

Pics de migration	Dates du pic	Durée du pic (jours)	% de passages par pic	% de passages entre les pics	% de population totale passée après chaque pic
N°1	Du 10/01 au 14/01	4	6, 76 %		6, 76 %
N°2	Du 15/02 au 23/02	7	75, 85 %	Entre pic 1 et 2 : 0,24 %	82, 85 %
N°3	Du 08/03 au 13/03	6	15, 22 %	Entre pic 2 et 3 : 1,93 %	100 %

Tableau 9 - Détail des pics migratoires identifiés par l'analyse du suivi effectué par les bénévoles (dates et durée des pics, proportions de passages par pics, entre les pics et total de passages cumulés après chaque pic en %).

Les **pics concentrent donc la majorité des individus** migrateurs tandis que les passages entre ces pics ne comptent que quelques individus : cela traduit l'aspect « explosif » de la migration du Crapaud épineux, que le crapauduc n'a pas perturbée.

Bien que les données du suivi par pièges photos soient plus complètes que celles du suivi sur le terrain, leur comparaison permet de confirmer que la **phénologie de migration des crapauds passés dans et en dehors du dispositif est similaire**, et qu'elle est aussi **identique à la phénologie observée les années précédentes**. Cela indique aussi que le crapauduc ne semble pas perturber les pics de migration.

Le pic de début janvier, qui débute dès la mise en place du suivi, précoce par rapport aux dates habituelles de migration, nous permet d'envisager que la migration avait peut-être déjà commencé avant cette date. Il est donc possible qu'une partie des individus n'aient pas été contactés.

Cette hypothèse semble confirmée par l'analyse des données des individus sexés dans les buses 1 et 2 du 7 au 15 janvier (la 3ème buse n'ayant pas été complètement suivie à cette période). Habituellement en début de migration, les mâles arrivent en premier sur le site de reproduction. Or, les premières données de femelles datent du 7 janvier pour les buses N°1 et N°2 et du 12 janvier pour la N°3. De plus, elles représentent **16, 4 %** des crapauds sexés dans ces buses durant la première quinzaine de janvier. Cette **migration précoce pourrait s'expliquer par les conditions météorologiques favorables** au début du mois de janvier.

La grande majorité de mâles dans ces effectifs confirme un autre critère phénologique plutôt régulier lors des années de suivi antérieures : le fait que les **mâles sont plus nombreux** en début de migration. Leur nombre est aussi généralement plus important en fin de migration : là encore ce phénomène est nettement vérifié, avec près de **82 % de mâles** lors de la dernière grosse vague de migration, du 7 au 14 mars (sur le total des passages en buses N°1, N°2 et N°3). Le tableau suivant récapitule les précédents résultats, en présentant les pourcentages de mâles et femelles lors des 1er et 3ème pics de migration :

	% mâles	% femelles
Début de migration (1er pic : du 7 au 15 janvier, buses N°1 et N°2)	83,6%	16,4%
Fin de migration (3ème pic : du 7 au 14 mars, buses N°1, N°2 et N°3)	81,9%	18,1%

Tableau 10 - Proportions de mâles et de femelles en début et en fin de migration (en %).

La fin de migration a été située à partir du 3ème pic grâce aux critères de direction et de compteur remplis pour chaque crapaud, en « *Aller* » ou « *Retour* » et en « 0 » ou « 1 » en fonction de la traversée partielle ou totale des buses. Du 6 janvier au 23 février, la moyenne des crapauds ayant effectué des allers « vrais » dans les trois buses (se rendant à l'étang et dont le passage est effectif, noté 1 au compteur) représentent **83, 7 %** des effectifs. Les crapauds en sens retour ayant complètement traversé les buses sont probablement, pour une majorité, de faux retours liés au comportement migratoire des mâles, qui peuvent effectuer des allers-retours en début de migration pour attendre les femelles.

En revanche à partir du 7 mars et jusqu'à la fin du suivi, la moyenne des retours est de **74,4 %**, ce qui indique qu'une majorité d'individus ont terminé de se reproduire et retourne en milieu terrestre.

Concernant la **sexe-ratio** de la population, et comme le rappelle l'étude de caractérisation de la population de Crapaud épineux (Thirion et Vollette, 2016), celle-ci est très variable d'une année à l'autre mais est souvent en **faveur des mâles**. En prenant en compte les individus indéterminés, l'analyse des données indique que c'est bien le cas en 2023, puisque les mâles constituent **59 %** des individus. En tenant seulement compte des individus sexés, la sexe-ratio est de **3,38**, ce qui indique un nombre de mâles largement supérieur à celui des femelles. Sur les dix années de suivi antérieures, six ont présenté une sexe-ratio en faveur des mâles, contre quatre pour les femelles : **l'année 2023 suit donc la tendance majoritaire**.

Le tableau suivant présente les pourcentages de mâles, de femelles et d'individus dont le sexe n'a pas pu être déterminé pour chaque buse ainsi que lors du suivi effectué par les bénévoles, puis les moyennes pour ces trois catégories sur le total des crapauds contactés :

Sexe / N°de Buse	% Mâles	% Femelles	% Indéterminés
Buse N°1	51, 7 %	15 %	33, 3 %
Buse N°2	68 %	18 %	14 %
Buse N°3	53, 5 %	11, 6 %	34, 9 %
Suivi bénévoles	62, 8 %	37, 2 %	0 %
MOYENNE	**59 %**	**20, 5 %**	**20,5 %**

Tableau 11 - Proportions de mâles, de femelles et d'individus non sexés lors des deux suivis et moyenne des résultats (en %).

3.4.2 Un niveau de protection suffisant pour la pérennité de la population

La **comparaison du nombre de cadavres par rapport au nombre de crapauds retrouvés hors dispositif** a permis de déterminer un taux de mortalité de 27, 4 % des individus non protégés par le crapauduc.

Sur le total de la population contactée cette année (dans et hors du dispositif), ce taux ne représente plus que **3, 4 %.** Il est inférieure à la moyenne de mortalité de **8, 5 %** des dix années de suivi crapaudrome. Toutefois, l'intervention des bénévoles cette année encore a permis de sauver une grande partie des individus retrouvés sur route. Si le suivi par bénévoles n'avait pas été effectué (ce qui devrait être le cas dans les années à venir) et en imaginant que tous les crapauds hors dispositif aient été tués, le taux de mortalité de la population totale serait de **18, 4 %**.

Ainsi, même sans intervention des bénévoles, le crapauduc a permis de protéger **81, 8 %** de la population de Crapaud épineux. Comparativement, lors des neuf années où l'opération crapaudrome a été réalisée avec bâches et seaux, ce sont en moyenne seulement **50, 8 %** des crapauds qui étaient protégés par le dispositif.

Ces résultats indiquent que le **crapauduc capte mieux les crapauds que le crapaudrome** et limite donc plus efficacement la mortalité des crapauds. De plus, le **dispositif devrait permettre de protéger la population à long terme**, puisqu'il assure un **taux de mortalité inférieur à 30 %**, seuil à partir duquel la pérennité de la population est menacée.

La reconduite de ce suivi, au moins en 2024 et idéalement les années suivantes, en l'effectuant de la façon la plus exhaustive possible, permettrait de confirmer les résultats obtenus cette année et de mieux caractériser l'utilisation du crapauduc par la population de Crapaud épineux.

De plus, la population migratrice pouvant être très variable d'une année à l'autre, un suivi sur plusieurs années permettrait d'obtenir une évaluation plus juste du dispositif et de son efficacité pour limiter la mortalité de cette population. Il permettrait aussi de s'assurer que l'entretien prévu par contractualisation avec la commune de Saint-Georges-de-Didonne, un hydrocurage des buses par an et le gyrobroyage des fossés, est adapté pour assurer la fonctionnalité de l'ouvrage dans le temps. En effet, **l'entretien des crapauducs peut grandement influencer leur utilisation** (Beebee, 2013).

4 Conclusion

La conception d'un **crapauduc efficient en milieu semi-urbain** est complexe du fait de la multitude de contraintes liées aux infrastructures existantes et de leurs utilisations. Aussi, en l'absence de retours d'expériences sur ces aménagements dans ce contexte, il était nécessaire d'évaluer la fonctionnalité de celui récemment construit à Saint-Georges-de-Didonne.

Cette étude montre qu'il permet d'assurer la survie d'au moins **70 %** des individus migrateurs. Bien que non exhaustifs, les résultats de cette première année de suivi semblent **très encourageants** concernant l'utilisation des buses : près de **85 %** de la population des 2 244 adultes migrateurs contactés les ont empruntées. Les crapelets les utilisent eux aussi aisément pour effectuer leur dispersion. De plus, les grands traits de la **phénologie de migration** des crapauds étaient **similaires** à ceux observés les années précédentes : phases et déroulement de la migration, comportement des individus, sexe-ratio et influence des facteurs météorologiques. Le **dispositif ne perturbe donc pas la migration**.

Le suivi effectué par les bénévoles sur le terrain a été indispensable pour déterminer le taux de fuite des crapauds hors du dispositif et pour obtenir des résultats concernant le taux de mortalité restant. Ce **taux de fuite s'avère faible**, avec seulement **15, 6 %** des crapauds retrouvés sur la route (soit 414 individus). Ce suivi a aussi permis d'identifier précisément les zones présentant les problématiques de fuite les plus importantes et de proposer des **améliorations** réalisables (simples et peu coûteuses) pour la majorité d'entre elles, qui seront effectuées dans le courant de l'automne 2023 par la Direction des Infrastructures du Département, avant la prochaine migration.

Conformément à ce qui avait été pressenti, les grilles installées devant la plupart des accès de la zone **semblent très peu fonctionnelles** pour les individus adultes, avec seulement **13 %** des crapauds interceptés par ces dernières lors du suivi effectué par piège photo au-dessus de l'une d'elle. Il serait nécessaire de confirmer ces premiers résultats, obtenus sur un petit échantillon, en réitérant ce suivi l'année prochaine. Toutefois, elles semblent plutôt bien adaptées aux crapelets, mais l'échantillon testé est lui aussi trop petit pour que ces résultats soient certains ; ils devront également être complétés par la poursuite du suivi.

Ainsi les deux suivis menés en parallèle, par pièges photos et par les bénévoles, ont permis de déterminer un taux de mortalité minimum, les suivis n'ayant pas été totalement exhaustifs. Ce taux de mortalité de **3, 4%** apparaît acceptable pour la survie de la population puisqu'il se situe bien **en-dessous du seuil de 30 %** de mortalité, au-delà duquel la population n'est pas pérenne. Toutefois, le taux maximal de mortalité de **18, 4 %**, si l'intervention des bénévoles n'avait pas eu lieu et que tous les crapauds hors dispositif s'étaient fait écraser, n'est qu'à 11, 6 % d'atteindre le seuil critique.

En considérant les différents éléments exposés précédemment, il apparait **nécessaire de reconduire le suivi du fonctionnement du crapauduc**, en essayant de le rendre plus exhaustif. Il serait d'autant plus intéressant de le poursuivre sur plusieurs années, afin de s'assurer que le seuil de mortalité reste bien inférieur à 30 %. Cela permettrait aussi d'évaluer l'impact du crapauduc sur la dynamique de la population à long terme. La meilleure survie des crapelets notamment, pour lesquels aucun dispositif n'était mis en place auparavant, pourrait permettre d'accroître cette dynamique. Par ailleurs, il est indispensable **d'entretenir régulièrement** l'ouvrage car il est avéré que beaucoup d'aménagements de ce type échouent à moyen terme par manque de maintenance.

Ce suivi a aussi permis de répondre à l'objectif secondaire qu'il visait : déterminer l'intérêt du crapauduc pour la protection d'autres espèces. L'utilisation des buses par **19 espèces sauvages** permet d'affirmer que **le dispositif leur est aussi bénéfique**. L'ouvrage qui s'est révélé être, au-delà d'un crapauduc, un vrai passage à petite faune, leur permet de retrouver une continuité entre les différents habitats qu'elles fréquentent et de réduire ainsi le risque de collisions routières pour les automobilistes.

De plus, leur utilisation des buses permet d'acquérir de nouvelles connaissances sur cet espace et d'enrichir celles déjà existantes sur la faune du Domaine de Suzac. Ce premier suivi a révélé une grande **richesse et une diversité faunistique** qui permettra peut-être, à terme, **d'élargir le périmètre de l'ENS afin de limiter l'urbanisation** autour du secteur du crapauduc et de mieux protéger la zone humide autour de l'étang de la Briqueterie, qui semble particulièrement fréquentée et propice à de nombreuses espèces, dont certaines strictement protégées.

Enfin, le retour d'expérience sur l'évaluation de la fonctionnalité de ce crapauduc particulier, effectué à travers ce rapport ainsi qu'à travers la fiche de retour d'expérience (fiche REX) pour le *Centre de Ressources Trame Verte et Bleue*, pourra éventuellement être utile pour la mise en place de crapauducs en contexte similaire.

Le crapauduc tel qu'il est conçu et les différents éléments qui le composent semblent assurer la pérennité de la population de Crapaud épineux de la Briqueterie. Les améliorations qui vont être réalisées devraient permettre d'accroître encore l'efficacité du dispositif. **La reconduite des deux suivis, par les bénévoles et pièges photos, pourrait permettre de confirmer les résultats encourageants de cette première année d'évaluation.**

Cependant, ce succès dans le fonctionnement du crapauduc et la réactivité de la faune à l'utiliser traduit **l'importance de la fragmentation de l'habitat** et la nécessité de rétablir la continuité écologique entre la forêt et la zone humide de la Briqueterie. Ce type de dispositif est essentiel dans les espaces très morcelés : dans le contexte semi-urbain des abords de Saint-Georges-de-Didonne, il pourrait être utile en de nombreux autres points pour retrouver ou maintenir la Trame Verte et bleue. De la mortalité de Crapaud épineux a par exemple été observée dans d'autre secteurs : de l'autre côté de la départementale 145 (direction Meschers-sur-Gironde, zone de la station d'épuration), entre la forêt et les marais et avenue du Président André Dulin, entre les zones nord et sud de la forêt.

En plus d'être fragmentés, les habitats peuvent aussi être dégradés et réduits. Leur perte est actuellement la première cause de déclin de la biodiversité. Si la restauration des continuités écologiques et la protection des axes de migration sont essentielles, la **préservation des habitats est tout aussi primordiale**. Ainsi, au-delà de la fonctionnalité du crapauduc, la protection des zones encore non urbanisées qui l'entourent est un enjeu fort pour la préservation de la population de Crapaud épineux de la Briqueterie et de la faune qui les fréquente.

BIBLIOGRAPHIE

Acemav C., Duguet R. et Melki F., 2003. *Les amphibiens de France, Belgique et Luxembourg*. Collection Parthénope, édition Biotope, Méze (France). 480p.

Arntzen, J.W., McAtear, J., Recuero, E., Ziermann, J.M., Ohler, A., van Alphen, J. & Martínez-Solano, I. (2013). *Morphological and genetic differentiation of Bufo toads : two cryptic species in Western Europe (Anura, Bufonidae)*. Contributions to Zoology, **82** (4): 147- 169.

Barnosky A. D., Matzke N., Tomiya S., Wogan G. O., Swartz B., Quental T. B., et Ferrer E. A. (2011). *Has the Earth's sixth mass extinction already arrived ?*. Nature, **471** (7336), 51-57.

Beaune D., 2019. *Les traversées manuelles de crapauds communs par des bénévoles peuvent-elles sauver les populations de la mortalité routière?*. Bull. Soc. Herp. Fr, **171**, 1-12.

Beebee T. J., 2013. *Effects of road mortality and mitigation measures on amphibian populations*. Conservation Biology, **27**(4), 657-668.

Bergès L., Roche P. et Avon C., 2010. *Corridors écologiques et conservation de la biodiversité, intérêts et limites pour la mise en place de la Trame verte et bleue*. Sciences Eaux & Territoires, (3), 34-39.

Cerema, 2019. *Amphibiens et dispositifs de franchissement des infrastructures de transport terrestre*. CEREMA, Connaissances, 58.

Cheron M., 2021. *Effets sublétaux de contaminants environnementaux sur le développement d'un amphibien (Bufo spinosus): une approche expérimentale*. Thèse, Université de La Rochelle, France. 351 p.

Fretey, T. et Le Garff B., 1992. *Apports de la squelettochronologie dans la démographie du crapaud commun, (Bufo bufo*) *dans l'Ouest de la France*. *Tissus durs et âge individuel des vertébrés*, 409-419.

Grege, 2018. *Suivi 2018 de la transparence des ouvrages pour les Amphibiens dans le cadre de la LGV SEA en PoitouCharentes, Rapport de suivi 2018 (3ème année de suivi)*, 49 p.

Grege, 2018a. *Evaluation de la fonctionnalité des ouvrages de transparence écologique pour les amphibiens le long de la LGV SEA Tours-Bordeaux, Expérimentation de pièges photographiques*, 27 p.

Heusser H., (2003). Notice : *Le Crapaud commun*. Infofauna (karch) - Centre national de données et d'informations sur la faune de Suisse.

Joly P., 2013. *Apports de la recherche aux stratégies de protection des amphibiens et des reptiles.* Bourgogne-Nature, 17.

Kolbert E., 2015. *La 6e extinction*. Guy Saint-Jean éditeur. 480 p.

Kovar R. et Brabec M., 2007. *Reproduction strategy of Bufo bufo (Amphibia: Anura) in the Strnady breeding pond, Czech Republic*. Acta Societatis Zoologicae Bohemicae, **71** (3-4), 173-192.

Lizana M., 1990. *Ecología de Bufo bufo en la Sierra de Gredos*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, Salamanca.

Nicolas J. P., 1996. *Ville, transports et environnement. Contributions relatives des paramètres du trafic routier affectant la pollution sonore et atmosphérique en milieu urbain.* Thèse, Université Lumière-Lyon II, France. 421 p.

Nöllert A., et Nöllert C., 2003. *Guide des amphibiens d'Europe: biologie, identification, répartition*. Les guides du naturaliste, Delachaux et Niestlé, Paris. 383 p.

Poitou-Charentes Nature, 2018. *Liste rouge du Poitou-Charentes* : chapitre Mammifères. Fontaine-le-Comte, France.

Reading C. J. et Clarke, R. T., 1983. *Male breeding behavior and mate acquisition in the common toad, Bufo bufo*. Journal of Zoology, 201 : 237-246

Salvador A. et Paris M.-G., 2001. *Anfibios Espaoles*. Canseco Editores S.L., Talavera de la Reina. 269 p.

Santaliestra O, 2014. *Sapo común – Bufo spinosus*. Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador A., Martínez-Solano I. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.

Speybroeck J., Beukema W. et Bok B., 2018. *Guide Delachaux des amphibiens et reptiles de France et d'Europe*. Delachaux et Niestlé, Paris. 432 p.

Thirion J.-M. et Vollette J., 2016. *Caractérisation de la population de Crapaud épineux de Saint-Georges-de-Didonne et suivi du phénomène migratoire pour la mise en place d'un dispositif de franchissement d'une route*. OBIOS, Conseil Départemental de Charente-Maritime, Pont-l'Abbé-d'Arnoult, 64 p.

Thirion J.-M., Vollette J., Mairet S. et Sériot J., 2016. *Diagnostic naturaliste et des corridors biologiques de la zone de préemption au titre des Espaces Naturels Sensibles de Saint-Georgesde-Didonne et de Meschers-sur-Gironde : Rapport final*. OBIOS, Conseil Départemental de Charente-Maritime, Pont-l'Abbé-d'Arnoult, 204 p.

Thirion J.-M., Moreau L., Vollette J., Texier A., Doré F. et Sudraud J., 2019. *Suivi des Amphibiens des mares de bordure du Marais poitevin 2011-2019*. Observatoire du Patrimoine Naturel du Marais poitevin.

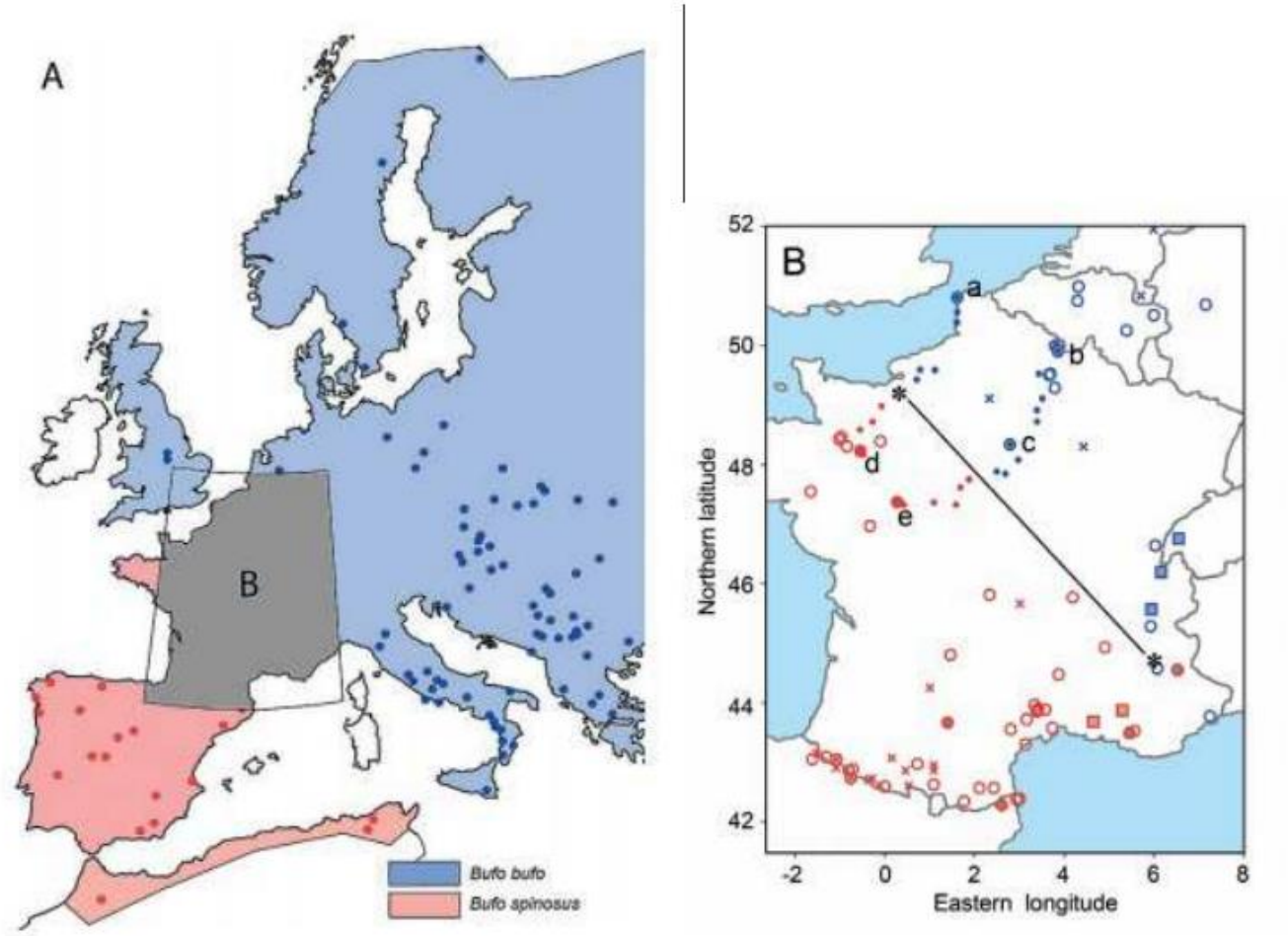
UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017. *La Liste rouge des espèces menacées en France* – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France.

UICN, 2022. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2022-2.

UICN, Comité français et MNHN, 2022a. *La Liste rouge des espèces menacées en France*. Paris, France.

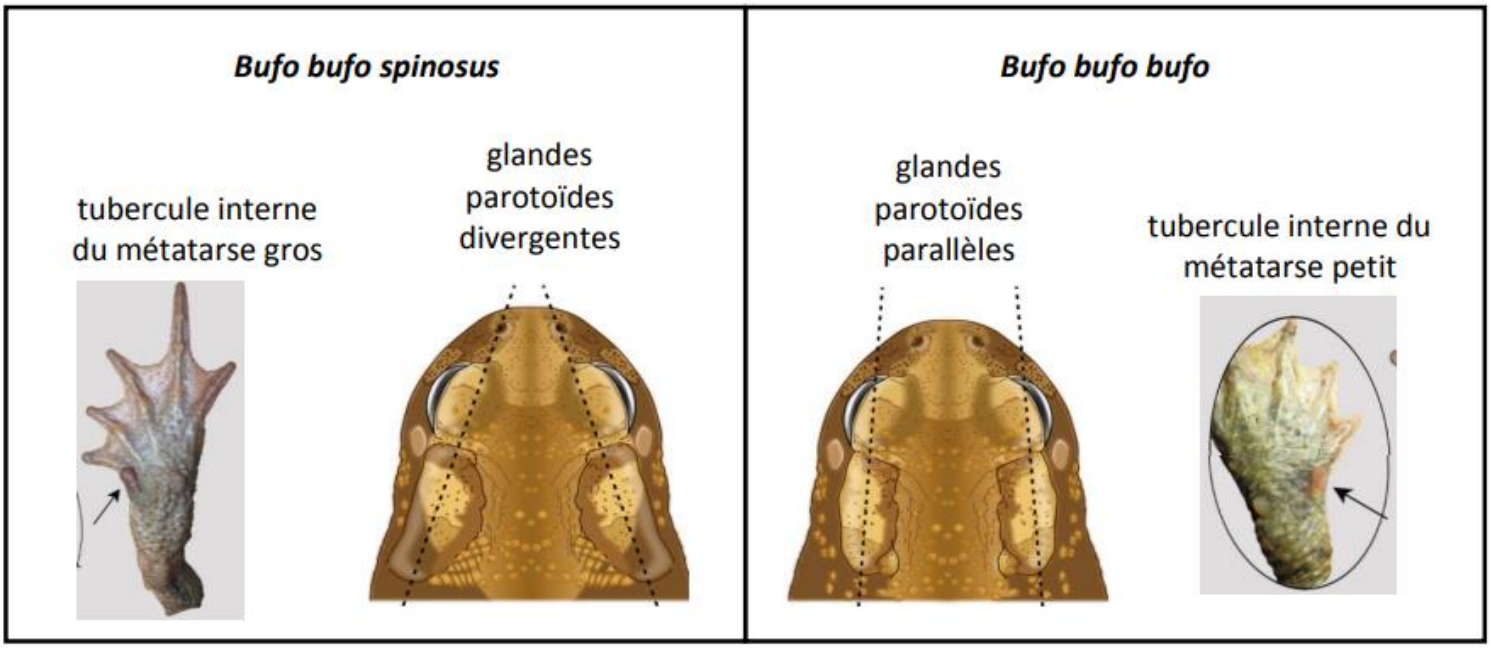
ANNEXES

ANNEXE 1 - Cartographie présentant la répartition du Crapaud commun *(Bufo bufo bufo)* et du Crapaud épineux *(Bufo bufo spinosus)*, en Europe et en France



(Source : Arntzen et al., 2013)

ANNEXE 2 - Présentation des différences morphologiques entre crapauds communs et épineux



(Source : Thirion et Vollette, 2016 ; Arntzen et al., 2013)

ANNEXE 3 - *Clichés issus des pièges photos : crapauds femelle, mâle, amplexus et exemples lors des nuits de migration importantes*

Femelle de taille particulièrement importante

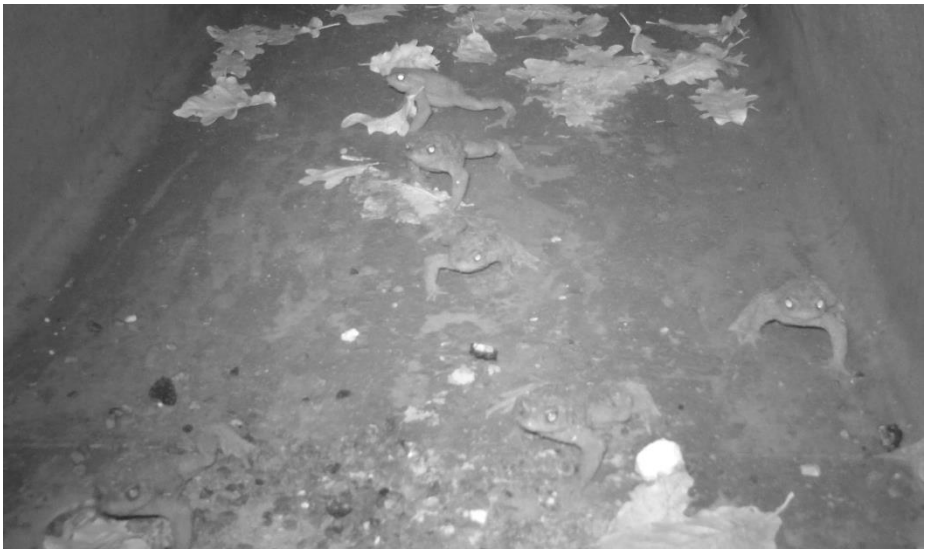
Mâle à l'aspect musclé et aux callosités sombres visibles sur les doigts

Exemples d'amplexus axillaires simples

Amplexus multiple : 3 mâles pour 1 femelle

Eviction par le mâle en place, à l'aide de ses pattes arrière, d'un concurrent tentant par deux fois de s'ajouter à l'amplexus déjà formé

Exemples de clichés avec de nombreux passages, lors des soirées importantes de migration



ANNEXE 4 - *Justification de l'importance nationale de la population de Crapaud épineux de Saint-Georges-de-Didonne*

Annexe : Association OBIOS- En quoi le nombre d'individus en migration à St-Georges-de-Didonne est-il remarquable ?

La taille des populations de Crapaud commun *Bufo bufo* peut fortement varier en fonction des localités et des années, de moins de 100 individus à plusieurs milliers d'individus (Sinsch *et al.*, 2009). L'existence de très grandes populations de Crapaud commun, de 5000 à 15 000 individus (Roth *et al.*, 2016), est bien connu en Europe, principalement dans les pays du Nord de l'Europe, correspondant à une forte abondance de l'espèce dans les habitats terrestres (Roth *et al.*, 2016). Les estimations des tailles de populations peuvent exceptionnellement atteindre 20 000 (P.exe. Heusser, 1968), 50 000 (Kuhn, 1983) ou 100 000 individus (Weddeling and Geiger, 2011).

Ainsi, Frétey (1995) mentionne d'importantes populations où des captures ont été dénombrées au cours de plusieurs années : jusqu'à 8165 mâles en 9 ans aux Pays-Bas (van Gelder & Rijddijk, 1987), 6286 captures en 2 ans en Allemagne (Filoda, 1983), 18727 captures en 5 ans au Royaume-Uni (Gittins, 1983) et 16211 captures en 7 ans en Suisse (Heusser, 1968). Si le nombre de captures est rapporté au nombre d'années d'étude, on obtient un nombre moyen de 561 à 3745 captures / an pour ces grandes populations de Crapaud commun.

En France, des opérations de sauvetage de Crapaud commun ont permis de réaliser jusqu'à 9011 captures en 10 ans au Bout du Lac (Annecy), 10011 captures en 10 ans à l'étang des Bruyères (Yvelines), 30887 captures en 10 ans à l'étang de Beaubourg (Seine-et-Marne), 36427 captures en 10 ans aux Dronières (Haute-Savoie) ou encore 33480 captures en 7 ans en forêt de Fontainebleau.

Cependant, il faut également considérer que la population de crapaud de la forêt de Suzac ne correspond pas à l'espèce *Bufo bufo*, mais au Crapaud épineux *Bufo spinosus*. Les données concernant la taille de populations de Crapaud épineux *Bufo spinosus* sont moins documentées mais montreraient des tailles de population beaucoup moins importantes que pour le Crapaud commun. Frétey (1995) mentionne un nombre de 4449 captures en 9 ans en Bretagne et Vignes (2009) mentionne 7373 captures en 13 ans dans le Pays Basque, correspondant à un nombre moyen de 494 et 567 captures / an. En comparaison, l'opération de sauvetage des Crapauds épineux de Saint-Georges-de-Didonne a permis de réaliser 18243 en 6 ans, soit une moyenne de 3041 captures / an.

On peut en conclure que la population de Crapaud épineux de la forêt de Suzac est d'importance nationale, et qu'à ce titre cela justifie la mise en place d'actions de conservation de type crapauduc.

Tableau X. Comparaison du nombre de captures de Crapaud commun *Bufo bufo* ou Crapaud épineux *Bufo spinosus* de différentes localités d'Europe et de France.

Taxon	Nombre de captures	Localité	Nombre d'années	Moy. Nb captures / an	Source	
B. spinosus	4449	Bretagne (Forêt de Rennes)	9	494	Frétey, 1995	Frétey, 1995
B. spinosus	7373	Pays Basque (Ainhoa)	13	567	Vignes, 2009	
B. spinosus	18243	Forêt de Suzac : crapaudrome St-Georges-de-Didonne	6	3041	Parc de l'estuaire, 2017	
B. bufo	1071 mâles	Pays-bas	8	134	van Gelder & Rijsdijk, 1987	Frétey, 1995
B. bufo	8165 mâles	Pays-bas	9	907	van Gelder & Rijsdijk, 1987	Frétey, 1995
B. bufo	7939 mâles	Allemagne	9	882	van Gelder & Rijsdijk, 1987	Frétey, 1995
B. bufo	2293	Allemagne	2	1147	Hemelaar, 1986	Frétey, 1995
B. bufo	6286	Allemagne	2	3143	Filoda, 1983	Frétey, 1995
B. bufo	18727	Royaume-Uni	5	3745	Gittins, 1983	Frétey, 1995
B. bufo	16211	Suisse	5	3242	Heusser, 1968	Frétey, 1995
B. bufo	3927	Royaume-Uni	7	561	Franzer, 1966	Frétey, 1995
B. bufo	8999	Picardie : Crapaudrome de Loeuilly	13	692	Picardie Nature, 2015	BDD obios
B. bufo	9011	Lac d'Annecy : crapaudrome Bout du Lac	11	819	Opération de sauvetage des crapauds au Bout du lac - Bilan 2017	BDD obios
B. bufo	10011	Yvelines : crapaudrome Etang des Bruyères	10	1001	ATENA 78	BDD obios
B. bufo	30887	Seine-et-Marne: Crapaudrome étang de Beaubourg	10	3089	association RENARD, 2017	BDD obios
B. bufo	33480	Forêt de Fontainebleau : crapauduc RD104 Sorques	7	4783	association Nature Recherche, 2006	BDD obios
B. bufo	36427	Haute-Savoie : Crapaudrome des dronières	10	3643	CORA - LPO Haute Savoie, 2011	BDD obios

(Source : Rapport DREAL - Bilan de l'opération de protection de la migration de crapauds épineux 2019 par le Parc de l'Estuaire)

ANNEXE 5 - *Extrait du tableur brut de saisie des données issues du suivi par pièges photos*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Date	Heure	Espèce	Température	N° de cliché	Sexe	Amplexus	Direction	Commentaires	Compteur	Nbre indivs TOTAL / N	Nombre indivs TOTAL / JOUR
2	06-janv											0
3	06-janv											
4	07-janv	01h39	Crapaud Epineux	13	B2R01C0947	M		A		1		
5	07-janv	01h58	Crapaud Epineux	13	B2R01C0984	M		A		1	2	
6	07-janv											0
7	07-janv	18h33	Crapaud Epineux	15	B2R012975	I		A		1		
8	07-janv	18h50	Crapaud Epineux	15	B2R013009	M		A		1		
9	07-janv	18h53	Crapaud Epineux	15	B2R013015	M		R	Sûrment le même que précéde	0		
10	07-janv	19h02	Crapaud Epineux	15	B2R013032	M		A		1		
11	07-janv	19h02	Crapaud Epineux	15	B2R013033	I		A		1		
12	07-janv	19h05	Crapaud Epineux	15	B2R013039	M		A		1		
13	07-janv	19h05	Crapaud Epineux	15	B2R013039	M		A		1		
14	07-janv	19h06	Crapaud Epineux	15	B2R013040	I		A		1		
15	07-janv	19h06	Crapaud Epineux	15	B2R013040	I		A		1		
16	07-janv	19h11	Crapaud Epineux	15	B2R013051	M		A		1		
17	07-janv	19h13	Crapaud Epineux	15	B2R013054	M		A		1		
18	07-janv	19h29	Crapaud Epineux	15	B2R013086	I		A		1		
19	07-janv	19h37	Crapaud Epineux	15	B2R013102	I		A		1		
20	07-janv	19h55	Crapaud Epineux	15	B2R013139	I		A		1		
21	07-janv	20h04	Crapaud Epineux	15	B2R013157	I		A		1		
22	07-janv	20h07	Crapaud Epineux	15	B2R013163	I		R	Sûrement le même que précéd	0		
23	07-janv	20h20	Crapaud Epineux	15	B2R013189	M		A		0		
24	07-janv	20h24	Crapaud Epineux	15	B2R013197	I		A		1		
25	07-janv	20h28	Crapaud Epineux	15	B2R013204	M		A		1		
26	07-janv	20h28	Crapaud Epineux	15	B2R013204	I		A		1		
27	07-janv	20h46	Crapaud Epineux	15	B2R013241	M		A		1		
28	07-janv	20h49	Crapaud Epineux	15	B2R013246	I		A		1		
29	07-janv	20h52	Crapaud Epineux	15	B2R013252	M		A		1		
30	07-janv	20h52	Crapaud Epineux	15	B2R013252	F	1	A		1		
31	07-janv	20h55	Crapaud Epineux	15	B2R013258	I		A		1		
32	07-janv	20h57	Crapaud Epineux	15	B2R013262	M		A		1		
33	07-janv	20h57	Crapaud Epineux	15	B2R013262	F		A		1		
34	07-janv	21h23	Crapaud Epineux	15	B2R013315	M		A		1		
35	07-janv	21h23	Crapaud Epineux	15	B2R013315	M		A		1		
36	07-janv	21h54	Crapaud Epineux	15	B2R013377	I		A		1		
37	07-janv	22h15	Crapaud Epineux	15	B2R013418	M		A		1		
38	07-janv	22h17	Crapaud Epineux	15	B2R013423	I		A		1		

ANNEXE 6 - *Fiche de suivi créée en 2023 pour le suivi effectué par les bénévoles*

Recto

OPERATION CAPTURE/ RELACHER DE CRAPAUDS EPINEUX SUR LA COMMUNE DE SAINT-GEORGES-DE-DIDONNE, 2023

Contacts : Capucine Brillaud, capucine.brillaud@charente-maritime.fr (ou standard Parc **05 46 23 77 77**)

E. Gironnet, Parc de l'Estuaire, 07 85 76 69 54 / estelle.gironnet@charente-maritime.fr

Lieu de capture/relâcher **:** Rue Jean moulin 17110 SGD

DATE : ..... /..... /2023 **Heure de début** : ..... **Heure de fin** :..... **Conditions météo (à entourer) :** Temps sec / humide / pluie

Nom du référent (obligatoire) et nombre de personnes présentes : ..... **Température** (thermomètre) : .....

Comptage en regroupement de 5 bâtons : ☐ /

Pour noter un amplexus = 1 bâton dans case « mâle », 1 bâton dans case « femelle », 1 bâton dans case « amplexus »

NOMBRE DE CRAPAUDS RAMASSES SUR LA ROUTE ET CADAVRES :

ZONE	Rond-point 1	Chemin des morilles 2	Chemin des vignes 3	Forêt-maraichère 4	Chemin étang 5	Sortie M Drouillard 6	Zone/Portail belle maison 7	Rue Goulebenèze 8	Nouvelles maisons 9
Nb mâles ramassés									
Nb femelles ramassées									
Nb cadavres frais									
Nb amplexus									

- *Si spécimen vivant sur la route, en cas de doute du sens de migration, transporter côté étang.*
- *Pour les endroits où le dispositif fonctionne mal (passages canadiens par exemple), essayer d'identifier le plus précisément possible les zones de passage (les « failles ») et les reporter sur la carte au verso, en indiquant le sens de migration (voir consignes).*

NOTER VOS REMARQUES (signe de maladie, dégâts sur le dispositif, autre espèce, suggestions, etc.)

En cas de doute sur l'espèce, prendre des photos ! Merci et bon courage !

.....

.....

.....

Verso

OBSERVATION DU FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF PAR PORTIONS ROUTIERES :

/! les zones d'observation concernent uniquement les **ROUTES**, les chemins ne sont pas à prendre en compte. **Consignes :**

1) **Tracer un cercle** aux endroits où des zones de passage sont identifiées (crapauds présents sur la route, en dehors du dispositif).
2) **Tracer une flèche partant du cercle indiquant le sens de direction des crapauds** (flèche vers le haut s'ils se dirigent vers l'étang, flèche vers le bas s'ils se dirigent vers la forêt).
3) **Ecrire au bout de la flèche le nombre de crapauds**.
4) **Réaliser plusieurs allers-retours** (2 minimum) le long du parcours, entre les stations 1 et 9.

Commentaires sur le dispositif par zone (fuites importantes, zones de faiblesse, problèmes particuliers …) :

9 Nouvelles maisons	8 Rue Goulebenèze	7 Zone / Portail belle maison	6 Sortie M Drouillard	5 Chemin étang	4 Forêt -maraichère	3 Chemin des vignes	2 Chemin des morilles	1 Rond-point

ANNEXE 7 - *Photos illustrant les différents éléments du dispositif (buses, glissières et grilles)*

Accès de buse (piège photo visible au bas du plafond)

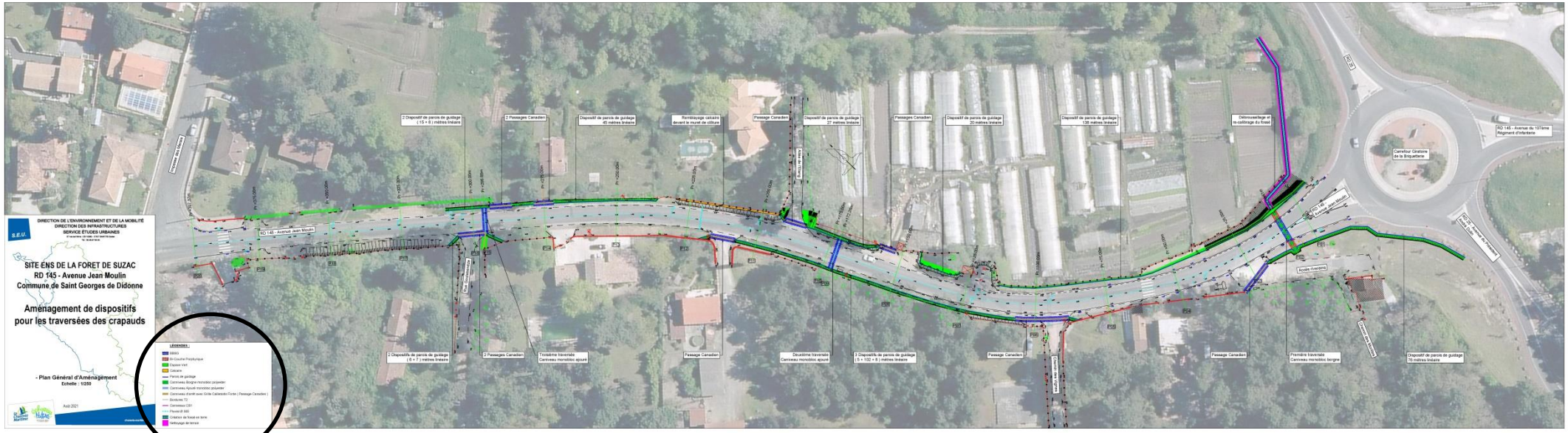
Buse ouverte avec trous d'aération, comme les buses N°2 et N°3

Buse recouverte (N°1)

Accès riverain, équipé d'une grille anti-franchissement reliée à une glissière

Parois de guidage et glissières menant à l'accès côté forêt de la buse N°2

Grille anti-franchissement



Plan général de l'aménagement du crapauduc de Saint-Georges-de-Didonne, Avenue Jean Moulin
(Source : Département de la Charente-Maritime, Direction de l'Environnement et de la Mobilité, Direction des Infrastructures (Service Etudes Urbaines) - Août 2021)

LÉGENDES :

- BBSG
- Bi-Couche Porphyrique
- Espace Vert
- Calcaire
- Parois de guidage
- Canniveau Borgne monobloc polyester
- Canniveau Ajouré monobloc polyester
- Canniveau d'arrêt avec Grille Caillebotis Fonte (Passage Canadien)
- Bordures T2
- Caniveaux CS1
- Pluvial Ø 300
- Création de fossé en terre
- Nettoyage de terrain

ANNEXE 9 - *Tableau présentant les résultats des dix années d'opération crapaudrome*

COMPARATIF DE RESULTATS SUR L'ENSEMBLE DES OPERATIONS DEPUIS 2012

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022
Crapauds capturés dans les seaux	557	1110	1602	1128	233	3987	na	2274	581	1743
Crapauds ramassés	432	1473	1150	572	236	4253	5323	1868	329	1163
Cadavres	130	343	300	100	84	553	750	257	32	89
Pourcentage des cadavres par rapport au total d'individus contactés	11,60%	11 ,7 %	9,8 %	5,6 %	15,2 %	6, 3 %	12,3 %	6,2 %	3,5 %	2,6 %
Total population contactée	1119	2926	3052	1800	553	8793	6073	4142	910	2995

(Source : Rapport DREAL - Bilan de l'opération de protection de la migration de crapauds épineux 2022 par le Parc de l'Estuaire)

ANNEXE 10 - *Tableau détaillant le nombre de passages de crapauds dans chaque buse par nuit suivie, du 6/01 au 7/04*

	A	B	C	D
1	Dates	Nbre crapauds B1	Nbre crapauds B2	Nbre crapauds B3
2	06-07 janv	1	2	0
3	07-08 janv	67	109	13
4	08-09 janv	6	11	0
5	10-11 janv	30	64	
6	11-12 janv	18	52	
7	12-13 janv	43	19	26
8	13-14 janv	8	8	
9	14-15 janv	32	46	
10	15-16 janv	1	0	
11	16-17 janv	1	0	
12	17-18 janv	0	0	
13	18-19 janv	0	0	
14	31-01 févr	0	0	
15	01-02 févr	0	0	
16	02-03 févr	0	0	
17	03-04 févr	0	0	
18	04-05 févr	5	6	
19	05-06 févr	3	1	
20	06-07 févr	0	0	
21	07-08 févr	0	0	
22	08-09 févr	0	0	
23	09-10 févr	0	0	
24	10-11 févr	0	0	
25	13-14 févr	0	0	0
26	14-15 févr	1	3	0
27	15-16 févr	56	27	1
28	16-17 févr	121	64	44
29	17-18 févr	124	203	130
30	18-19 févr	51	110	44
31	20-21 févr	34	44	26
32	21-22 févr	37	63	30
33	22-23 févr	47	41	31
34	24-25 févr	5		
35	25-26 févr	0		
36	26-27 févr	0		
37	06-07 mars	0	0	0
38	07-08 mars	5	8	7
39	08-09 mars	9	20	20
40	09-10 mars	9	23	6
41	10-11 mars	10	13	38
42	11-12 mars	5	5	4
43	12-13 mars	4	2	9
44	13-14 mars	11	8	14
45	14-15 mars	0	0	1
46	15-16 mars	0	0	0
47	16-17 mars	2	2	1
48	17-18 mars	6	0	5
49	18-19 mars	5	3	3
50	19-20 mars	0	0	0
51	20-21 mars	0	0	
52	21-22 mars	0	0	
53	22-23 mars	9	2	0
54	23-24 mars	20	8	18
55	24-25 mars	2	0	0
56	25-26 mars	1	0	1
57	26-27 mars	0	0	0
58	27-28 mars	0	0	0
59	28-29 mars	0	0	0
60	29-30 mars	1	0	0
61	30-31 mars	9	1	1
62	31-01 avr	1	0	2
63	01-02 avr	1	0	0
64	02-03 avr	0	0	0
65	03-04 avr	0	0	
66	04-05 avr	0	0	0
67	05-06 avr	0	0	0
68	06-07 avr	0	0	0
69	**TOTAL**	**801**	**968**	**475**

ANNEXE 11 - *Clichés de crapelets passant dans les buses et de fréquentations originale ou rare (chien et Rainette méridionale.)*

Passage d'un crapelet le 17 juin, à 9h24

Passage d'un crapelet le 13 juin, à 21h17

Passage d'un crapelet le 13 juin, à 19h35

Rainette méridionale, en passage le 12 mars, à 21h02 (1er et 2ème clichés)

Chien domestique, passé le 24 juillet, à 1h40

ANNEXE 12 - *Clichés des espèces de faune sauvage ayant fréquenté le crapauduc (mammifères, reptiles et oiseaux)*

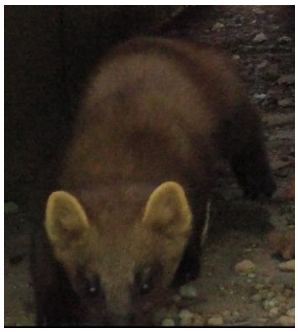
Mammifères

Genette commune (*Genetta genetta)*

Blaireau européen (*Meles meles)*

Putois d'Europe (*Mustela putorius*)

Martre des pins (*Martes martes)*



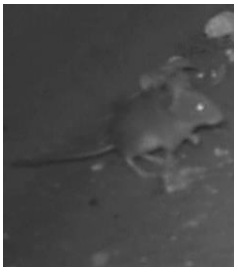
Fouine (*Martes foina*)

Hérisson d'Europe
(*Erinaceus europaeus)*

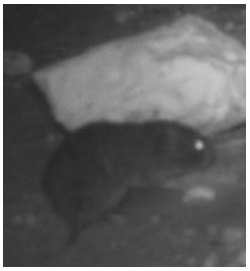
Micromammifères

Musaraigne sp. *(Sorex sp.)*

Mulot sylvestre
(*Apodemus sylvaticus*)



Souris grise
(*Mus Musculus)*



Campagnol sp.
(*Microtus sp.*)

Reptiles

Couleuvre verte et jaune (*Hierophis viridiflavus)*

Couleuvre helvétique (*Natrix helvetica)*

Lézard des murailles
(*Podarcis muralis*)

Lézard à deux raies
(*Lacerta bilineata*),
femelle

Oiseaux

Rouge-gorge familier
(*Erithacus rubecola)*

Troglodyte mignon
(*Troglodytes troglodytes)*

Lézard à deux raies
(*Lacerta bilineata*), mâle

ANNEXE 13 - *Tableau présentant les statuts de protection et de conservation des espèces de faune sauvage identifiées lors du suivi*

Espèce	*Protection nationale*	*Liste rouge EU*	*Liste rouge FR*	*Liste rouge Poitou-Charentes*	*Convention de Berne*	*Déterminante ZNIEFF régionale*	*Directive Habitats*
Genette commune	Article 2	LC	LC	LC	Annexe III	NON	Annexe V
Putois d'Europe	Non réglementée	LC	NT	**VU**	X	NON	X
Martre des pins	Non réglementée	LC	LC	LC	Annexe III	OUI	Annexe V
Fouine	Non réglementée	LC	LC	LC	Annexe III	NON	X
Blaireau européen	Non réglementée	LC	LC	LC	X	NON	X
Hérisson d'Europe	Article 2	LC	LC	LC	Annexe III	NON	X
Mulot Sylvestre	Non réglementée	LC	LC	LC	X	NON	X
Souris grise	Non réglementée	LC	LC	LC	X	NON	X
Campagnole sp.							
Musaraigne sp.							

(Source : Poitou-Charentes Nature (Coord.), 2018. Espèces animales déterminantes de Poitou-Charentes. Poitou-Charentes Nature, Fontaine-le-Comte, 91 p. ; inpn.mnhn.fr)

ANNEXE 14 - *Tableau de synthèse des données du suivi effectué par les bénévoles en 2023*

Soirée de suivi N°	Date	TOTAL/NUIT
1	10/01/2023	3
2	14/01/2023	25
3	18/01/2023	0
4	01/02/2023	0
5	03/02/2023	0
6	04/02/2023	0
7	05/02/2023	1
8	06/02/2023	0
9	08/02/2023	0
10	09/02/2023	0
11	10/02/2023	0
12	15/02/2023	2
13	16/02/2023	33
14	17/02/2023	102
15	18/02/2023	29
16	19/02/2023	64
17	20/02/2023	39
18	22/02/2023	45
19	23/02/2023	0
20	24/02/2023	8
21	25/02/2023	0
22	26/02/2023	0
23	01/03/2023	0
24	02/03/2023	0
26	04/03/2023	0
27	07/03/2023	0
28	08/03/2023	31
29	09/03/2023	1
30	10/03/2023	6
31	11/03/2023	0
32	12/03/2023	7
33	13/03/2023	18
34	14/03/2023	0
35	15/03/2023	0
TOTAL		**414**

ANNEXE 15 - *Compte-rendu synthétisant les pistes d'améliorations proposées pour le crapauduc*

Compte-rendu – Réunion sur le site du crapauduc : validation des pistes d'amélioration proposées à la suite de la remise de chantier du 31 mars 2023

Sujet de la réunion : Validation des aménagements à mettre en place pour répondre aux problématiques de fonctionnement du crapauduc.		
Personnes présentes :	**Heure de début** : 09h00	**Heure de fin** : 11h00
DEM -*M. Eric MATHE* (Chargé de gestion des ENS, DEM) -*Mme Estelle GIRONNET* (garde du littoral, DEM) -*Mme Capucine BRILLAUD* (Apprentie, DEM)	DI -M. *Patrick Arsivaud* (Responsable du centre technique départemental, section travaux - DI MO études & travaux Saintes) -M. *Jean-Eric OLIVIER* (Chargé d'études routières en milieu urbain - DI MO études & travaux Saintes)	
Date : Mardi 13 juin 2023	**Pages** : 4	

Pour des raisons techniques, les aménagements qui permettraient d'améliorer le fonctionnement du crapauduc ne peuvent pas tous être réalisés, notamment les changements de grilles ou adaptations de systèmes bloquants sur celles-ci. Les solutions les plus simples ont donc été retenues et seront réalisées sur les zones les plus passantes (ainsi que celles où les riverains et riveraines les plus proches sont favorables au projet).

1. **Grilles**

- Réduction de la longueur de la grille de la sortie de Mme et M. X (la plus passante), par retrait des grilles sur les côtés et ajouts de plots pour matérialiser le caniveau ajouré (cf. figure 1). A la fin de la période de migration, les grilles des côtés seront réinstallées et les plots enlevés.

Figure 1 : plots à installer devant la maison lorsque les grilles des côtés seront retirées.

2. **Pentes de terre trop douces dans les coins de certaines grilles** :

- Les coins des pentes posant problèmes (cf. figure 2) vont être repris : ils seront creusés plus profondément, coffrés avec du béton et arrondis à l'aide de tuyaux de PVC annelés à l'extérieur (diamètre 315 ou 400 selon la taille de l'angle), pour éviter les angles dans lesquels peuvent rester les crapauds. Cf. figure 3.

Figure 2 : Plan du crapauduc découpé par zone et identification des pentes de terre à reprendre, symbolisées par X.

Figure 3 : adaptations proposées pour l'amélioration des pentes de terre.

3. **Zone de fuite Belle Maison (contact : M. X)**

- L'idée d'une petite barrière sur la droite, entre la cour et le jardin de la maison, est conservée. Elle devrait mesurer environ 7 mètres de long (mesures à reprendre précisément) et doit monter au moins à 30 cm de haut pour empêcher les crapauds de passer. Les habitants de cette maison apportent un soin particulier à l'aspect esthétique, la barrière devra donc s'intégrer facilement au niveau visuel et être facile à stocker et à poser. Une barrière dans le style du modèle suivant pourrait être retenue :

Figure 4 : exemple de barrière possible à installer.

Figure 5 et 6 : illustrations du muret nécessitant l'ajout d'une barrière.

- Des réservations dans le sol pourront être réalisées à la mesure des piquets à enfoncer, afin de pouvoir installer et désinstaller facilement la barrière. Elles devront être fermées lorsque la barrière n'est pas mise en place, afin d'éviter qu'elles ne se bouchent. Il est aussi nécessaire de s'assurer que les fondations du muret ne sont pas en béton, ce qui compliquerait l'installation de la barrière.

- Le mur de cette maison sera percé, dans la partie qui se trouve face à la buse 3. Cela permettra de créer une zone de passage, utile aux crapauds et aux autres espèces fréquentant l'ouvrage (mammifères y compris). Le diamètre de ce passage devra donc être suffisant pour que des espèces de taille moyenne, comme la Martre des pins ou le Putois d'Europe, puissent le traverser. En se basant sur les tailles moyennes de chatières, un passage de 25 cm de hauteur sur 20 cm de largeur pourrait convenir.
- Un seul passage de cette taille sera suffisant. Le sol du jardin étant plus haut, ce passage sera en pente : il faudra veiller à ce qu'elle ne soit pas trop raide et à ce que le sol dans la buse conserve un aspect rugueux (un coffrage en béton permettrait de ne pas avoir un sol trop lisse).

Figure 7 : illustration de la zone où le passage dans le mur sera créé.

- Côté jardin, la sortie de cette buse sera travaillée en forme de cuvette.

4. Maison de l'étang (contact : M. X)

- Cette partie sans dispositif et très proche de l'étang constitue une zone de fuite très importante d'après les bénévoles (ce qui correspond aux chiffres relevés dans le 1er bilan). Il est donc nécessaire de rehausser le sous-bassement existant.
- Monsieur Dekoninck ne souhaitant pas avoir de dispositif en bois sur son grillage (difficulté d'entretien), une alternative a été trouvé pour laquelle il a donné son accord : des lamelles brises-vue seront intégrées à son grillage, sur la moitié basse (hauteur : 1m75, à couper en 2). Longueur portail + grillage côté route : 45 mètres.
- Le propriétaire est d'accord de tailler la haie si nécessaire et il a aussi donné son accord pour que les lamelles puissent être posées lorsqu'il n'est pas là (résidence secondaire).

Figure 8 : grillage de M. X sur lequel installer les lamelles brises-vue et dont il faut rehausser le sous-bassement.

5. Maison du 172 (proche giratoire ; contact : Mme X)

- Cette maison comporte 2 portails, un petit qui ne sert plus et reste fermé et un grand qui est ouvert en permanence. Ces portails sont ajourés sur le bas, ce qui permet aux crapauds de passer facilement.
- Il est difficile de demander aux propriétaires de fermer le grand portail durant 3 mois, mais il serait possible d'adapter un système pour supprimer les trous au bas du petit portail. Une lame en aluminium pourrait être efficace (voir si possible récupération auprès du CTD). Largeur portail : 3,10 mètres ; lame aluminium : 3,50 mètres minimum.
- Mme X a indiqué que cette adaptation ne leur poserait pas problèmes, mais elle doit demander confirmation à son compagnon qui est propriétaire de la maison. Ils envisagent aussi de refaire les entrées (date des travaux + ajourement ou non des futurs portails à préciser : en fonction, la pose d'une lame aluminium ne sera peut-être pas nécessaire).

6. Buse 3 : problème de montée en eau

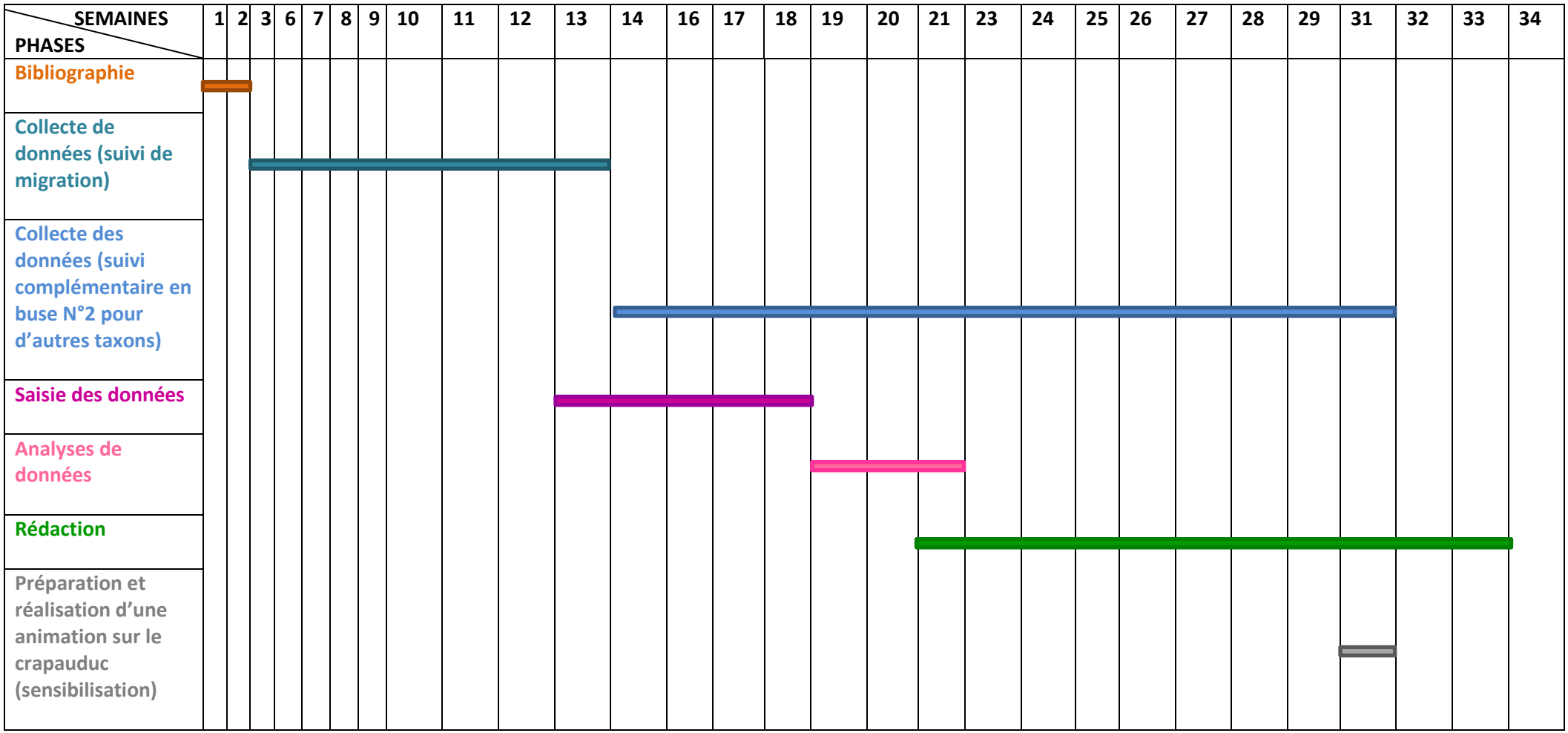
- L'entrée de la buse 3 côté rue Goulebenèze ne pourra pas être modifiée car les réseaux France Télécom passent à cet endroit.
- La 2ème entrée côté étang pourra quant à elle être modifiée, malgré le réseau de gaz qui y passe. Une tranchée drainante va être creusée et recouverte de géotextile, afin d'accélérer l'absorption de l'eau par le sol. Les parcelles cadastrales devront être vérifiées afin de s'assurer de la faisabilité de cette tranchée.

Figure 9 : tranchée drainante à réaliser à l'entrée de la buse 3 côté étang.

ANNEXE 16 - *Tableau des tâches*

Intervenant	Idée originale	Bibliographie	Mise en place du protocole	Collecte de données	Analyse statistique	Rédaction
Principal	**EG**	**CB**	**CB**	**CB**	**CB**	**CB**
Secondaires		**LC**	**EG**	**EG**		**EG**

EG : *Estelle Gironnet*, tutrice d'apprentissage.
LC : *Léo Chappet*, apprenti (2020-2022)
CB : *Capucine Brillaud*, apprentie.

ANNEXE 17 - *Calendrier d'apprentissage : répartition des tâches du suivi du crapauduc*

Les semaines qui n'apparaissent pas correspondent à des semaines de congés (semaine N° 4, 5, 15, 22 et 30).