

10/10/2025

Etude des collisions routières de la RD178 sur les amphibiens de la zone humide du Plan (Oppède)

*Phase 2 : Définition des mesures de gestion en vue de rétablir les continuités écologiques*

**Maitrise d'ouvrage :** Parc naturel régional du Luberon

**Maitrise d'œuvre :** Ligue pour la Protection des Oiseaux et Fauna studium



Agir pour  
la biodiversité



## Objet social de la Ligue pour la Protection des Oiseaux

L'association locale de la Ligue pour la Protection des Oiseaux en région Provence-Alpes-Côte d'Azur est une association à but non lucratif qui a pour objet d'agir ou de favoriser les actions en faveur de la nature et de la biodiversité.

Les domaines d'intervention de la LPO Provence-Alpes-Côte d'Azur sont :

- La connaissance, l'expertise et la recherche ;
- La protection, la conservation et la défense de la nature ;
- La gestion d'espaces naturels et la reconquête ;
- L'information, la sensibilisation, l'éducation et la formation.

L'association contribue à l'observation, à la compréhension et au suivi de l'évolution de la nature et de la biodiversité en proposant toutes actions qui leur seraient favorables.

### Nom du représentant légal de l'association

Irène LASTERE, Présidente de la délégation

### Direction de l'association

Amine FLITTI, codirecteur

Magali GOLIARD, codirectrice

### Coordonnées du siège social

LPO PACA

9 rue de Provence

83400 HYERES

04.94.12.79.52 - paca@lpo.fr - paca.lpo.fr

SIRET : 350 323 101 00203

Code APE : 9499Z

## Objet social de Fauna studium

Créée en 2022, Fauna studium est une structure qui applique les principes de la biologie de la conservation pour répondre à des questions essentielles à la préservation de la faune sauvage.

Les domaines d'intervention de Fauna studium sont :

- L'élaboration de programmes de conservation et de protocoles standardisés en faveur de la faune sauvage.
- La mise en œuvre sur le terrain (par ex. inventaires, suivi par Capture-Marquage-Recapture, radiotracking, etc.) de méthodes de suivi adaptées à chaque problématique et aux conditions de terrain.
- Un accompagnement et des conseils face à une problématique de conservation (par ex. hiérarchisation des enjeux de conservation et des menaces, priorisation des actions à engager, etc.) en s'appuyant sur les connaissances scientifiques les plus récentes et sur un réseau de partenaires.
- La valorisation des données récoltées par l'analyse, la conceptualisation, la rédaction et la publication d'articles scientifiques dans des revues indexées peer-reviewed.

Fauna studium collabore régulièrement avec différents partenaires français et étrangers (StatiPop, AHPAM, Alcedo, CIBIO, CEFE-CNRS, University of Genoa, etc.) afin de mutualiser les compétences et d'obtenir une meilleure expertise lors de la réalisation de projets.

**Représentant légal**

Julien Renet, biologiste de la conservation, gérant

**Coordonnées du siège social**

25 avenue du Jabron

04200 Sisteron

06.19.54.50.94

[julien.renet13@hotmail.fr](mailto:julien.renet13@hotmail.fr)

SIRET : 921251815 00012

N° TVA intracommunautaire : FR 29921251815

<https://fauna-studium.jimdosite.com/>

<https://www.researchgate.net/profile/Julien-Renet/research>

## Rapport d'étude

# Etude des collisions routières de la RD178 sur les amphibiens de la zone humide du Plan (Oppède) - Phase 2 : Définition des mesures de gestion en vue de rétablir les continuités écologiques

### Rédaction / Suivi du projet

Nicolas Fuento (LPO) et Julien Renet (Fauna studium)

### Analyses et gestion des données

Julien Renet (Fauna studium)

### Cartographie / illustration

Nicolas Fuento (LPO) et Julien Renet (Fauna studium)

### Relecture

Jérôme Brichard (PNR Luberon)

### Date

16 octobre 2025

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier et technique des partenaires suivants :



### Citation recommandée

Fuento, N J & Renet, J (2025). Etude des collisions routières de la RD178 sur les amphibiens de la zone humide du Plan (Oppède) - Phase 2 : Définition des mesures de gestion en vue de rétablir les continuités écologiques. Rapport d'étude. Ligue pour la Protection des Oiseaux, Fauna studium. Mallemort : 62 pages.

### Photos de couverture

Pélobate cultripède adulte © Julien Renet, Fauna studium

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Statistiques descriptives des données collectées en 2024 en fonction de la position géographique (Nord ou Sud) de la barrière de protection. Les valeurs reliées à la zone Sud doivent être relativisées car une portion significative du linéaire ne permet pas d'identifier la provenance des individus capturés. ....	16
Tableau 2 : Répartition mensuelle du nombre de capture pour chaque espèce d'amphibiens en 2024 .....	17
Tableau 3 : Résultats du suivi collision routière selon la saison .....	23
Tableau 4 : Communes de résidence des contributeurs du questionnaire et nombre de réponses par commune...	33
Tableau 5 : Plan de financement du crapauduc de la tourbière de Lossy .....	44
Tableau 6 : Synthèse des avantages et des inconvénients pour chaque solution envisagée .....	54

## Liste des figures

Figure 1 : Représentation cartographique du site du Plan (commune d'Oppède) sur lequel une population de Pélobate cultripède est étudiée depuis 2019 et particulièrement menacée par des collisions routières sur la RD178 .....	10
Figure 2 : Chantier d'installation du crapauduc. Photo 1 : mise en place des seaux et des piquets. Photo 2 : préparation de la tranchée et du filet. Photo 3 : fixation du filet sur les piquets. Photo 4 : section de crapauduc finalisée .....	13
Figure 3 : Schéma type d'une barrière de protection en faveur des amphibiens installée en bord de route d'après Percsy .....	13
Figure 4 : Crapauduc de type 1 .....	14
Figure 5 : Crapauduc de type 2 .....	14
Figure 6 : Cartographie générale du crapauduc temporaire du Plan .....	15
Figure 7 : Répartition spécifique du nombre total de capture au printemps et à l'automne 2024 .....	17
Figure 8 : Distribution mensuelle (printemps et automne) du nombre de capture pour chaque espèce d'amphibiens en 2024 .....	18
Figure 9 : Reconnaissance individuelle du Pélobate cultripède à partir de la photographie de la face dorsale. Femelle capturée et photographiée le 04/09/24 puis recapturée le 08/09/24 .....	19
Figure 10 : Localisation des zones de sensibilité pour toutes les espèces d'amphibiens sur le site du Plan .....	20
Figure 11 : Localisation des zones de sensibilité pour le Pélobate cultripède sur le site Plan .....	21
Figure 12 : Pélobates cultripèdes capturés dans le seau n°36 lors de l'étude de la migration des amphibiens de la zone humide du Plan .....	22
Figure 13 : Distribution du nombre d'individus observés morts ou vivants pour chaque espèce en 2024 .....	24
Figure 14 : Distribution saisonnière du nombre d'écrasements routier sur la RD78 en 2024 .....	25
Figure 15 : Carte des données récoltées dans le cadre de l'étude collision routière 2024 .....	26
Figure 16 : Cartographie générale des observations de Pélobate cultripède durant l'étude collision routière .....	27
Figure 17 : Etude mortalité - Cadrage 1 .....	28
Figure 18 : Etude mortalité - Cadrage 2 .....	29
Figure 19 : Etude mortalité - Cadrage 3 .....	30
Figure 20 : Questionnaire relayé sur le site PNR Luberon .....	32
Figure 21 : Diagramme de la fréquence d'utilisation de la route départementale 178 selon les réponses du questionnaire en ligne.....	32
Figure 22 : Topographie des abords de la RD178 au niveau de la mare du Plan .....	34
Figure 23 : Exemple d'emprise de part et d'autre de la route pour permettre l'accès en pentes douces vers les passages inférieurs.....	35

Figure 24 : Cartographie du contexte général de la zone humide du Plan pour l'implantation d'un crapauduc permanent.....	35
Figure 25 : Représentation cartographique d'une situation optimale pour la réalisation d'ouvrages de franchissement sur le site du Plan (Oppède).....	36
Figure 26 : Dispositif de franchissement optimal de type ACO (entrée KP1000-700 raccordée à des sections KT500 avec ouverture) équipé de parois de guidage LEP100 (schéma de droite).....	38
Figure 27 : Exemple de pose d'une section ACO ajourées uniquement sur un accotement. Une configuration qui réduit l'infiltration des polluants dans le fond du tunnel.....	39
Figure 28 : Barrière de guidage optimale de type ACO LEP100 équipée d'un double surplomb pour empêcher le franchissement des espèces grimpeuses (rainettes, grenouilles, etc.).....	40
Figure 29 : Exemple d'un caniveau (D400 ACO) traversant une voie d'accès et connecté de part et d'autre à des barrières de guidage LEP100 ACO pour les amphibiens.....	41
Figure 30 : Devis matériel ACO septembre 2025.....	41
Figure 31 : Pélobates cultripèdes photographiés avec la méthode du Time Laps. A gauche un juvénile de l'année photographié en septembre et à droite un adulte photographié en mai.....	43
Figure 32 : Exemple de suivi par piégeage en sortie d'ouvrage mis en œuvre dans l'Aube par le Parc naturel régional de la Forêt d'Orient. Une trappe en béton inclue dès la conception et correspondant à la largeur de l'ouvrage sera préférée afin d'éviter les demi-tour d'amphibiens ©PNR Forêt d'Orient.....	44
Figure 33 : Installation du Crapauduc avant coffrage béton Source : P. CHEVALIER, Métropole Nice Côte d'Azur.....	46
Figure 34 : Création d'une trappe de visite Source : V. RIVIERE – AGIR écologique.....	46
Figure 35 : Installation d'un aqueduc dans l'ouvrage Source : V. RIVIERE – AGIR écologique.....	46
Figure 36 : Installation d'un aqueduc dans l'ouvrage Source : V. RIVIERE – AGIR écologique.....	46
Figure 37 : Chantier du crapauduc de Vesancy en cours.....	47
Figure 38 : Crapauduc de Vesancy finalisé.....	48
Figure 39 : Une route départementale en Ile-et-Vilaine, la RD35, est fermée durant deux semaines pour permettre aux crapauds et grenouilles de la traverser sans se faire écraser. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=LtnPvSdp5sY">https://www.youtube.com/watch?v=LtnPvSdp5sY</a> .....	49
Figure 40 : Fermeture avec blocs bétons empêchant le passage des véhicules © Crédit photo : Archives Vincent Dewitte.....	50
Figure 41 : Fermeture légère de la route © <a href="https://vosges-tourisme.net/">https://vosges-tourisme.net/</a> .....	50
Figure 42 : Plan de fermeture de la route départementale 178.....	51
Figure 43 : Schéma de fermeture de la RD178 côté est.....	52
Figure 44 : Schéma fermeture de la RD178 côté ouest.....	52

# Sommaire

I Contexte .....	9
I-1 Etude de la migration des amphibiens de la zone humide du Plan en 2024 .....	11
II Le crapauduc temporaire du plan .....	12
II-1 Matériel et méthode.....	12
II-1.1 Matériel utilisé.....	12
II-1.2 Emprise du crapauduc.....	14
II-2 Résultats .....	16
II-2.1 Résultats numériques.....	16
II-2.2 Répartition temporelle spécifique du nombre de capture.....	17
II-2.3 Evaluation des recaptures de Pélobate cultripède par photo-identification .....	18
II-2.4 Identification des zones de sensibilité, toutes espèces d'amphibiens confondues.....	19
II-2.5 Identification des zones de sensibilité pour le Pélobate cultripède .....	20
II-3 Discussion .....	21
III Etude complémentaire « collision routière » .....	23
III-1 Matériel et méthode.....	23
III-2 Résultats .....	23
III-2.1 Résultats numériques.....	23
III-2.2 Distribution saisonnière de la mortalité.....	24
III-2.3 Résultats cartographiques.....	25
III-2.3 Discussion .....	30
IV Etude sociologique.....	32
V Préconisations d'actions .....	34
V-1 Crapauduc permanent .....	34
V-1.1 Contexte et difficultés du secteur du Plan.....	34
V-2 Cout des matériaux.....	41
V-3 Evaluation de l'efficacité des dispositifs de franchissement permanent.....	42
V-3.1 Utilisation de la technologie RFID (Radio Frequency Identification).....	42
V-3.2 Suivi photographique par Time laps.....	42
V-3.3 Trappe de capture en sortie de tunnel .....	43
V-3.4 Intégration d'aménagements dès la conception de l'ouvrage pour le suivi d'efficacité .....	44
V-4 Retours d'expérience de crapauducs permanents .....	44
V-4.1 Le crapauduc de la tourbière de Lossy .....	44
V-4.2 Le crapauduc permanent du Lac des Neiges (Isola, Alpes-Maritimes) .....	45
V-4.3 Crapauduc de Vesancy sous la RD984c .....	47

V-5 Fermeture temporaire de la route .....	48
V-5.1 Description de l'action .....	48
V-5.2 Fermeture temporaire du Chemin du Plan.....	50
V-6 Renouvellement du crapauduc temporaire.....	53
V-6.1 Description de l'action .....	53
V-6.2 Moyens nécessaires.....	54
V-7 Analyse comparative des solutions envisagées pour la réduction des écrasements routiers .....	54
VI Conclusion et perspectives .....	58
VII Bibliographie.....	60

# I Contexte

Le site du Plan est identifié comme zone humide prioritaire du Schéma d'Aménagement et de Gestion du Calavon et est inscrit au réseau des Espaces Naturels Sensibles (ENS) du Vaucluse. Il est concerné par un enjeu très fort de conservation pour les amphibiens puisqu'il constitue l'un des rares sites de reproduction situés dans la plaine agricole de Coustellet.

Dans le cadre de l'étude en faveur de la « préservation / restauration des mares et réseaux de mares de la trame turquoise du bassin versant du Calavon » copiloté par le Parc du Luberon et le Conservatoire d'Espaces Naturels de PACA, il a été mis en évidence que le site héberge l'une des principales populations régionales de Pélobate cultripède (Renet et al., 2024), espèce menacée inscrite « En Danger » dans la liste rouge régionale (Marchand et al., 2017).

Par ailleurs, dans le cadre de l'étude « La trame turquoise, une nouvelle composante de la gestion routière pour le département du Vaucluse », copiloté par le Département du Vaucluse et le CEREMA Méditerranée, le site du Plan a été identifié parmi les secteurs aux plus forts enjeux sur lesquels une réflexion doit être menée pour améliorer et/ou restaurer les continuités écologiques impactées par le réseau routier départemental.

Le site du Plan cumule la problématique d'isolement des populations de Pélobate cultripède et d'obstacles au déplacement dus à l'artificialisation des sols et les infrastructures routières.

La mare à Pélobate la plus proche (Le Grand Camp) se situe à 2 km au Nord-Ouest du village de Coustellet où le tissu urbain limite fortement les possibilités d'échanges entre les deux populations (Renet et al., 2024). A cela s'ajoute un projet départemental de déviation routière du hameau de Coustellet.

En l'état actuel, le trafic dense au sein du hameau de Coustellet induit un délestage sur les voies secondaires et notamment sur la RD178. Lors des épisodes migratoires, cette circulation peut être source d'une mortalité significative par collision routière.

La RD 178 constitue un obstacle pour le déplacement des amphibiens entre leur site de reproduction (mare du Plan et rivière Calavon) et les milieux terrestres environnants qu'ils utilisent comme zone d'hivernage ou d'alimentation. L'étude de la population de Pélobate cultripède du site a mis en évidence une occupation importante de l'espèce sur les milieux terrestres situés au nord de la route.

**La phase 1** de l'étude portant sur l'évaluation de l'impact de la RD178 sur les communautés d'amphibiens réalisée en 2023 par le Conservatoire d'Espaces Naturels PACA, a confirmé :

- une forte activité routière de jour comme de nuit en période de migration (moyenne de 2028 véhicules/jours et moyenne de 24 véhicules / heure la nuit)
- un impact potentiel significatif sur les communautés d'amphibiens avec pour le Pélobate cultripède jusqu'à 12% de la population soumise à un risque routier à chaque saison de migration (printemps/automne).

Or, de nombreuses études internationales mettent en évidence que les amphibiens sont particulièrement vulnérables en raison de leurs migrations saisonnières massives entre les habitats terrestres et aquatiques, de leur vitesse de déplacement lente et de leurs réponses comportementales face aux véhicules. Il a notamment été montré :

- que la probabilité pour un amphibien d'être tué en traversant une route varie de 0,34 à 0,61 pour un trafic de 3 200 véhicules/jour (Hels & Buchwald, 2001)

- qu'une mortalité routière additive >10 % des adultes/an peut conduire à l'extinction locale d'une espèce (Gibbs & Shriver, 2005).
- que le flux génétique diminue de 40 % près des routes, augmentant le risque de consanguinité (Elzanowski et al., 2009).
- que les routes situées à proximité d'habitats aquatiques (zones de reproduction) présentent des taux de mortalité particulièrement élevés (Glista et al., 2008).
- que la séparation des zones humides avec les environnements terrestres adjacents ("habitat split") réduit la connectivité de 30 à 60 % pour des espèces bi-phasique (Andrews et al., 2008).
- que la perméabilité cutanée expose les amphibiens aux polluants routiers (métaux lourds, sels de déneigement), affectant la survie larvaire (Gibbs & Shriver, 2005).

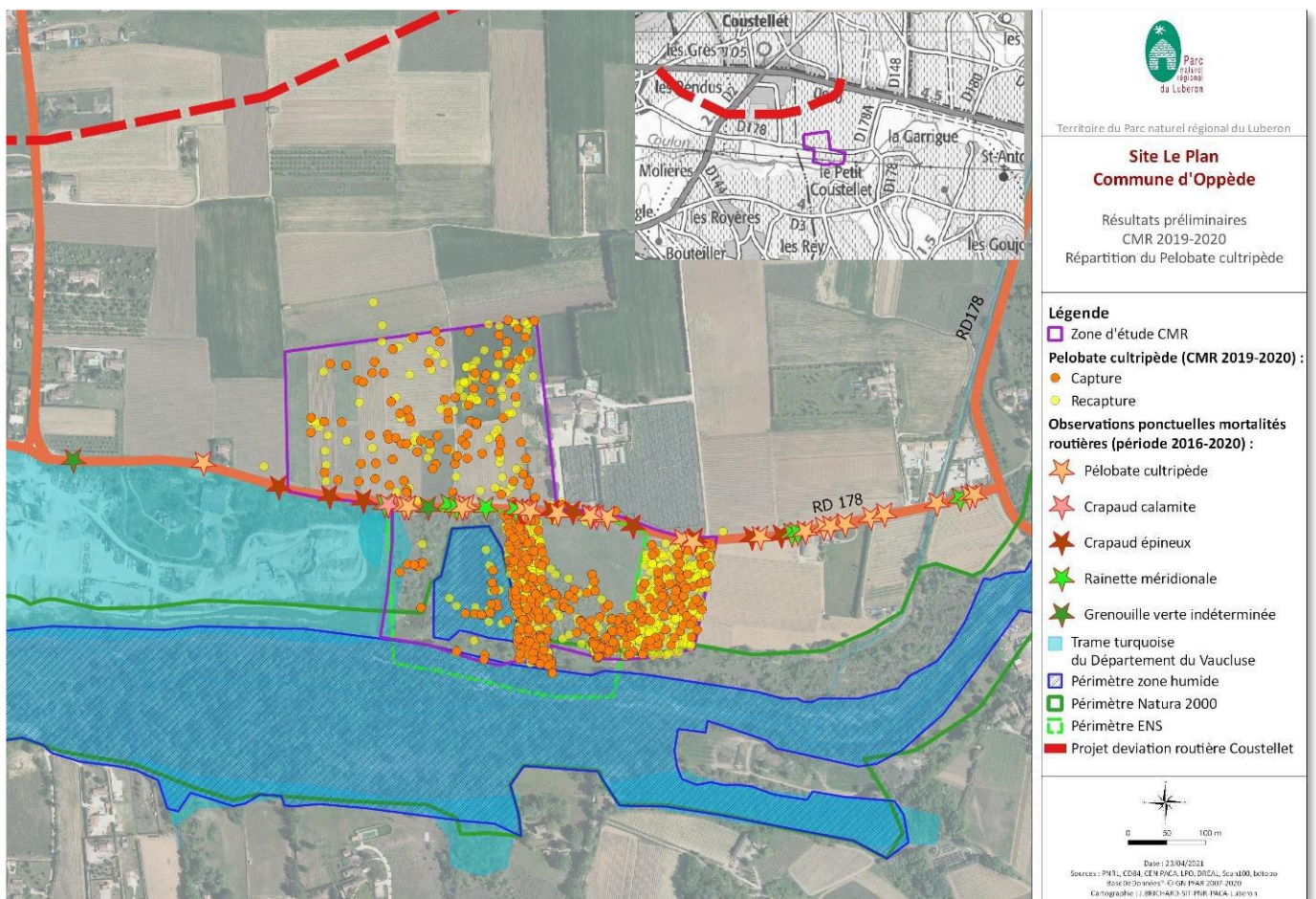


Figure 1 : Représentation cartographique du site du Plan (commune d'Oppède) sur lequel une population de *Pelobate cultripède* est étudiée depuis 2019 et particulièrement menacée par des collisions routières sur la RD178

Comme la phase 1, la phase 2 de l'étude a été mise en œuvre dans la plaine agricole de Coustellét en bordure du Calavon où est présent l'ancienne gravière dénommée « Mare du Plan ». La zone d'étude est centrée sur la RD178 avec une attention plus particulière portée sur le tronçon Est d'1 km, limitrophe du site de reproduction connu du *Pelobate cultripède*.

L'objectif opérationnel de la phase 2 est de définir des mesures de gestion de la RD178 pour réduire son impact sur les communautés d'amphibiens du site du Plan.

Afin d'alimenter le programme d'actions « trame turquoise et gestion routière » du Département du Vaucluse sur ce secteur identifié comme prioritaire, la présente étude poursuit donc les objectifs suivants :

- Etudier la migration des amphibiens pour identifier les principaux points de traversée de la route ;
- Proposer des solutions techniques opérationnelles permettant la restauration de la continuité écologique de part et d'autre de la RD178, en y intégrant le dispositif d'évaluation de leurs efficacités ;
- Présenter des retours d'expériences récents de crapuducs permanents afin de guider les préconisations d'aménagement sur le site du Plan.
- Etudier et prendre en compte les enjeux socio-économiques et fonciers dans les solutions proposées

## I-1 Etude de la migration des amphibiens de la zone humide du Plan en 2024

Cette étude a été confiée à la Ligue pour la Protection des Oiseaux de PACA. L'encadrement scientifique a été assuré par Fauna studium.

Les différents objectifs poursuivis par l'étude étaient :

- D'étudier le flux migratoire des amphibiens et d'identifier des zones de passages privilégiées afin de prévoir des mesures d'atténuation pertinentes ;
- De proposer des solutions techniques opérationnelles permettant la restauration de la continuité écologique de part et d'autre de la RD178, en y intégrant le dispositif d'évaluation de leurs efficacités ;
- D'étudier et prendre en compte les enjeux socio-économiques et fonciers dans les solutions proposées.

Cette étude permettra d'alimenter le programme d'actions « trame turquoise et gestion routière » du Département du Vaucluse sur ce secteur identifié comme prioritaire. L'étude a été mise en œuvre de mars 2024 à juin 2025.

## I-2 Les principaux axes du projet

### I-2.1 Axe 1 - Investigation de terrain et étude sociologique

L'axe 1 permet d'identifier et de caractériser les points de passage préférentiels des amphibiens lors des phases de migration aller/retour sur le site du Plan (automne et printemps). Cet état des lieux des couloirs de migration permet in fine de localiser le(s) meilleur(s) emplacement(s) pour l'aménagement d'ouvrage(s) de franchissement.

L'étude sociologique permet d'évaluer l'acceptabilité du projet, d'identifier les points de blocages et la faisabilité des solutions envisagées.

### I-2.2 Axe 2 - Préconisations d'actions

Sur la base de l'axe 1, il s'agit d'explorer les « champs des possibles » de la restauration des continuités écologiques de la RD178 pour les amphibiens et proposer des solutions techniquement et économiquement réalistes.

## II Le crapauduc temporaire du plan

### II-1 Matériel et méthode

#### II-1.1 Matériel utilisé

##### **Filets**

Les filets présentait une hauteur de 100 cm et étaient enterrés à la base sur environ 20 centimètres. Des piquets en bois ont été utilisés pour le maintien des filets. Deux types de filets ont été utilisés :

- Filets en nylon tressé sur la majorité du crapauduc. Ce matériel est particulièrement résistant et présente l'avantage d'avoir une prise au vent réduite grâce aux mailles fines.
- Toile de paillage agricole sur un petit linéaire à l'est du crapauduc. Ce matériel est moins résistant et présente une plus grande prise au vent. Les filets étaient fixés sur les piquets à l'aide de colliers serrant.

##### **Seaux**

Des seaux alimentaires de 35 cm de diamètre et 50 cm de profondeur ont été utilisés sur la majorité du crapauduc. Des seaux alimentaires de 25 cm de diamètre et 20 cm de profondeur ont également été utilisés à l'extrémité ouest du crapauduc. Le fond des seaux a été percé pour permettre l'évacuation de l'eau. Ceux-ci ont été enterrés au ras du sol tous les 15-20 m pour récupérer les amphibiens qui longeaient les filets (Fig. 4 et 5). Au total, 59 seaux ont été installés.



Figure 2 : Chantier d'installation du crapauduc. Photo 1 : mise en place des seaux et des piquets. Photo 2 : préparation de la tranchée et du filet. Photo 3 : fixation du filet sur les piquets. Photo 4 : section de crapauduc finalisée

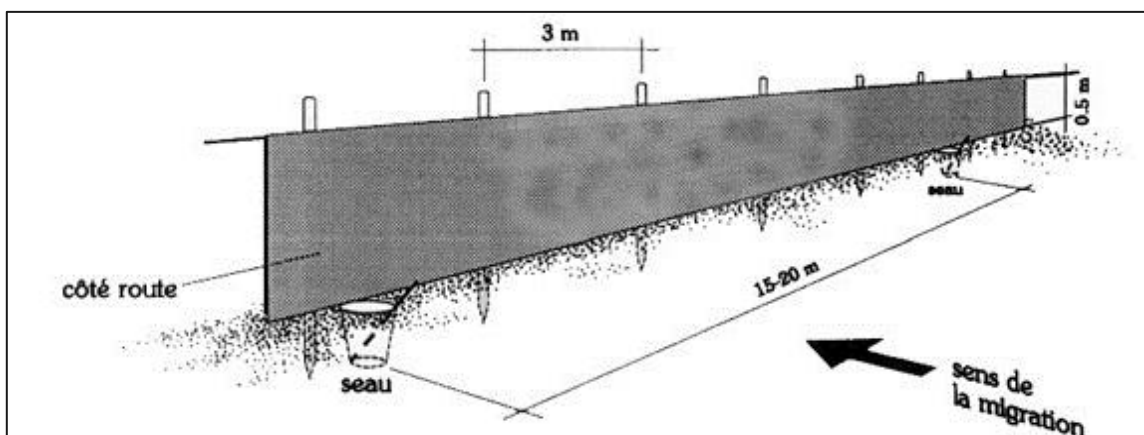


Figure 3 : Schéma type d'une barrière de protection en faveur des amphibiens installée en bord de route d'après Percsy

## II-1.2 Emprise du crapauduc

Le crapauduc du Plan a été installé le long de la RD178 sur un tronçon de route de 530 mètres pour 740 mètres linéaires de filet déployé (423 m au sud et 317 m au nord). Deux types d'installations ont été utilisées :

- Crapauduc type 1 - filets des deux côtés de la route : cette méthode, couramment utilisée pour les crapauducs temporaires, consiste à installer des filets et des seaux récupérateurs des deux côtés de la route.
- Crapauduc type 2 - filets d'un seul côté de la route : cette méthode est utilisée lorsqu'un côté de la route ne permet pas l'installation de filets et de seaux. Le filet est donc installé de telle manière à joindre les seaux en leur centre afin de récupérer les amphibiens qui viendraient des deux côtés.



Figure 4 : Crapauduc de type 1



Figure 5 : Crapauduc de type 2

## Etude migration amphibiens 2024 - Cartographie générale

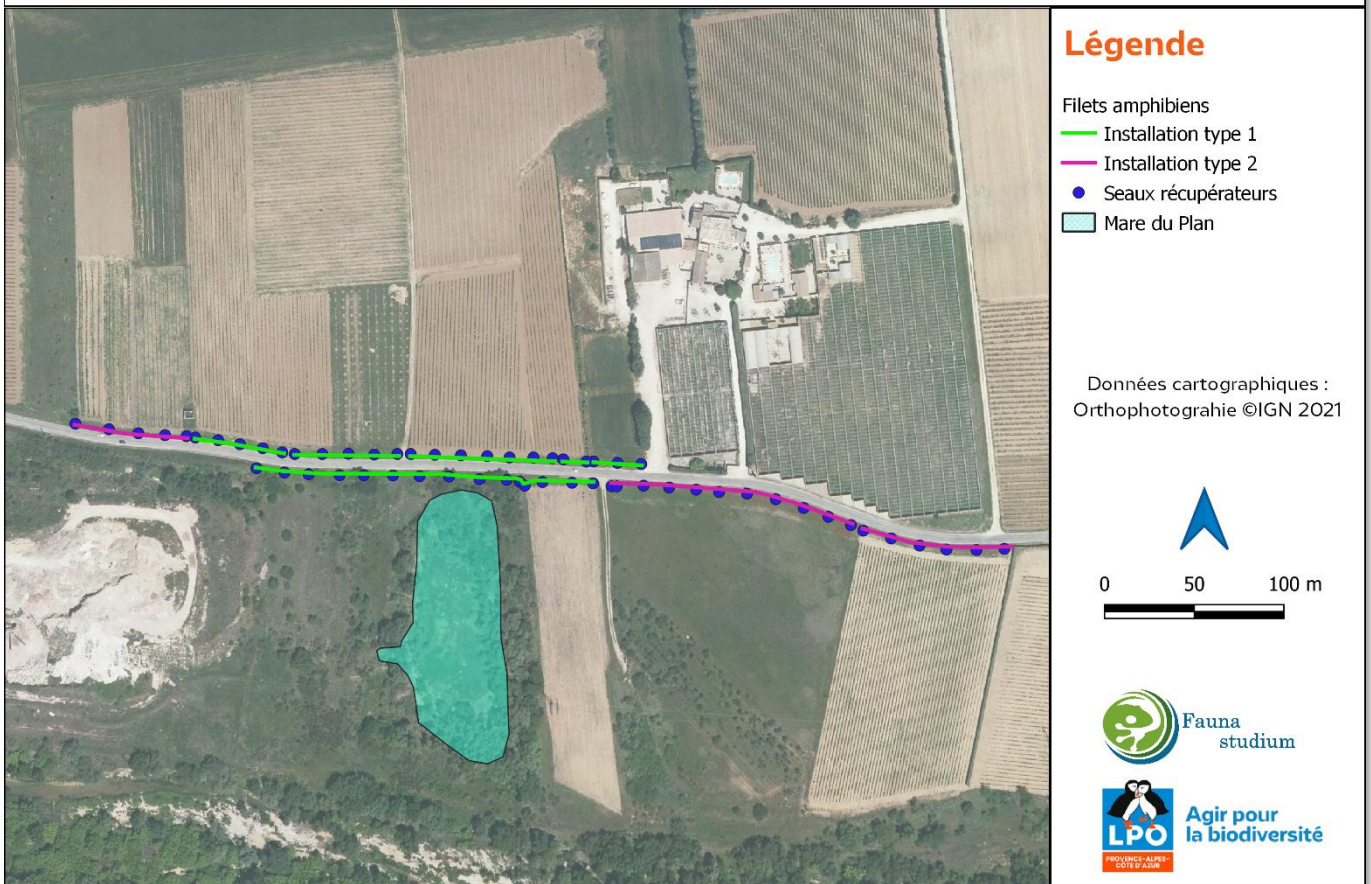


Figure 6 : Cartographie générale du crapauduc temporaire du Plan

### II-1.3 Méthodologie

Le suivi a couvert les deux principales saisons d'activité des amphibiens, soit le printemps et l'automne. Durant les périodes de météo défavorables aux déplacements des amphibiens (temps sec, mistral), les seaux sont restés fermés, empêchant le piégeage des animaux. Lorsque les conditions sont redevenues favorables (humidité atmosphérique élevée, épisode pluvieux, températures douces), le suivi a repris avec la méthodologie suivante :

- Deux personnes mobilisées pour réaliser le suivi ;
- Ouverture des seaux 1 heure avant le coucher du soleil (entre 18h et 20h selon la période) ;
- Relève des seaux toutes les deux heures (trois fois par nuit). Lors de la relève des seaux, chaque amphibien capturé a fait l'objet d'une saisie sur un formulaire développé et mis à disposition sur l'application KoboCollect. L'amphibien capturé a ensuite été relâché de l'autre côté de la route.
- Les Pélobates cultripède capturés à l'automne ont tous été photographiés (photo de la face dorsale). La reconnaissance photographique individuelle a pour but d'estimer le nombre d'individus réellement capturé. Afin d'identifier des individus équipés de Pit-Tags durant le suivi démographique de la population (entre 2019 et 2023), tous ont été contrôlés à l'aide d'un récepteur RFID.
- Fermeture des seaux à 2h du matin.

## II-2 Résultats

### II-2.1 Résultats numériques

En 2024, le jeu de données printanier et automnal a consisté en **1626 captures d'amphibiens réalisées en 20 visites** de terrain réparties entre le **09/03/2024** et le **17/10/2024**. Au total, six espèces d'amphibiens ont été capturées.

Tableau 1 : Statistiques descriptives des données collectées en 2024 en fonction de la position géographique (Nord ou Sud) de la barrière de protection. Les valeurs reliées à la zone Sud doivent être relativisées car une portion significative du linéaire ne permet pas d'identifier la provenance des individus capturés.

		Fréquence capture	%	Nbre captures	$\bar{x}$ /capture	Min.	Max.	Total captures
PELCUL	Nord	37	6,62	43	1,53	1	3	<b>291</b>
	Sud	154	27,55	248	1,52	1	10	
BUFSP1	Nord	35	6,26	35	1,04	1	1	<b>106</b>
	Sud	66	11,81	71	1,05	1	2	
EPICAL	Nord	7	1,25	7	1	1	1	<b>38</b>
	Sud	30	5,37	31	1,03	1	2	
PELPUN	Nord	2	0,36	2	1	1	1	<b>5</b>
	Sud	3	0,54	3	1,33	1	2	
HYLMER	Nord	19	3,40	19	1	1	1	<b>26</b>
	Sud	7	1,25	7	1	1	1	
PELOPHYLAX	Nord	48	8,59	52	5,92	1	2	<b>1160</b>
	Sud	152	27,19	1108	5,8	1	90	

Le Pélobate cultripède et la Grande grenouille verte sont les espèces les plus fréquemment capturées avec respectivement 34 % et 36 % des captures ce qui représente 70% des événements de capture. Ces deux espèces totalisent 1451 captures soit **291 captures** pour le Pélobate cultripède (dont 36 captures de mâles, 122 captures de femelles, 133 captures de juvéniles) et **1160 captures** pour la Grande grenouille verte.

**23 individus de Pélobate cultripède** ont été identifiés à partir d'un précédent marquage par Pit-tags. Cinq d'entre eux ont été recapturés une fois et un seul individu a été recapturé deux fois.

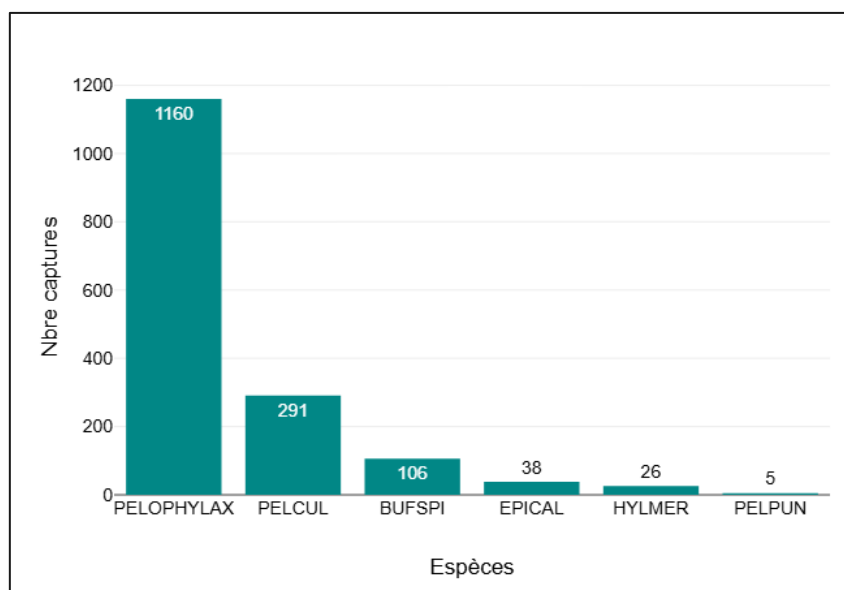


Figure 7 : Répartition spécifique du nombre total de capture au printemps et à l'automne 2024

## II-2.2 Répartition temporelle spécifique du nombre de capture

Cette analyse indique que le Pélobate cultripède est l'espèce la plus abondamment capturée en mars et en avril bien que pour ce dernier mois on observe une baisse importante des captures suivi d'une sensible augmentation en mai. Pour les autres espèces, la tendance est similaire au printemps 2024. En septembre 2024, la Grande grenouille verte a été l'espèce la plus abondamment capturée, suivie du Pélobate cultripède et du Crapaud épineux. En octobre 2024, seul le Crapaud épineux a été capturé.

Tableau 2 : Répartition mensuelle du nombre de capture pour chaque espèce d'amphibiens en 2024

MOIS	BUFSPi	EPICAL	HYLMER	PELCUL	PELOPHYLAX	PELPUN	TOTAL
MARS	19	22	13	124	51	4	233
AVRIL	3	0	2	16	14	0	35
MAI	19	9	4	19	20	0	71
SEPTEMBRE	46	7	7	132	1075	1	1268
OCTOBRE	19						19

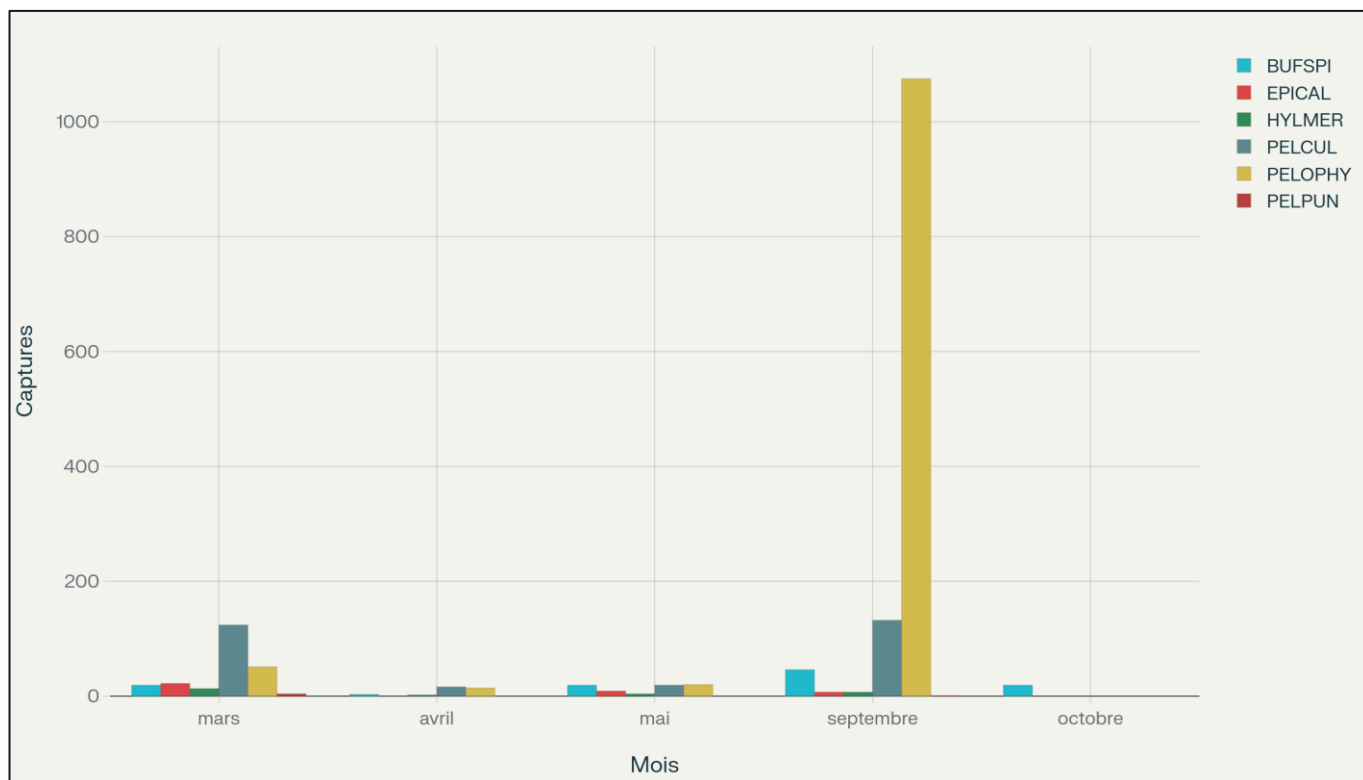


Figure 8 : Distribution mensuelle (printemps et automne) du nombre de capture pour chaque espèce d'amphibiens en 2024

## II-2.3 Evaluation des recaptures de Pélobate cultripède par photo-identification

Nous avons cherché à évaluer la proportion d'individus recapturés au sein du dispositif de protection. Le Pélobate cultripède a été ciblé car il présente des motifs corporels facilement identifiables permettant une reconnaissance individuelle aisée. Pour cela, nous avons eu recours à la photo-identification. Ainsi, à l'automne 2024, tous les individus capturés ont fait l'objet d'une photographie de la face dorsale (Fig. 9). Seulement 4,6% des 110 individus photographiés à l'automne ont été recapturés au moins une fois dont un individu juvénile au sein de la même nuit.

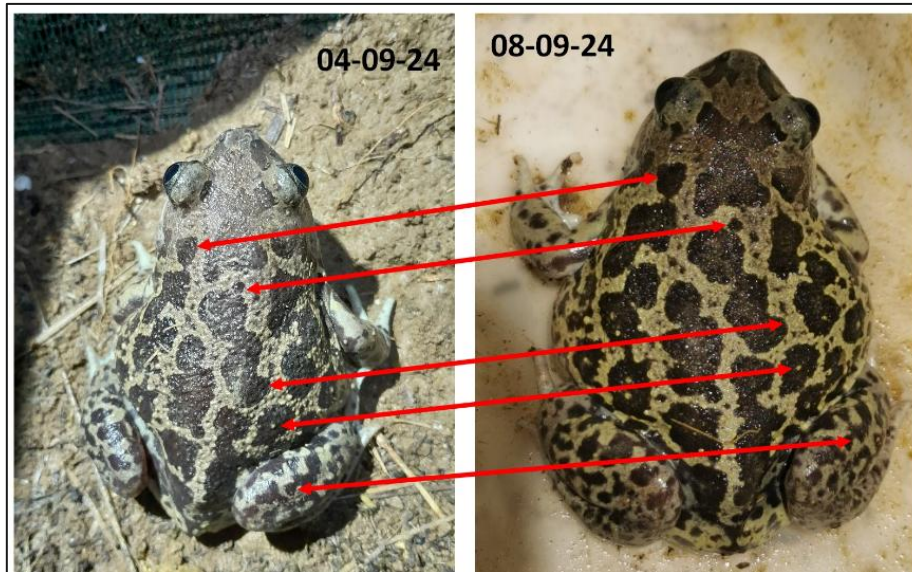


Figure 9 : Reconnaissance individuelle du Péllobate cultripède à partir de la photographie de la face dorsale. Femelle capturée et photographiée le 04/09/24 puis recapturée le 08/09/24

## II-2.4 Identification des zones de sensibilité, toutes espèces d'amphibiens confondues

La réalisation de « Heat map » à partir des données de capture de toutes les espèces d'amphibien permet de distinguer clairement une zone de haute sensibilité dans l'axe de la mare qui se diffuse sur environ 190 m de linéaire de part et d'autre. Une zone de sensibilité de moindre ampleur apparaît également à l'extrémité Est du dispositif (Fig. 10).

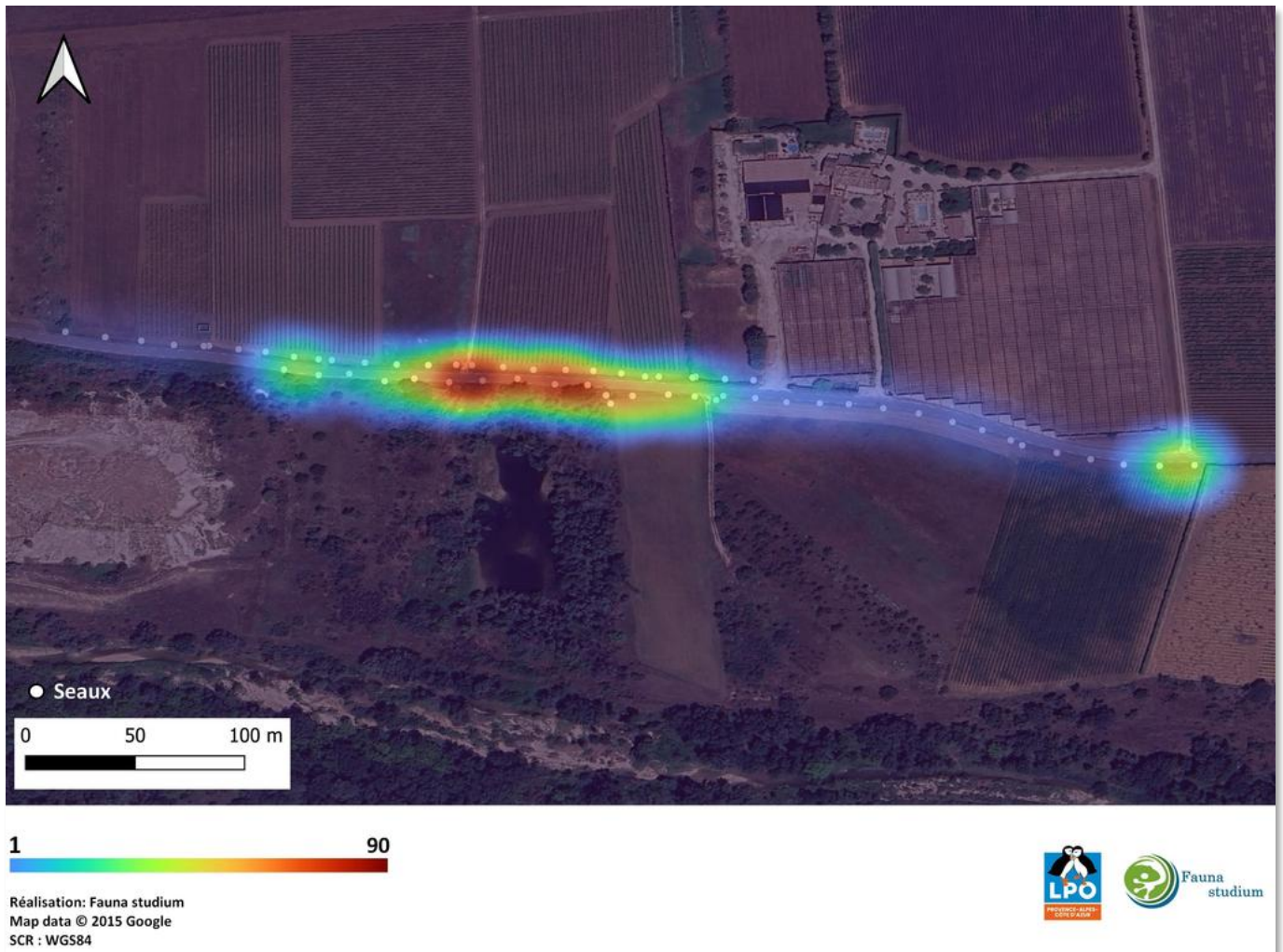


Figure 10 : Localisation des zones de sensibilité pour toutes les espèces d'amphibiens sur le site du Plan

## II-2.5 Identification des zones de sensibilité pour le Pélobate cultripède

Une analyse ciblée sur les données de Pélobate cultripède a permis d'identifier clairement deux zones de haute sensibilité. Il s'agit d'une zone à l'ouest de la mare (entre la carrière et la mare) ainsi qu'une seconde à l'extrémité est du dispositif (Fig. 11).



Figure 11 : Localisation des zones de sensibilité pour le Pélobate cultripède sur le site Plan

## II-3 Discussion

Cette étude de terrain menée en 2024 sur un dispositif de protection des amphibiens contre les écrasements routiers livre des éléments importants pour la conservation de ces espèces vulnérables. L'analyse de 1626 captures réparties sur 20 visites de terrain entre mars et octobre 2024 met en évidence la dominance du Pélobate cultripède (*Pelobates cultripedes*) et de la Grande grenouille verte dans les flux de migration, représentant conjointement 70% des captures totales.

Le faible taux de recapture automnal par photo-identification suggère que le nombre d'observations de Pélobate cultripède s'approche effectivement du nombre réel d'individus distincts. **En revanche, 79% des captures automnales de Pélobates correspondaient à des juvéniles en cours de dispersion et donc à une faible fidélité au site de cette cohorte durant la période analysée.** Le contrôle d'individus adultes équipés de Pit-Tags indique que 26% d'entre eux ont été recapturés au moins une fois durant le suivi ce qui n'est pas négligeable. Il semble donc important de ne pas considérer au printemps (favorable à la capture d'individus adultes cantonnés) le nombre de captures comme un nombre d'individus distinct. Néanmoins, la période automnale propice à la dispersion des juvéniles (non fixés), permet de considérer la grande majorité des individus capturés comme des individus distincts.

L'analyse par « heat maps » révèle une structuration spatiale claire des mouvements des amphibiens, avec une zone de haute sensibilité de part et d'autre de l'axe de la mare. Cette zone correspond à l'aire d'influence directe du

site de reproduction, délimitant l'espace critique nécessaire à la connectivité entre habitats aquatiques et terrestres. L'identification d'une seconde zone de sensibilité à l'extrémité est du dispositif suggère l'existence d'un corridor de déplacement ou d'un habitat terrestre important pour les différentes espèces. L'extension du dispositif à l'est permettrait de mieux appréhender la provenance de ces individus et leur mouvement.

La zone ouest, située entre la carrière et la mare, pourrait correspondre à un habitat terrestre préférentiel offrant des conditions pédologiques favorables au creusement des terriers caractéristiques de cette espèce fouisseuse. Il pourrait également s'agir d'individus en provenance de la carrière Sylvestre (ou alentours) qui se seraient heurtés à l'extrémité ouest de la barrière de protection.

Néanmoins, la mise en place d'un crapauduc temporaire n'est pas sans influence sur les comportements migratoires des espèces. En effet, les clôtures installées durant les périodes sensibles de déplacement des amphibiens sont susceptibles de perturber fortement les stratégies de dispersion. Un effet piège est notamment constaté dans certaines études internationales. Il a notamment été montré que 30 % des *Bufo bufo* et *Ambystoma californiense* renoncent à migrer après 40 à 50 m de marche le long des barrières, réduisant le recrutement dans les sites de reproduction (Ottburg & van der Grift, 2019 ; Brehme et al., 2021 ; Brehme et al., 2022).

L'identification précise des zones de haute sensibilité permettra le cas échéant d'optimiser l'implantation de dispositifs permanents de protection, tels que des passages à amphibiens sous-route. Ce type d'ouvrage de franchissement doit être particulièrement bien conçu en amont pour qu'il soit attractif, efficace et ne devienne pas un élément de fragmentation supplémentaire. La conception et les dimensions des bordures de guidage, jouent un rôle déterminant dans la capacité des amphibiens à localiser et utiliser les passages souterrains (Helldin & Petrovan, 2019).

Lorsque ces ouvrages sont réalisés de manière optimale ils permettent :

- une réduction de 50 à 100% de la mortalité routière selon les espèces (Helldin & Petrovan, 2019 ; Pinto et al., 2024, Marcelino et al., 2025).
- une croissance démographique annuelle de 18 % dans les populations de *Triturus cristatus* (Jarvis et al., 2019)
- un recrutement de juvéniles sept fois plus élevé dans les étangs adjacents aux tunnels par rapport aux sites témoins (Jarvis et al., 2019).



Figure 12 : Pélobates cultripèdes capturés dans le seau n°36 lors de l'étude de la migration des amphibiens de la zone humide du Plan

## III Etude complémentaire « collision routière »

### III-1 Matériel et méthode

L'étude collision routière était menée en parallèle des relèves du crapauduc. Ainsi, lors des soirées de suivi du crapauduc, l'étude collision était réalisée avec la méthodologie suivant :

- Après chaque relève des seaux, un tronçon de RD178 de 820 mètres était parcouru à pied par deux observateurs ;
- Chaque observation d'amphibien sur la chaussée faisait l'objet d'une saisie sur un formulaire préalablement formaté sur l'application KoboCollect avec la mention « sauvetage routier » ou « mortalité routière ».
- Les amphibiens écrasés sur la chaussée ont été systématiquement retirés afin d'éviter les doubles comptage et l'écrasement de vertébrés carnivores qui viendraient s'alimenter.

### III-2 Résultats

#### III-2.1 Résultats numériques

Au total, 296 observations d'amphibiens ont été réalisées durant le suivi collision routière. Le tableau suivant présente les résultats.

A noter que les termes « printemps » et « automne » correspondent aux saisons météorologiques et non calendaires. Ainsi, la période du printemps couvre les mois de mars, avril et mai et la période de l'automne couvre les mois de septembre et octobre.

Tableau 3 : Résultats du suivi collision routière selon la saison

Espèce	Mortalité routière		Sauvetage routier		Total
	Printemps	Automne	Printemps	Automne	
<i>Pelophylax sp</i>	3	66	6	50	125
<i>Pelobates cultripes</i>	21	6	37	6	70
<i>Bufo spinosus</i>	9	12	8	17	46
<i>Epidalea calamita</i>	7	1	20	2	30
<i>Hyla meridionalis</i>	4	12	4	5	25
<i>Pelodytes punctatus</i>	0	0	0	0	0
<b>Sous-total</b>	<b>44</b>	<b>97</b>	<b>75</b>	<b>79</b>	<b>296</b>
<b>Total</b>	<b>141</b>		<b>155</b>		

Cinq espèces ont été observées durant ce suivi. Le Pélodyte ponctué, présent sur la zone humide du Plan, n'a pas été contacté sur la route malgré sa reproduction avérée dans la mare en 2024.

L'espèce la plus observée sur la route durant ce suivi est la Grenouille verte avec 125 observations dont 56 sauvetages routiers, suivie par le Pélobate cultripède avec 70 observations dont 43 sauvetages routiers.

Malgré le dispositif de protection mis en place, **141 amphibiens ont été victimes d'une collision routière en 2024** ce qui représente 47,6 % du total des amphibiens observés sur la route durant les suivis soit près d'un amphibien

sur deux. La grande grenouille verte (*Pelophylax sp.*), qui est l'espèce la plus abondante, représente 48,9% des écrasements routiers suivi du Pélobate cultripède avec 19,2% (Tab. 5).

**155 amphibiens ont bénéficié d'un sauvetage temporaire** dont 43 Pélobates cultripèdes.

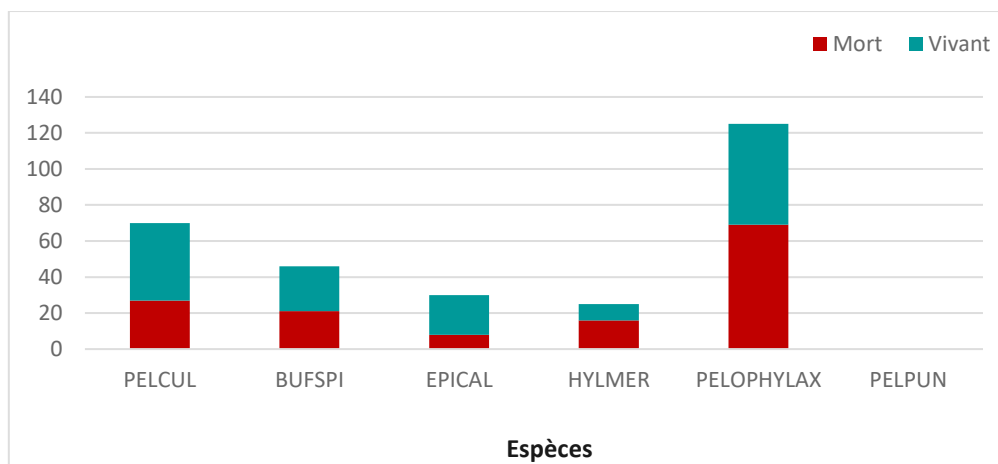


Figure 13 : Distribution du nombre d'individus observés morts ou vivants pour chaque espèce en 2024

### III-2.2 Distribution saisonnière de la mortalité

Le jeu de donnée disponible est trop faible pour tester statistiquement des différences de mortalité en fonction de la saison. Le Pélobate cultripède est l'espèce la plus impactée par la mortalité printanière avec 21 écrasements routiers, suivi du Crapaud épineux avec neuf écrasements. A l'automne, la Grande grenouille verte est la plus concernée avec 66 écrasements, suivi du Crapaud épineux et de la Rainette méridionale avec 12 écrasements respectivement. Six Pélobates cultripèdes ont été écrasés à l'automne.

D'une manière générale, la période automnale a été la plus mortifère pour les amphibiens avec 97 amphibiens écrasés contre 44 au printemps. Ce constat est à mettre en lien avec la dispersion de nombreux imago durant les épisodes pluvieux du mois de septembre, notamment chez *Pelophylax sp.*

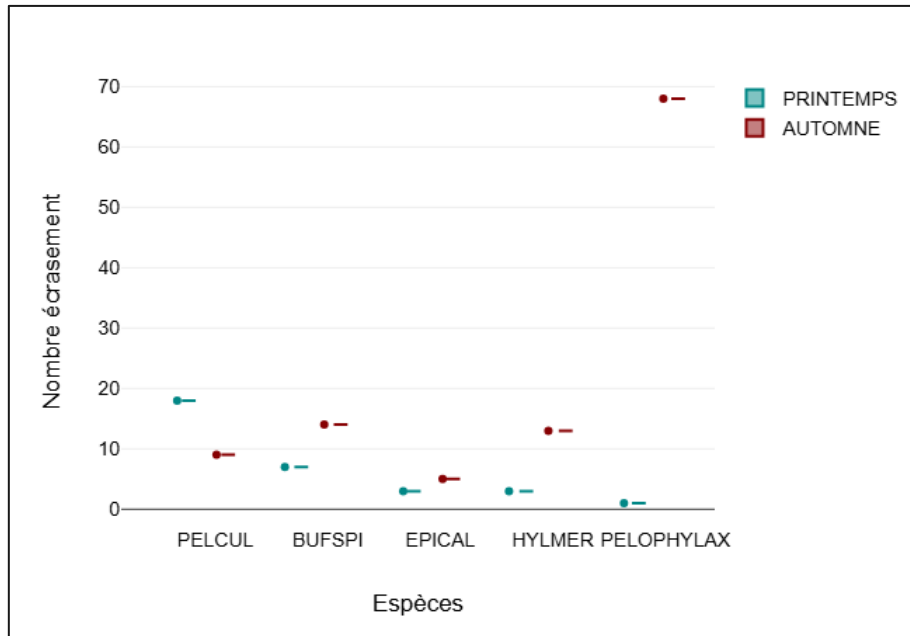


Figure 14 : Distribution saisonnière du nombre d'écrasements routier sur la RD78 en 2024

### III-2.3 Résultats cartographiques

La cartographie ci-dessous présente la localisation des observations de toutes les espèces rencontrées durant l'étude collision routière, au printemps et à l'automne 2024.

Les observations sont réparties de manière homogène sur ce tronçon de RD178. Il est intéressant de constater que des données d'amphibiens s'étalent jusqu'au pont de la Sénancole, à environ 600 mètres à l'est de la mare du Plan. Il n'y a actuellement pas de site de reproduction connus dans ce secteur.

## Etude migration amphibiens 2024 -Etude mortalité

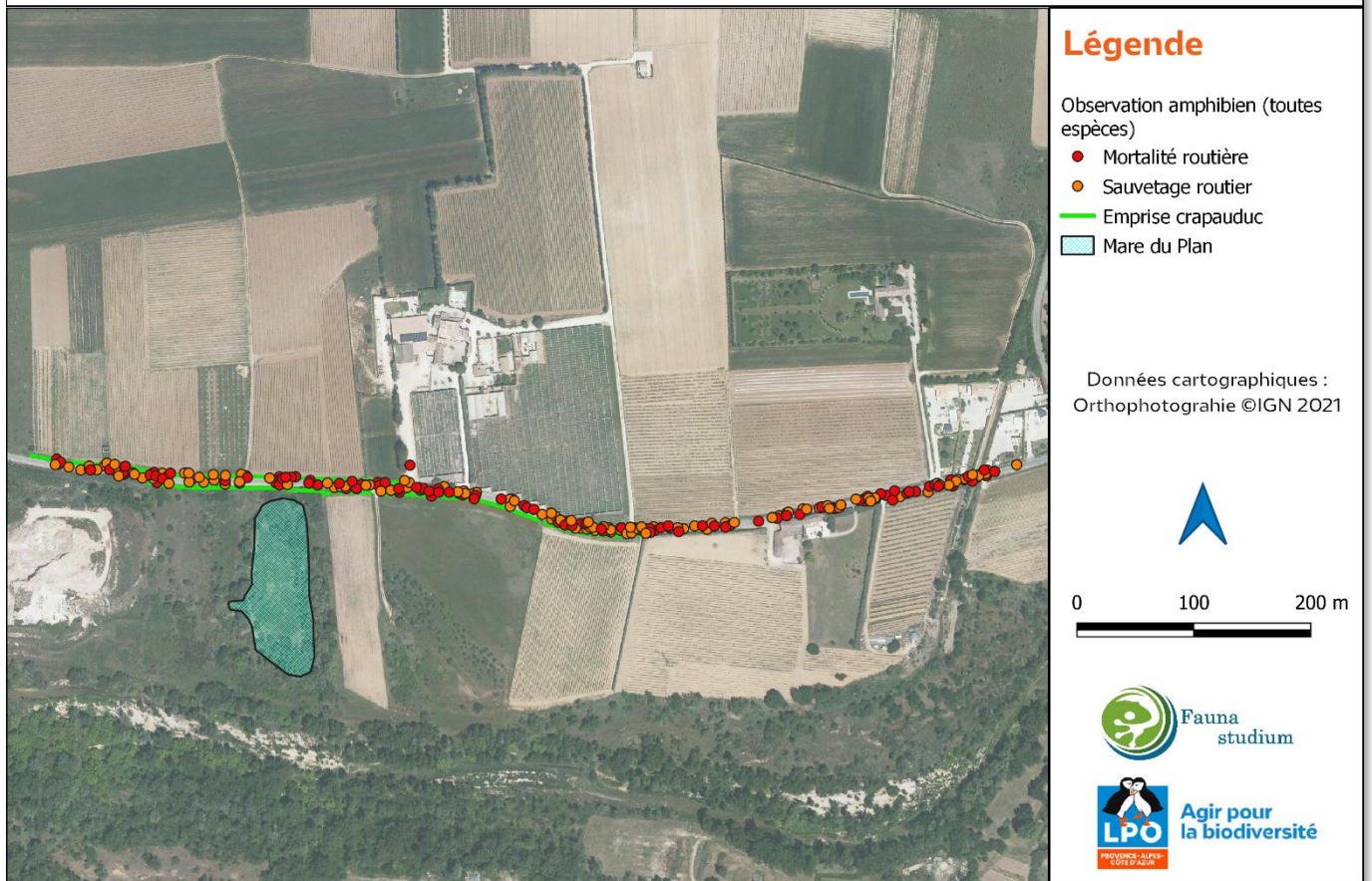


Figure 15 : Carte des données récoltées dans le cadre de l'étude collision routière 2024

Les cartographies ci-dessous détaillent les observations de *Pélobates cultripèdes* réalisées dans le cadre de l'étude collision routière.

## Etude migration amphibiens 2024 - Pélobate cultripède

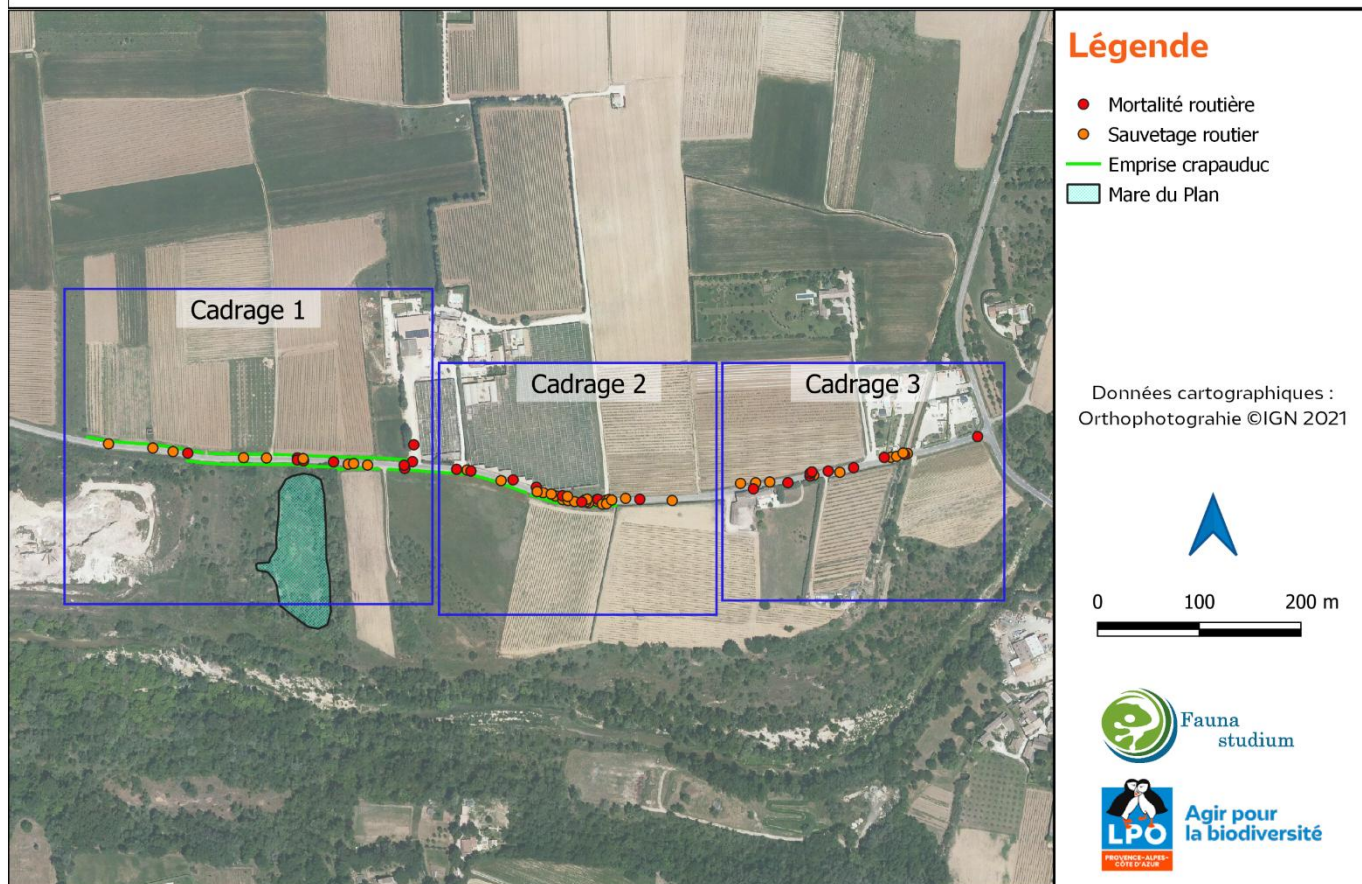


Figure 16 : Cartographie générale des observations de *Pélobate cultripède* durant l'étude collision routière

## Etude migration amphibiens 2024 - Pélobate cultripède - Cadrage 1



Figure 17 : Etude mortalité - Cadrage 1

Le cadrage 1 est celui qui présente le moins d'occurrences de Pélobate sur la route avec 18 observations. Ce résultat est à mettre en lien avec la présence des barrières des deux côtés de la route au niveau de la mare du Plan, limitant considérablement les risques d'écrasement. En revanche, bien que le crapauduc ait été conçu pour être parfaitement étanche aux anoues, plusieurs ouvertures ont dû être laissées pour permettre le passage des engins agricoles, notamment pour les vignes au nord de la route. Ces ouvertures représentaient des points de faiblesse évidents dans le dispositif.

## Etude migration amphibiens 2024 - Pélobate cultripède - Cadrage 2

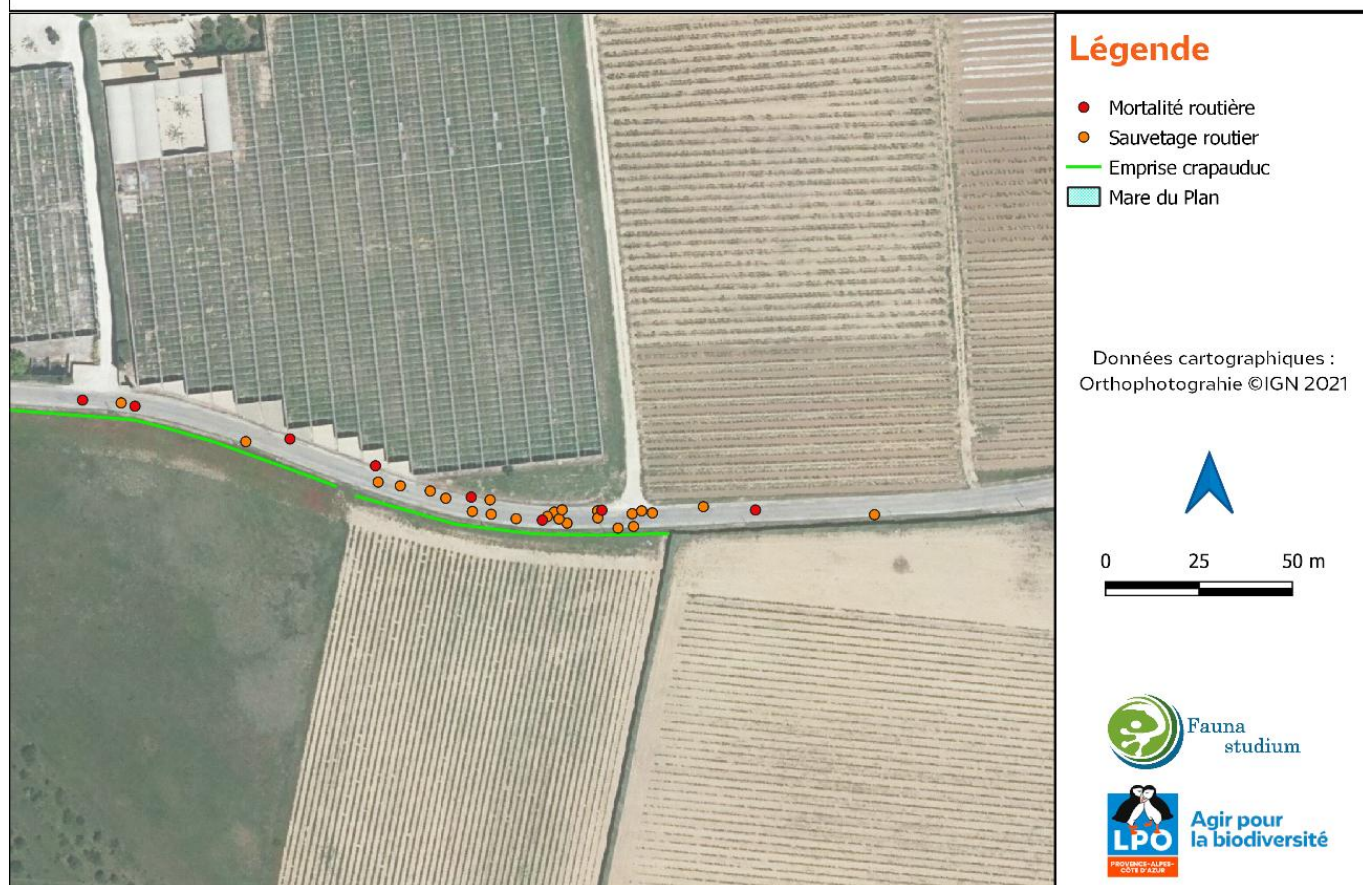


Figure 18 : Etude mortalité - Cadrage 2

Le cadrage 2 représente le secteur avec le plus d'occurrences de Pélobate sur la route avec 33 données. Les filets de protection n'ont pas pu être installés au nord car les abords de la route ne s'y prêtaient pas (serres, aménagements paysagers, etc.). Au vu du nombre d'observations, il est intéressant de constater que cette zone est un axe de déplacement nord/sud important pour le Pélobate malgré la présence d'habitats terrestres *a priori* peu favorables. Néanmoins, il est possible que les individus proviennent des champs localisés plus à l'est et dans ce cas le déplacement pourrait être orienté est/ouest. Ces observations correspondent notamment à une zone sensible détecter à l'extrémité est du dispositif lors de l'analyse du flux migratoire.

## Etude migration amphibiens 2024 - Pélobate cultripède - Cadrage 3

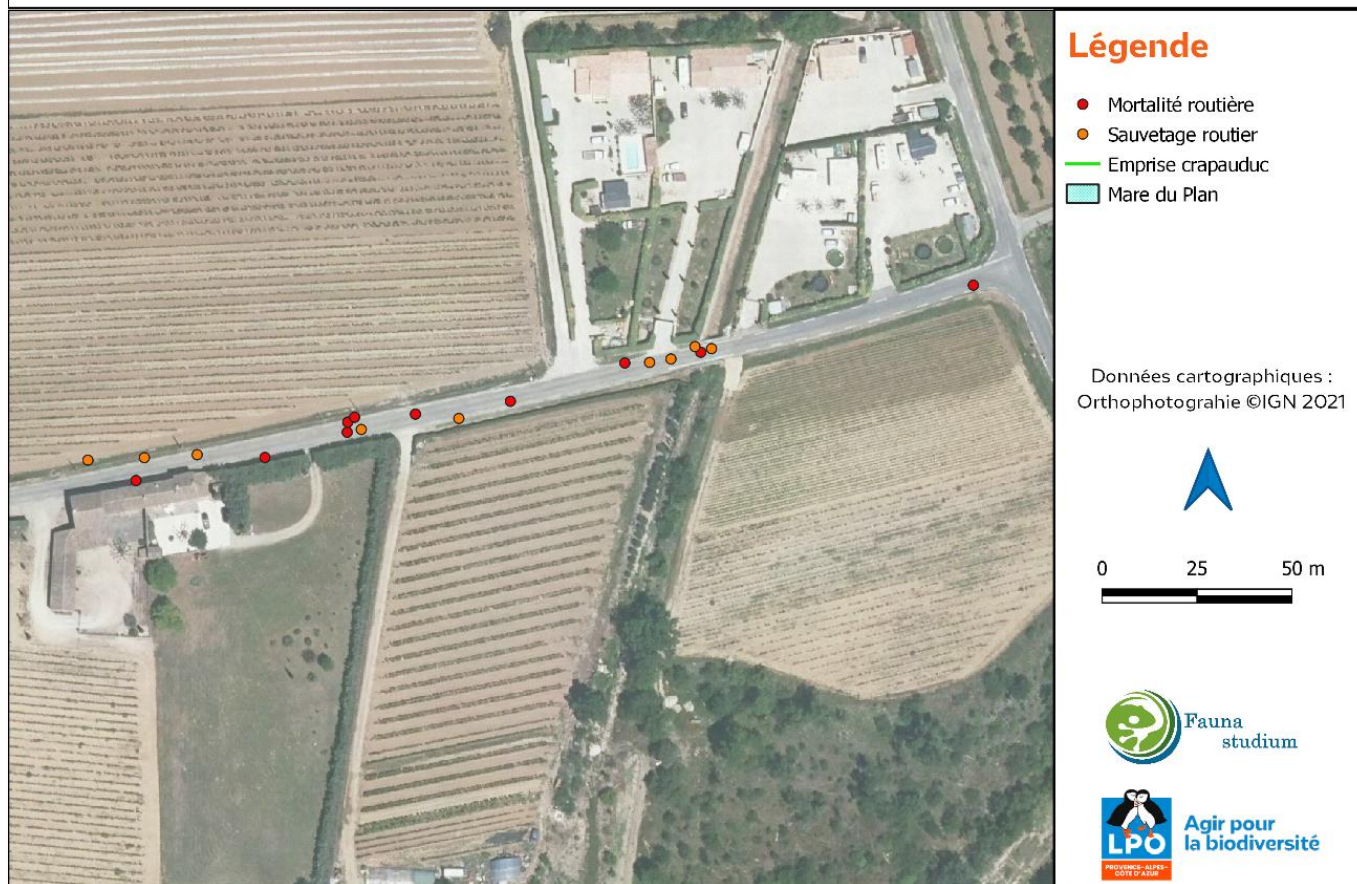


Figure 19 : Etude mortalité - Cadrage 3

Là encore il est intéressant de constater que 19 observations de Pélobate ont été réalisées sur la route entre le mas au bord de la route et le croisement de la RD178a. Ce résultat plaide en faveur d'un déplacement est/ouest d'une partie de la population établie très probablement en phase terrestre dans les champs adjacents. A ce jour, aucun site de reproduction favorable au Pélobate n'est connu dans ce secteur.

### III-2.3 Discussion

Malgré l'installation de barrières de protection le long de la RD 178, 141 amphibiens ont péri sous les roues des véhicules en 2024, représentant 47,6 % des individus observés sur la chaussée. La Grande grenouille verte (*Pelophylax* sp.) et le Pélobate cultripède (*Pelobates cultripedes*) dominent ces statistiques, avec respectivement 48,9 % et 19,2 % des cas recensés.

Les barrières installées ont certes évité une hécatombe plus importante – en leur absence, la mortalité aurait été « nettement plus élevée » –, mais leur conception présentait des lacunes liées au contexte local qui ont permis à une partie des amphibiens de franchir la chaussée. Les études internationales confirment que les barrières de protection temporaire ou les bordures de guidage associées à un tunnel sous route réduisent considérablement la mortalité, mais des « effets de bordure » persistent : de 20 % à 35% des amphibiens contournent les extrémités des dispositifs, se heurtant à des sections non protégées (Helldin & Petrovan, 2019 ; Rato & Sá-Sousa, 2024). Lorsque les zones critiques sont identifiées sur le linéaire, l'ajout de 100 m de barrière en amont/aval des zones critiques permet de réduire les contournements (Ganet, 2012, Gunson et al., 2016).

Par ailleurs, la détectabilité des carcasses influence les chiffres rapportés. Les modèles de persistance des cadavres indiquent que 50 à 90 % d'entre eux disparaissent en moins de 24 heures sous l'effet des vertébrés charognards et du trafic (écrasements répétés des cadavres qui affecte la détection) (Santos et al. 2016), suggérant une sous-estimation des pertes réelles lorsque les cadavres sont comptabilisés et plus particulièrement le lendemain d'une nuit pluvieuse (à partir de 06h du matin) comme cela est souvent préconisé. Bien que cette étude ait été réalisée la nuit et non le lendemain matin, elle a été réalisée sur un créneau horaire défini (entre 20:00 et 02:00) ce qui a pu conduire à une sous-estimation de la mortalité. En outre, toutes les nuits pluvieuses n'ont pas pu faire l'objet d'un suivi de la mortalité que ce soit au printemps ou à l'automne ce qui conduit également à une large sous-estimation des collisions routières létales.

La surmortalité de *Pelophylax* sp. (66 cas à l'automne) s'explique par sa biologie reproductive. Cette espèce peut produire des cohortes massives de juvéniles en septembre, dont la dispersion post-métamorphique coïncide avec les pluies automnales.

L'augmentation des écrasements à l'automne (97 contre 44 au printemps) reflète un phénomène documenté en Europe de l'Ouest, où les pluies de septembre déclenchent des mouvements de dispersion (Meek, 2012).

À l'inverse, le Pélobate cultripède, paie un lourd tribut printanier (21 écrasements) lors de sa migration nuptiale vers la mare de reproduction du Plan.

Les 155 amphibiens secourus – dont 43 *Pelobates cultripipes* – et les 141 cas de mortalité constatés soulignent que **les barrières de protection temporaires ne constituent pas un dispositif infranchissable pour les amphibiens**. Cela montre également la nécessité d'une intervention humaine sur la chaussée lors d'épisodes pluvieux même si le dispositif de capture est inactif (seaux fermés) notamment pour faire traverser les amphibiens de part et d'autre de la route.

## IV Etude sociologique

Afin d'évaluer l'acceptation des différentes solutions envisagées pour la protection des amphibiens à Oppède, un questionnaire a été réalisé sur Google Forms puis publié sur différents réseaux et outils de communication (Facebook, LinkedIn, mailing list, etc.). Ce questionnaire a été publié en ligne du 21/01/2025 au 03/03/2025. 104 réponses ont été validées. Les contributeurs de ce questionnaire proviennent de 32 communes et 81 % d'entre elles sont localisées dans le département de Vaucluse. La contribution la plus élevée provient de la commune d'Oppède avec un taux de réponse de 29,8%, suivi par la commune de Robion avec un taux de réponse de 12,5%. 30,8% des contributeurs disent ne pas connaître d'espèces d'amphibiens autour de chez eux. 38% des contributeurs indiquent utiliser la route D178 plusieurs fois par mois, 35% quelques fois par an, 18% tous les jours et 9% jamais. 79% des contributeurs qui utilisent la RD178 tous les jours résident à Oppède.



Figure 20 : Questionnaire relayé sur le site PNR Luberon

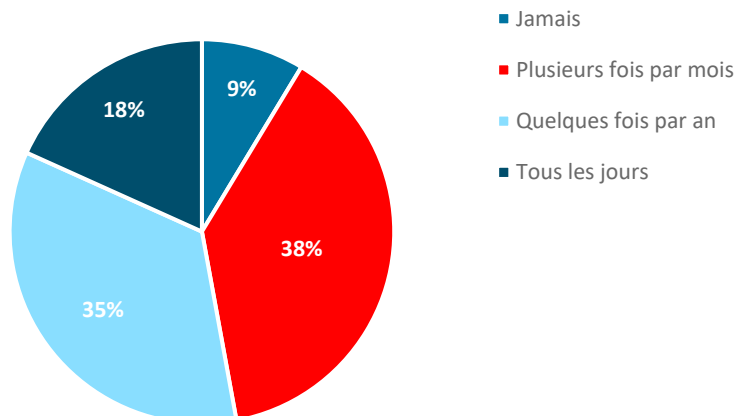


Figure 21 : Diagramme de la fréquence d'utilisation de la route départementale 178 selon les réponses du questionnaire en ligne

Les réponses suivantes ont été apportés par les automobilistes :

- 97% des contributeurs sont favorables à la mise en place d'un ouvrage de franchissement permanent (« crapauduc ») sous la RD178. 28,8% d'entre eux résident à Oppède, 12,9% à Robion et 7,9% à Apt.
- 84,6% des contributeurs sont prêt à rallonger leur trajet de 5 min pour éviter la RD178 mais paradoxalement 10,2% d'entre eux ne sont pas favorables à la fermeture temporaire de la route.
- 76,9 % des contributeurs sont favorables à la fermeture temporaire (printemps et automne) de la RD178. 21,2 % d'entre eux résident à Oppède, 16,2% à Robion et 10% à Apt.

- Dans le cas de la mise en place d'un dispositif de franchissement temporaire à l'aide de barrières de protection des amphibiens, 35,3% des contributeurs sont prêts à s'impliquer bénévolement pour aider à sa mise en œuvre.

Tableau 4 : Communes de résidence des contributeurs du questionnaire et nombre de réponses par commune

<b>Communes</b>	<b>Réponses</b>
Apt	8
Avignon	2
Bonnieux	2
Cabrières d'Avignon	4
Cabrières-d'Aigues	1
Cavaillon	2
Cheval Blanc	1
Fublaines	1
Gordes	2
Goult	1
Lacoste	3
Lagnes	1
Le Thor	1
L'Isle-sur-la-Sorgue	5
Marseille	1
Maubec	4
Ménerbes	6
Mérindol	1
Mouriès	1
Oppède	31
Pertuis	1
Plan d'orgon	1
Robion	13
Roussillon	1
Saint Pantaléon	1
Saint Saturnin lès Apt	1
Sartrouville	1
Sisteron	1
Taillades	2
Toulouse	1
Velleron	1
Viens	2

## V Préconisations d'actions

### V-1 Crapauduc permanent

#### V-1.1 Contexte et difficultés du secteur du Plan

Le contexte de la RD178 aux abords de la zone humide du Plan présente certaines contraintes qu'il faudra prendre en compte lors de la conception d'un éventuel projet de crapauduc permanent :

- Zones agricoles : les cultures, notamment la vigne, viennent contre la route contraignant l'aménagement de passages inférieurs.
- Les propriétés privées : le foncier n'est maîtrisé que sur une partie du linéaire concerné par la migration des amphibiens. Ainsi, la maîtrise foncière de plusieurs mètres le long de la route, notamment au nord, serait indispensable pour l'aménagement, le suivi et l'entretien du dispositif.
- La topographie : la route étant au niveau du terrain naturel, l'implantation d'un crapauduc nécessiterait un remodelage des abords, au niveau des futurs passages inférieurs, pour que ceux-ci soient accessibles en pente douce pour les amphibiens. Cela implique une large emprise au sol lors de la phase travaux.



Figure 22 : Topographie des abords de la RD178 au niveau de la mare du Plan



Figure 23 : Exemple d'emprise de part et d'autre de la route pour permettre l'accès en pentes douces vers les passages inférieurs

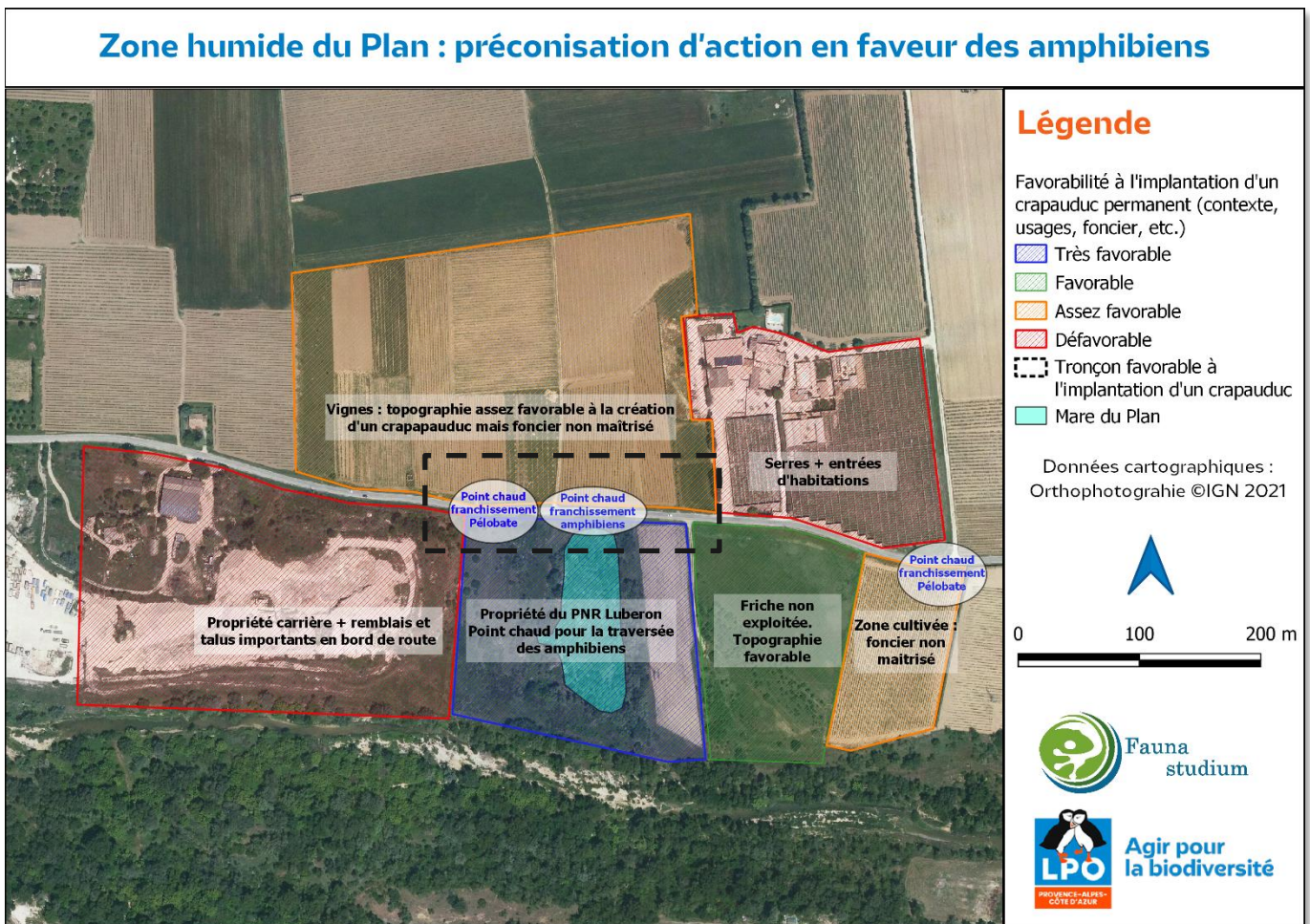


Figure 24 : Cartographie du contexte général de la zone humide du Plan pour l'implantation d'un crapauduc permanent

La figure 24 présente les différents éléments de contexte à prendre en compte pour définir le lieu d'implantation d'un éventuel crapauduc permanent. Au regard du contexte, il apparaît impossible de réaliser un aménagement sur l'ensemble du linéaire de route concerné par la migration des amphibiens.

Le croisement des différentes données disponibles pour le choix du lieu d'implantation d'un éventuel crapauduc permanent a permis de faire ressortir une portion de route favorable à l'accueil d'un aménagement (Fig. 25). Il s'agit d'un tronçon d'environ 200 mètres qui présente plusieurs avantages :

- Le foncier, côté sud est, sous maîtrise foncière par le PNR Luberon ;
- Au nord de la route se trouve des cultures de vigne. Bien que le foncier ne soit pas maîtrisé, l'absence d'entrée d'habitation, de construction ou d'aménagement paysager facilite l'implantation d'ouvrages en faveur des amphibiens ;
- Ce tronçon de route est concerné par deux points chauds pour la traversée des amphibiens mis en évidence par la présente étude ;
- Ce tronçon de route est situé au niveau de la mare du Plan, assurant la pérennité de la présence d'amphibiens dans ce secteur.

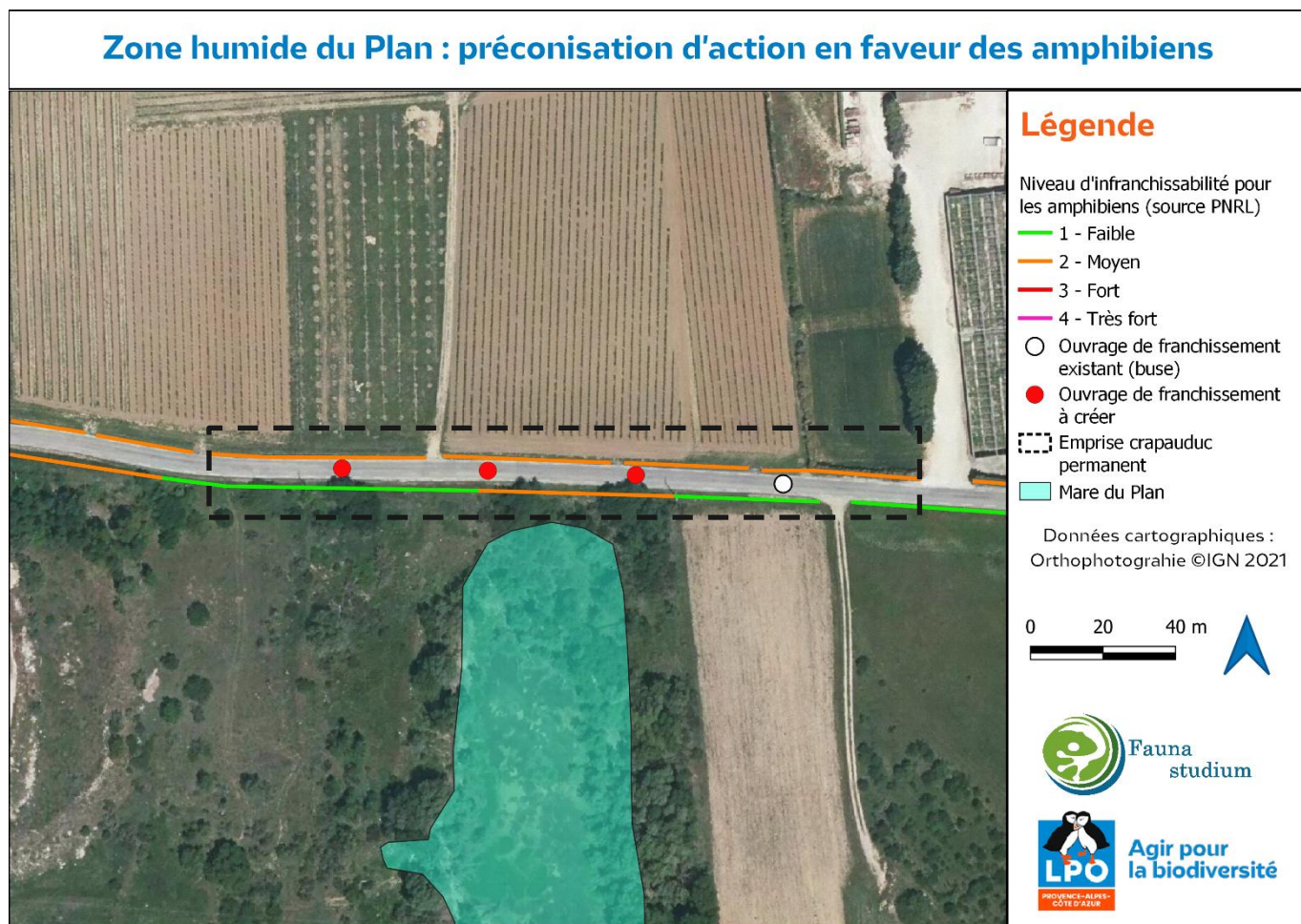


Figure 25 : Représentation cartographique d'une situation optimale pour la réalisation d'ouvrages de franchissement sur le site du Plan (Oppède)

## V-1.2 Configuration de l'ouvrage à créer

### Encart : rappel des typologies d'ouvrages de franchissement

Extrait de : Cerema (2019). *Amphibiens et dispositifs de franchissement des infrastructures de transport terrestre*. Collection : *Connaissances*. ISBN : 978-2-37180-328-2

*Sur les routes départementales et routes communales, les dispositifs de traversées sous chaussées sont de types :*

- double conduits à sens unique, chaque traversée (type IIa dans la typologie nationale, Sétra 2005) est constituée de deux conduits étroits (0,40 x 0,40 m), l'un pour la migration aller, l'autre pour la migration retour. La collecte est réalisée dans un caniveau en U. Des fosses de captures sont placées aux entrées. Des rampes ou des entonnements sont placées à la sortie ;*
- simple conduit à double sens de circulation, le dispositif de traversée est constitué d'un seul conduit (ou dalot) unique, en général de 1 m de large et 0,60 à 0,70 m de haut. Dans ce type de conduit (type IIb dans la typologie nationale, Sétra 2005), les amphibiens réalisent plusieurs types de déplacements tout au long de l'année (aller et retour des adultes reproducteurs, déplacement aléatoire d'individus et des juvéniles « disperseurs »). Leur conception les rend utilisable pour la petite faune, en particulier les reptiles et micromammifères.*

*Aujourd'hui, la tendance est moindre d'effectuer des traversées de type IIa spécialement dédiées aux amphibiens. Ces installations ont tendance à être remplacées par des simple conduits (IIb) à double sens espacés également de 30 à 40 m. Ces dispositifs plus simples à mettre en œuvre, a priori plus économiques, se généralisent. La controverse demeure entière toutefois sur la différence d'efficacité de l'un ou l'autre de ces dispositifs, notamment en relation à la collecte ou piégeage forcé du type IIa et le libre choix a priori du type IIb, etc. En effet, dans le premier cas, les amphibiens, une fois collectés, ne peuvent s'en échapper et sont donc contraints de traverser. Au contraire les passages de type IIb sont un peu moins contraignants par principe pour les amphibiens et autres petits animaux (reptiles, micro mammifères) qui ont la possibilité de ne pas s'engager dans le conduit.*

### V-1.2.1 Ouvrages de franchissement inférieurs

Il est admis un espacement allant de **30 mètres à 60 mètres** entre les ouvrages de franchissement (tunnels) suivant les espèces ciblées. Ainsi, pour des amphibiens à faible capacité de déplacement et aux migrations courtes (exemple : Triton palmé), on choisira un espacement de 30 à 40 mètres tandis que pour les espèces à forte capacité de déplacement et aux longues migrations (exemple : Crapaud épineux) un espacement de 50 à 60 mètres sera acceptable.

Dans le cas du Pélobate cultripède, qui présente une capacité de déplacement et une distance de migration modérées, il sera nécessaire de ne pas dépasser **40 mètres d'espacement**. La figure 25 présente un aménagement optimal, avec 4 ouvrages de franchissement espacés de 40 mètres chacun.

Comme expliqué dans l'encart ci-dessus, deux grands types d'ouvrages de franchissement existent : les ouvrages simples, utilisables dans les deux sens par les amphibiens et les ouvrages doubles, séparant le trajet aller et le trajet retour. Le choix final du type d'ouvrage et de ses dimensions doit être fait en prenant en compte l'ensemble des contraintes techniques et budgétaires propre à chaque projet.

## V-1.2.2 Conception et matériaux pour un ouvrage de franchissement optimal pour les amphibiens - analyse de la littérature scientifique

Plusieurs facteurs conditionnent la fréquentation d'un tunnel par un amphibien :

- 1- Caractéristiques du tunnel : type de matériaux, longueur, diamètre, substrat, lumière, humidité et température.
- 2- Motivation individuelle : liée à des facteurs abiotiques (saisonnalité), biotiques (espèce, personnalité, expérience) et sociaux.

Une étude récente démontre que les amphibiens préfèrent des tunnels circulaires en PVC d'un diamètre de 700 mm, avec un substrat en sol naturel, un niveau de bruit contrôlé à 60 dB et un ombrage partiel à 35% (Seol et al., 2023). En effet, la forme circulaire des passages sous route s'avère supérieure aux autres configurations géométriques, favorisant une mobilité accrue des amphibiens par rapport aux formes rectangulaires ou carrées. Le substrat du tunnel revêt également une importance particulière pour l'acceptation et l'utilisation efficace par les amphibiens. Une étude montre une préférence marquée pour un substrat en sol naturel par rapport aux surfaces artificielles (Seol et al., 2023). Ce choix s'explique par plusieurs facteurs : le sol naturel maintient une humidité appropriée essentielle aux amphibiens à peau perméable, offre une texture familière facilitant la locomotion, et peut conserver des signaux chimiques importants pour l'orientation.

Les tunnels en polymère de type ACO (<https://acoswm.com/wildlife/tunnel/#1587111599388-911b7c93-145b>) présentent une résistance au gel/dégel de 98 % et maintiennent une humidité interne constante ( $\pm 5$  % d'humidité relative) grâce à des fentes de ventilation situées sur la partie supérieure. Ce matériau semble donner de bons résultats (White et al., 2023).

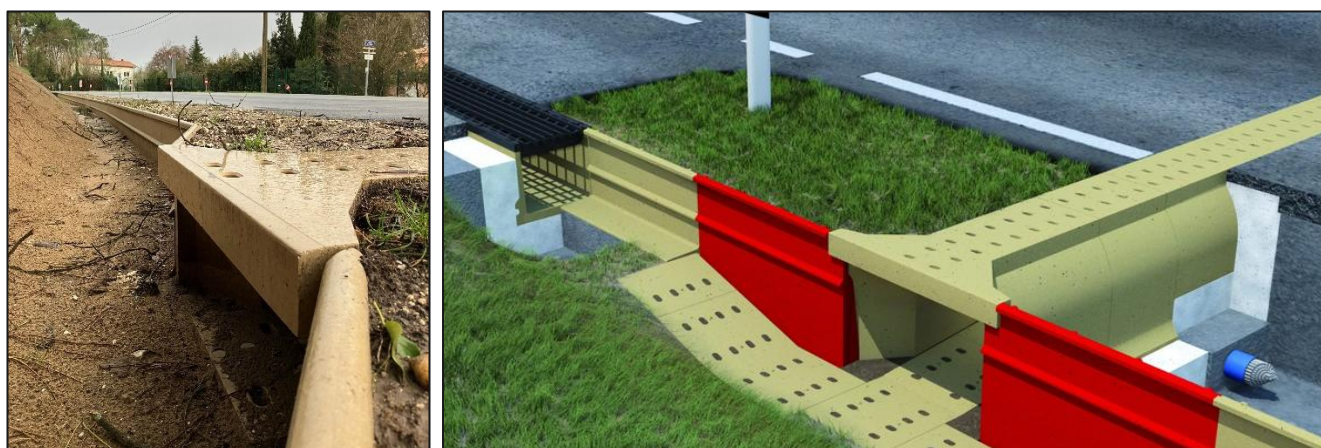


Figure 26 : Dispositif de franchissement optimal de type ACO (entrée KP1000-700 raccordée à des sections KT500 avec ouverture) équipé de parois de guidage LEP100 (schéma de droite)

En revanche, les buses métalliques ondulées présentent un risque de dessiccation 40 % plus élevé en période de sécheresse et dissuadent le passage chez 67 % des populations de *Rana temporaria* (Woltz et al., 2008).

La longueur des tunnels constitue également un facteur critique, bien que les amphibiens puissent traverser des passages relativement longs. Une étude montre que des tunnels de sept mètres de long peuvent être franchis avec succès par la majorité des individus (12 des 13 *Bufo spinosus* suivis) parvenant à traverser intégralement le passage

(Testud et al., 2019). Cependant, la variabilité importante dans les temps de traversée (durée moyenne de 41 minutes et 15 secondes avec un écart-type de 25 minutes pour les crapauds) souligne l'importance de minimiser la longueur lorsque cela est techniquement possible (Testud et al., 2019).

Aussi, il a été montré que l'enrichissement acoustique (diffusion de chants d'amphibiens) augmente la probabilité de se déplacer dans un tunnel, en particulier pour les tritons et les grenouilles, rendant les passages plus attractifs (Testud et al., 2022).

### V-1.2.3 Atténuation de la pollution

L'analyse des sédiments provenant de passages à amphibiens au Royaume-Uni a révélé des concentrations de métaux lourds (Pb, Zn) 12 à 18 fois supérieures à celles des sites de référence (White et al., 2023). En effet, les ouvertures affleurantes des tunnels ACO constituent une voie de transfert des polluants de la surface routière vers le tunnel, notamment pendant les pluies qui mobilisent poussières routières, particules d'usure des freins/pneus (métaux), hydrocarbures, et sels de déverglaçage éventuellement. Une solution pour limiter la présence de polluants consiste à équiper le tunnel de sections ajourées uniquement sur les accotements.



Figure 27 : Exemple de pose d'une section ACO ajourées uniquement sur un accotement. Une configuration qui réduit l'infiltration des polluants dans le fond du tunnel

Les eaux de ruissellement sont susceptibles également de concentrer des matières en quantité importante le long des barrières de guidage et à l'entrée des tunnels. Leur enlèvement peut s'avérer nécessaire plusieurs fois par an pour ne pas entraver la circulation des amphibiens durant les phases de migration.

### V-1.2.4 Ouvrages collecteurs

Les tunnels doivent systématiquement être accompagnés de bordures de guidage qui jouent un rôle déterminant dans la capacité des amphibiens à localiser et utiliser les passages souterrains. Sur le site du Plan, un linéaire de 400 mètres de barrières devra être installée (200 mètres de part et d'autre de la route).

Les bordures de guidage fonctionnent selon le principe de canalisation des amphibiens vers les entrées des tunnels. Ces structures doivent empêcher l'accès direct à la chaussée tout en dirigeant efficacement les animaux vers les points de passage sécurisés.

La conception en entonnoir est particulièrement recommandée pour maximiser l'efficacité de guidage vers les entrées de tunnels (Jackson, 2003). Les recherches expérimentales démontrent que la hauteur des bordures constitue un facteur déterminant de leur efficacité. Pour les espèces terrestres comme les crapauds communs et verts, une hauteur minimale de 40 cm avec un surplomb horizontal de 10 cm est recommandée (Conan et al., 2023). L'ajout d'un surplomb horizontal améliore significativement l'efficacité des bordures en réduisant la hauteur minimale requise pour empêcher le franchissement. Par exemple pour le Crapaud vert, l'ajout d'un surplomb de 10 cm réduit la hauteur effective nécessaire de 24 cm à 17 cm (Conan et al., 2023).

Basées sur les études scientifiques disponibles, les recommandations suivantes émergent pour l'optimisation des bordures de guidage :

- **Hauteur minimale** : 40 cm avec surplomb de 10 cm maximum pour les espèces terrestres (ou double surplomb de 5 cm), 50 cm avec surplomb pour les espèces grimpeuses
- **Matériaux** : Béton ou métal galvanisé de préférence aux matériaux plastiques
- **Extension** : 30 à 50 mètres de part et d'autre des entrées de tunnels
- **Angle d'orientation** : 45 à 80 degrés par rapport à la route pour créer un effet d'entonnoir
- **Espacement des tunnels** : Maximum 60 mètres entre les structures de passage



Figure 28 : Barrière de guidage optimale de type ACO LEP100 équipée d'un double surplomb pour empêcher le franchissement des espèces grimpeuses (rainettes, grenouilles, etc.)

La durabilité des bordures de guidage constitue également un facteur critique pour leur efficacité à long terme. Les structures en béton ou métal galvanisé sont préférées aux clôtures plastiques ou grillagées pour leur résistance aux conditions météorologiques et leur faible besoin de maintenance (Conan et al., 2023). La croissance végétale près des bordures peut compromettre leur efficacité en permettant l'escalade, nécessitant une maintenance régulière.

**Dans le cas du site du Plan**, la principale difficulté est la présence de nombreux chemins d'accès aux vignes qui ne doivent pas être bloqués. Quatre chemins d'accès sont présents sur les 200 mètres de crapauduc proposés. L'existence de ces chemins complexifie l'installation de bordures de guidage telles que présentées sur la figure 28. Néanmoins, des solutions existent pour assurer une continuité entre les barrières de guidage et les chemins de

desserte. La continuité du dispositif de guidage peut être assurée par un caniveau série S500, monté en D400 ACO (Fig. 29).

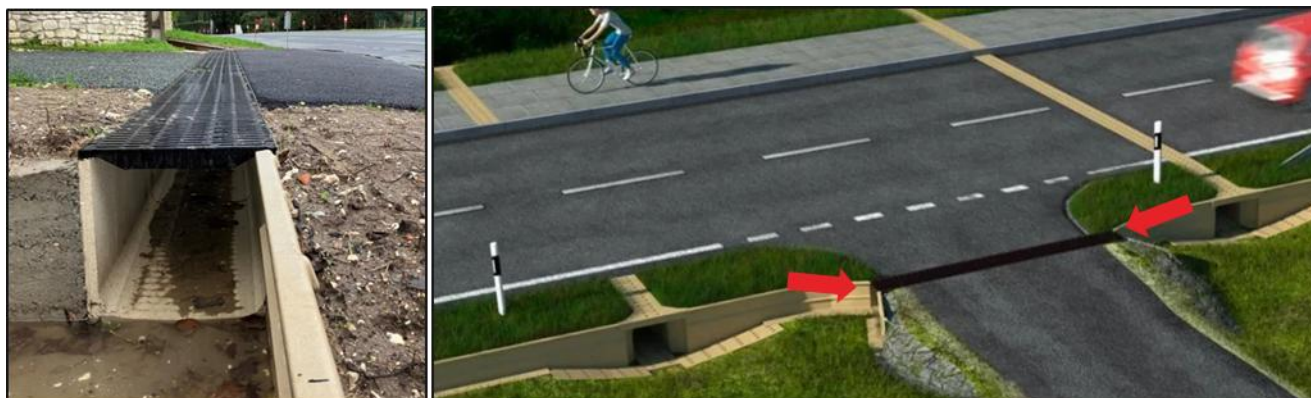


Figure 29 : Exemple d'un caniveau (D400 ACO) traversant une voie d'accès et connecté de part et d'autre à des barrières de guidage LEP100 ACO pour les amphibiens

## V-2 Coût des matériaux

Un devis par le fournisseur ACO a été réalisé en septembre 2025. Ce devis permet d'avoir une idée précise de coût des matériaux **mais ne prend pas en compte le coût de la réalisation des travaux.**

N° Code	Désignation Description	Unité Unit	Qté Qty	Prix unit. Unit price	Remise Except. Compl. Discount	Prix U Remisé U P Incl. Disc	Montant HT Net Amount
11120	CAN. TUNNEL ACO PRO KT500-520 L=1M AVEC FENTES D'ABSORPTION	PC	24	400,18	0,00	400,18	9 604,32
11124	ENTREE ACO CRAPAUDUC KP1000-700 L1000MM - C250	PC	2	667,47	0,00	667,47	1 334,94
11133	CANIVEAU D'ARRET SR400 CAILLEBOTIS FONTE ACO PRO	PC	18	926,35	0,00	926,35	16 674,30
11125	MURET D'ENTREE DROIT POUR KP1000-700	PC	2	116,53	0,00	116,53	233,06
11126	MURET D'ENTREE GAUCHE POUR KP1000-700	PC	2	116,91	0,00	116,91	233,82
11127	PLAQUE DE SOL 480X480 ACO PRO AVEC OUVERTURE	PC	1	32,96	0,00	32,96	32,96
17845	PAROI DE GUIDAGE ACOPRO LEP100	PC	500	91,05	0,00	91,05	45 525,00
03786	EMBALLAGE PALETTE EUROPE 800 X 1200	PC	77	0,00	0,00		0,00
303491	EMBALLAGE PAL 100*100 cm NIMP15	PC	2	0,00	0,00		0,00
** Supplément de 15€ si livraison sur RDV hors dépôt des distributeurs **							
-----							
Séparateur Hydro : Livraison Franco sur agence / Forfait 250 € sur chantier							
-----							
Validité des devis : 1 mois à réception							
<b>Poids total (Kg)</b>	Taux de TVA VAT rate	Montant HT Amount net	TVA VAT	Total TTC Total incl. VAT	<b>Total HT</b>		
<b>Total weight</b>	20 %	73 638,40	14 727,68	88 366,08	<b>Total amount</b>		
<b>36 953,00</b>	Total	73 638,40	14 727,68	88 366,08	<b>EUR 73 638,40</b>		

Figure 30 : Devis matériel ACO septembre 2025

## V-3 Evaluation de l'efficacité des dispositifs de franchissement permanent

### V-3.1 Utilisation de la technologie RFID (Radio Frequency Identification)

L'évaluation de l'efficacité des crapauds nécessite des protocoles de suivi rigoureux qui permettent de quantifier leur impact sur les populations d'amphibiens. Les nouvelles technologies, telles que les systèmes de détection RFID (identification par radiofréquence), offrent des possibilités de suivi détaillé du comportement individuel des amphibiens utilisant les tunnels. Ces systèmes permettent d'enregistrer au niveau individuel les trajectoires précises, les vitesses de traversée, et les éventuels demi-tours, fournissant des données comportementales cruciales pour l'optimisation des conceptions futures.

Les suivis doivent idéalement comparer les situations avant et après la mise en place des structures, ainsi que les sections équipées par rapport aux sections non-équipées. Cette approche comparative permet de quantifier précisément l'efficacité des interventions et d'identifier les facteurs de succès ou d'échec. Le monitoring à long terme est également essentiel, car l'acceptation et l'utilisation des tunnels par les amphibiens peuvent évoluer avec le temps à mesure que les populations s'adaptent à ces nouvelles infrastructures.

Cette méthode nécessite d'importantes campagnes d'équipement de puces RFID des amphibiens afin qu'un maximum d'animaux soit détectable en cas de traversé des tunnels. Bien que les investissements humains et financiers soient importants, il s'agit actuellement de la méthode la plus fiable et la plus précise pour le suivi d'efficacité de crapaud permanent.

### V-3.2 Suivi photographique par Time laps.

Un piège-photo Reconyx Hyperfire Professional HP2X est disposé dans chacun des ouvrages de franchissement. Ce modèle de piège photo présente l'avantage de pouvoir être alimenté par une source d'énergie externe. Ces pièges photos sont donc alimentés par une batterie externe à grosse capacité de 12 V et 38 ha/h, ce qui permet une longue autonomie du dispositif.

Les pièges photos sont installés à deux mètres de l'entrée des ouvrages de franchissement. Ils sont fixés à mi-hauteur de la paroi avec une inclinaison d'environ 45° vers le bas de manière à avoir une mise au point au sol à environ 1 mètre.

Les pièges photos prennent une photo toutes les 15 secondes entre 17 h 00 (05 h 00 PM) et 07 h 00 (07 h 00 AM), ce qui représente 3340 photos produites durant une nuit de suivi.

Le temps de traitement de la masse de photos produite a été mesuré. Ainsi, pour trier 10 000 photos, correspondant à 10 h de suivi (time lapse 15 s ; de 17 h 00 à 7 h 00) et saisir les données dans une base Excel, il faut compter environ 30 minutes. Par extrapolation, on obtient  $30 \times 10 = 300$  minutes soit 5 heures par mois pour un piège photo et 10 heures par mois pour le suivi des deux ouvrages.

A noter que sur un site à fortes densités d'amphibiens tel que la zone humide du Plan, la saisie dans la base de données Excel peut augmenter considérablement le temps de traitement des photos.

La détection de la petite faune sur photo est bonne. Les passages de mulots, mais également de cloportes ou d'araignées sont détectés, ce qui laisse présager une détection fine et fiable pour les amphibiens, même les plus petites espèces ou les juvéniles.

Ce suivi est mis en œuvre durant 5 mois, de début mars à fin mai et de début septembre à fin octobre.

Afin d'augmenter la précision des données collectées, deux pièges-photos peuvent être installés dans chaque ouvrage de franchissement. Cela permet d'évaluer de potentiels demi-tours d'amphibiens en comparant les photos prises aux deux extrémités de l'ouvrage sur un même créneau horaire.

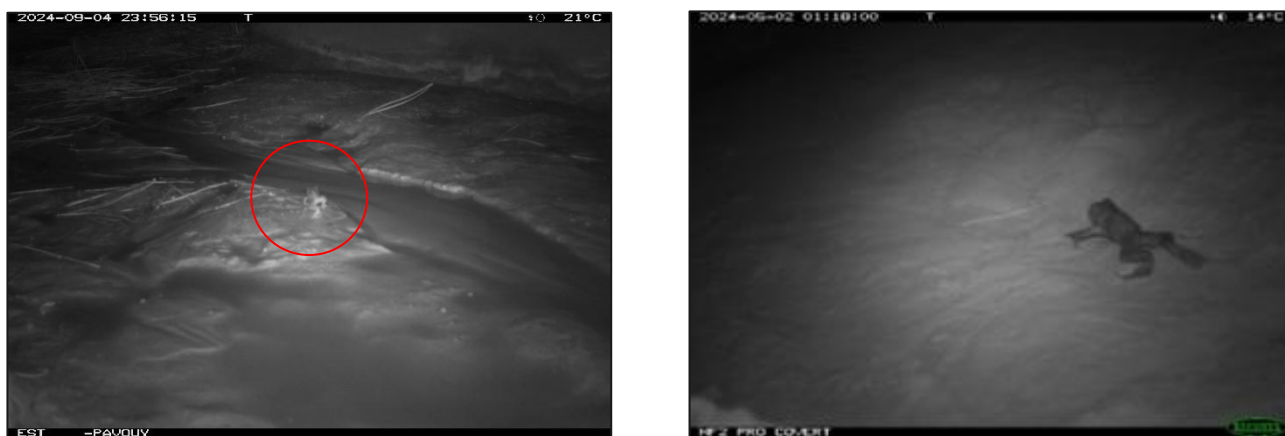


Figure 31 : *Pélobates cultripèdes* photographiés avec la méthode du Time Laps. A gauche un juvénile de l'année photographié en septembre et à droite un adulte photographié en mai.

Cette méthode, fondée sur le suivi photographique, vise exclusivement à collecter des données relatives à la fréquentation des structures de franchissement par les amphibiens et d'autres vertébrés. Contrairement aux approches basées sur la technologie RFID, **elle ne constitue pas une méthode robuste pour une évaluation quantitative précise de l'efficacité des ouvrages, en raison de son incapacité à fournir des analyses à l'échelle individuelle et à caractériser le comportement spatial des animaux.** De plus, le traitement des données issues du suivi photographique est particulièrement chronophage, impliquant la visualisation manuelle de plusieurs dizaines de milliers d'images, ce qui augmente le risque d'occurrence de faux négatifs. Elle présente toutefois l'avantage de fournir des informations exhaustives sur la fréquentation des ouvrages par les amphibiens.

### V-3.3 Trappe de capture en sortie de tunnel

La méthode qui semble la plus couramment utilisée en France pour l'évaluation de l'efficacité de crapauds permanents est l'installation d'une trappe à la sortie des ouvrages, afin de piéger et comptabiliser les amphibiens ayant emprunté les ouvrages de franchissement. Ainsi, selon la période de l'année et le sens de déplacement (pré-nuptial, post-nuptial, erratisme des juvéniles), la trappe de l'une ou l'autre des entrées sera ouverte. Cette méthode présente plusieurs inconvénients :

- Investissement humain important sur le terrain afin de relever les trappes lors des soirées favorables à la migration des amphibiens. Comme pour le crapauduc temporaire du Plan en 2024, il sera préféré plusieurs relèves en soirée (toutes les 2 heures) plutôt d'une unique relève le matin, pour éviter les risques de prédation et un stress trop important ;
- Aménagements complémentaires nécessaires pour bloquer la sortie des amphibiens et les diriger vers la trappe. Ces aménagements doivent être réalisés de manière optimale afin que les amphibiens ne fassent pas demi-tour ou ne s'épuisent contre la barrière en sortie d'ouvrage ;

Cette méthode peut toutefois être intéressante à mettre en œuvre conjointement au suivi RFID, avec ouverture des trappes lors des soirées les plus favorables en terme de conditions météorologiques, afin de capturer et équiper de puces RFID un maximum d'individus.



Figure 32 : Exemple de suivi par piégeage en sortie d'ouvrage mis en œuvre dans l'Aube par le Parc naturel régional de la Forêt d'Orient. Une trappe en béton incluse dès la conception et correspondant à la largeur de l'ouvrage sera préférée afin d'éviter les demi-tour d'amphibiens ©PNR Forêt d'Orient

### V-3.4 Intégration d'aménagements dès la conception de l'ouvrage pour le suivi d'efficacité

Il sera important d'intégrer, dès la conception du crapauduc, des aménagements permettant la réalisation du suivi d'efficacité. Ainsi, plusieurs aménagements seront à intégrer :

- Regards en béton étanche et sécurisé : un regard de ce type devra être installé à proximité de chacune des entrées des ouvrages de franchissement afin de stocker le matériel de suivi RFID ou des batteries d'alimentation des pièges photo. La sécurisation du regard avec l'installation d'un cadenas devra être prévu.
- Tiges filetées à chaque entrée : une tige filetée à chaque entrée devra être intégrée au dispositif afin de pouvoir installer un piège-photo sans avoir à percer à postériori l'ouvrage.
- Trappes-pièges à chaque entrée : Ce type de trappe sera conçu pour piéger les amphibiens en sortie de traversée. La barrière amovible conduisant les amphibiens vers la trappe devra aussi être réfléchi dès la conception de l'ouvrage.

## V-4 Retours d'expérience de crapauducs permanents

### V-4.1 Le crapauduc de la tourbière de Lossy

Le crapauduc de la tourbière de Lossy a été inauguré en 2022. Sur environ 200m, quatre tunnels en béton polymère de 7m de long ont été installés le long de la route. Les passages inférieurs installés sont des mini-tunnel tels que ceux envisagés sur le site du Plan.

Tableau 5 : Plan de financement du crapauduc de la tourbière de Lossy

	Prévision fiches-action	Montant réel final	Aide financière
<b>Etude de maîtrise d'œuvre</b>	15 000€ HT	41 195€ HT	60% CD74 13% AAP Eau et Biodiversité Reste à charge SM3A 27% soit 11 123 €
<b>Travaux</b>	150 000€ HT	225 083 € HT	60% CD74 20% AAP Eau et Biodiversité Reste à charge 31 700€ (SM3A 70%, Agglo 6%, Commune 24%)

## V-4.2 Le crapauduc permanent du Lac des Neiges (Isola, Alpes-Maritimes)

### V-4.2.1 Contexte

Les données de circulation routière entre 2017 et 2019 sur la M2205 indiquent une circulation quotidienne moyenne de 1 278 véhicules, avec un maximum observé en hiver 2017-2018 et en février 2019 avec plusieurs journées à plus de 2 000 véhicules, voire 2 500 véhicules/jour.

Le travail réalisé à l'échelle de la Métropole sur les continuités écologiques met en évidence plusieurs données d'écrasement sur ce site (fouines, renards, reptiles et oiseaux). La M2205 longe à la fois un corridor de la trame verte et de la trame bleue.

### V-4.2.2 L'étude de migration des amphibiens

En 2019, sur la période du 9 avril au 26 juin 2019, un dispositif de crapauduc temporaire a été installé. Les résultats issus de ce dispositif temporaire ont été les suivants :

- Pendant la migration pré-nuptiale 100 individus de Crapaud épineux ont été récupérés dans les 11 seaux (12 mâles, 84 femelles et 4 individus non sexes) ;
- Pendant la migration post-nuptiale 42 individus de Crapauds épineux récupérés dans les 29 seaux (15 mâles, 24 femelles et 3 individus non sexes).

### V-4.2.3 Aménagement du crapauduc permanent d'Isola

Plusieurs paramètres ont été pris en compte dans le cadre d'une étude de conception, en concertation avec les acteurs locaux. Ainsi, le principe d'aménagement suivant a été envisagé :

- Installation de deux ouvrages de franchissement de 9 mètres de longueur, constitués par des éléments de caniveaux (KT Borgne) de 52 cm de hauteur sur 50 cm de largeur, pente de 1 à 2 % dans le sens transversal pour favoriser les écoulements d'eau de ruissellement ;
- L'accès à chaque ouvrage s'effectue par une rampe d'accès d'une pente de 10% et parallèle à la route, jusqu'à atteindre la profondeur plancher de 58 cm sous le niveau de la route (52 cm hauteur des caniveaux + 6 cm d'épaisseur d'enrobés) ;
- Une trappe de visite a été installée au pied de chaque ouvrage pour les contrôles d'utilisation de l'ouvrage a posteriori ;
- Des murets de guidage en béton ont été installés de part et d'autre de la route. Deux types de murets ont été installés :
- Côté versant du Cuson, un mini GBA (hauteur 32 cm) du fait d'une largeur d'emprise contrainte, surmonté d'une casquette en acier galvanisé sur une longueur de 168 m ;
- Côté Lac des Neiges : un Muret Véhicule Léger rehaussé à 60 cm sur une longueur de 191 mètres linéaires ;
- Intégration d'un aqueduc permettant de capter l'eau de pluie avant les ouvrages afin d'éviter leur ennoiment.



Figure 33 : Installation du Crapauduc avant coffrage béton Source : P. CHEVALIER, Métropole Nice Côte d'Azur



Figure 34 : Création d'une trappe de visite Source : V.V IVIEF – AGIR écologique



Figure 35 : Installation d'un aqueduc dans l'ouvrage Source : V. VIRIEVE – AGIR écologique



Figure 36 : Installation d'un aqueduc dans l'ouvrage Source : V. VIRIEVE – AGIR écologique

#### V-4.2.4 Cout du dispositif

L'ouvrage, réalisé fin 2021, présente un cout total de 163 922 € TTC. Le dispositif a été financé à 85 % par l'Union Européenne au travers du programme Biodiv'connect et à 15 % Métropole Nice Côte d'Azur.

## V-4.3 Crapauduc de Vesancy sous la RD984c

### V-4.3.1 Contexte

Depuis 2014, la zone des bassins de lagunage le long de la route entre Gex et Divonne, entre Vesancy et le Mont-Mussy, est répertoriée comme un corridor d'intérêt écologique régional. Elle représente la seule zone humide de grande envergure du Pays de Gex, chaque année des milliers d'amphibiens traversent la route pour passer du Mont Mussy, où ils hibernent, aux bassins de lagunage, où ils se reproduisent.

Depuis 10 ans, dans le cadre du contrat de corridor Vesancy-Versoix, un partenariat avec le LPO (Ligue de Protection des Oiseaux) a été établi afin d'étudier le comportement des amphibiens et la faisabilité technique d'une solution pérenne. Chaque printemps, la LPO organisait un sauvetage manuel des batraciens avec l'installation pendant un mois d'un filet qui les retenait côté Mont Mussy et des bénévoles, qui chaque soir à la tombée de la nuit, faisaient traverser les amphibiens.

Après la mise en place efficace, en 2022, d'un crapauduc à la Burbanche, le Département a réitéré l'opération à Vesancy. Cinq tunnels traversant, répartis sur 400 mètres, sont réalisés sous la chaussée. Un rail de guidage amène les batraciens à les utiliser pour traverser. Débutés fin juin, les travaux devraient durer jusqu'à mi-août. En cette période estivale, le flux de voitures, 12 000 véhicules par jour, interrompu par un feu tricolore devrait être moindre, limitant la gêne occasionnée.

### V-4.3.2 Aménagement du crapauduc permanent de Vesancy

Le crapauduc de Vesancy est constitué de 5 ouvrages de franchissement permettant de sécuriser une portion de route de 400 mètres. Débutés fin juin 2024, les travaux ont durés 7 semaines. En cette période estivale, le flux de voitures, était de 12 000 véhicules par jour.



Figure 37 : Chantier du crapauduc de Vesancy en cours



Figure 38 : Crapauduc de Vesancy finalisé

### V-4.3.3 Cout du dispositif

Le dispositif a coûté 382 000€ TTC. Ce projet a bénéficié du soutien financier de l'Agence de l'Eau RMC à hauteur de 267 400€ (70%).

## V-5 Fermeture temporaire de la route

### V-5.1 Description de l'action

Les fermetures temporaires de petites portions de routes durant la période de migration des amphibiens se multiplient en France ces dernières années. Cette action peut être soit une mesure d'urgence mise en place sur les tronçons de route les plus accidentogènes, soit une solution de repli lorsque la création d'un crapauduc permanent n'est pas possible pour des raisons techniques ou financières. Elle s'avère par ailleurs plus pérenne que la mise en place d'un crapauduc temporaire, qui est dépendant de la mobilisation bénévole qui tend généralement à s'essouffler au fil des années. En outre, une étude internationale montre l'effet bénéfique de la fermeture temporaire des axes routiers par une mortalité réduite de 80% (Consantino et al., 2014).



Figure 39 : Une route départementale en Ille-et-Vilaine, la RD35, est fermée durant deux semaines pour permettre aux crapauds et grenouilles de la traverser sans se faire écraser. <https://www.youtube.com/watch?v=LtnPvSdp5sY>

La fermeture temporaire de la route est généralement mise en place pour quelques jours ou quelques semaines sur la période de migration pré-nuptiale des amphibiens, fin d'hivers/début du printemps.

La fermeture de la route peut être réalisée de deux manières :

- Barrières lourdes en mettant en place des blocs bétons, empêchant les voitures de passer. Ce type de barrière présente l'avantage de bloquer physiquement le passage de tous les véhicules, mais peut ne pas s'avérer réalisable dans les cas où il y a des dessertes privées sur la portion de route concernée ;
- Barrières légères en mettant en place une signalisation avec des barrières amovibles, qui peuvent être facilement déplacées et contournées par les automobilistes. Ces barrières légères présentent l'inconvénient de ne pas toujours être respectée.

Afin d'assurer la sécurité des usagers, une zone de retournement au niveau de la fermeture de la route doit être présente pour faire demi-tour.



Figure 40 : Fermeture avec blocs bétons empêchant le passage des véhicules © Crédit photo : Archives Vincent Dewitte



Figure 41 : Fermeture légère de la route © <https://vosges-tourisme.net/>

Sur le site du Plan, le contexte étant compliqué du fait de la présence d'entrées de maisons ou de champs cultivés, une solution alternative est proposée.

## V-5.2 Fermeture temporaire du Chemin du Plan

La portion de RD178 « Chemin du Plan » concernée par les collisions routières dessert plusieurs entrées de propriétés privées et champs cultivés. Par conséquent, il est impossible de fermer complètement l'accès à cette portion. Il est donc proposé une solution alternative.

## V-5.2.1 Localisation de l'action

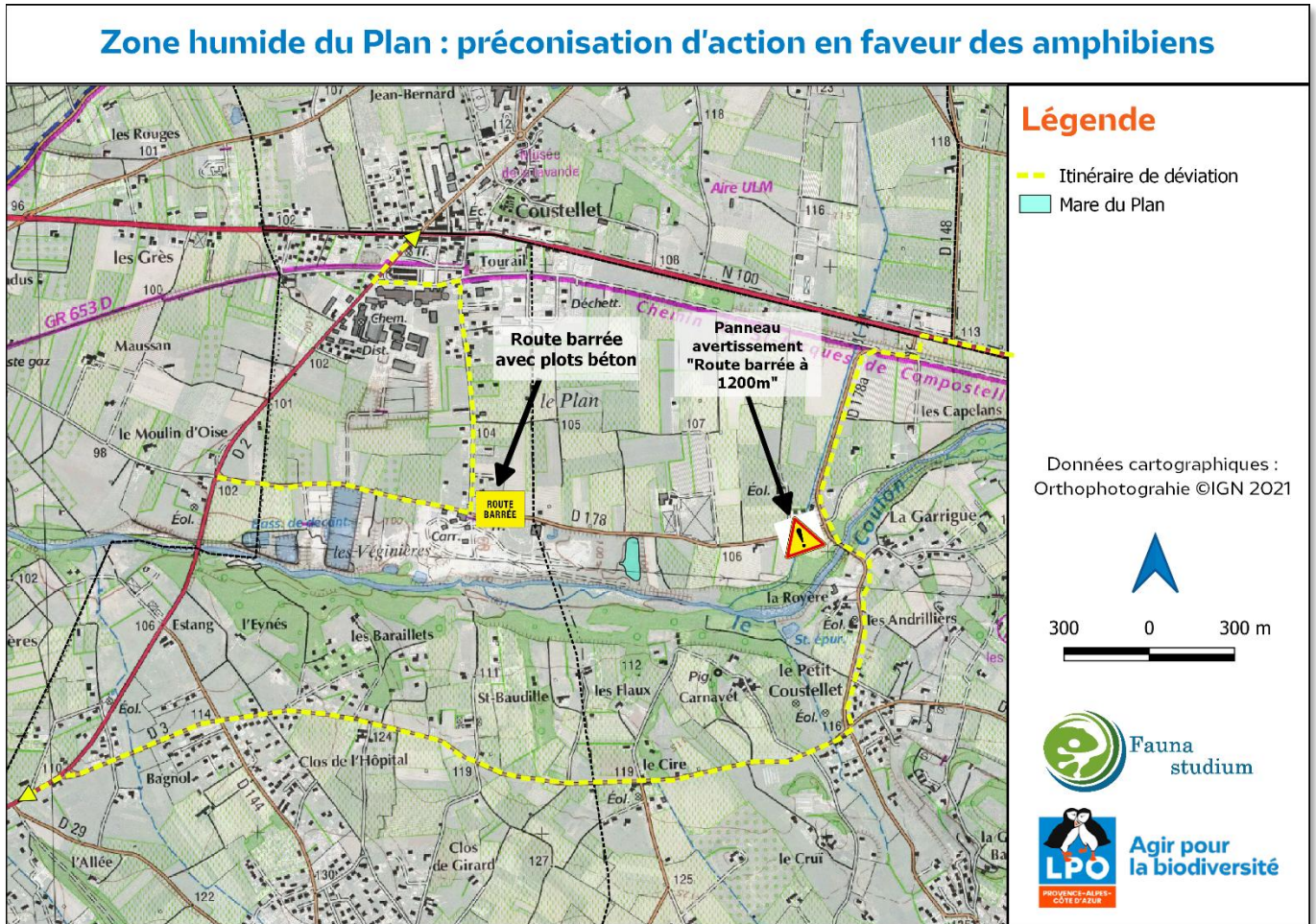


Figure 42 : Plan de fermeture de la route départementale 178

L'alternative proposée consiste à fermer la route à un seul endroit avec une barrière fixe munie de plots en bétons ou en plastique, empêchant le passage des véhicules (Fig. 40 et 41). La fermeture serait installée au niveau du croisement de la « route des Caves » avec le chemin du Plan (Fig. 42). A cet endroit se trouve la sortie de la carrière Sylvestre qu'il sera important de ne pas gêner, notamment pour l'entrée et la sortie des poids lourds.

A ce carrefour, la configuration de la route avec ses bas-côtés permettrait aux automobilistes venant d'Oppède ayant bravé l'interdiction de passage de faire demi-tour pour emprunter la déviation par Coustellet. Un panneau « Route barrée dans 1200m » avertirait en amont les automobilistes et serait installé au niveau du croisement entre le chemin du Plan (RD178) et la route de la Sénancole (RD178A) (Fig. 42).



Figure 43 : Schéma de fermeture de la RD178 côté est



Figure 44 : Schéma fermeture de la RD178 côté ouest

Il est important de préciser que la RD178 est en partie une voie non officielle de délestage de Coustellet pour les usagers venant d'Apt ou de Cavaillon/Robion. Or, le carrefour RD178a / RD900 est particulièrement accidentogène. La fermeture temporaire du chemin du Plan réduirait donc ce risque durant sa période de fermeture.

Aussi, le report de la circulation sur la RD900 sera tout à fait absorbable car :

- La fermeture aura lieu sur une période non touristique et donc peu de risque d'engorgement sur Coustellet ;
- Une partie des usagers sont des personnes des villages du contrefort du Luberon qui pourront passer par la déviation du Sud du Petit Coustellet

## V-5.2.2 Période de fermeture

Les résultats de l'étude de migration des amphibiens présentés dans le présent document ont démontré deux périodes importantes pour le déplacement des amphibiens : la période printanière et la période automnale. En effet, la période printanière est la plus cruciale pour les amphibiens car elle correspond à la sortie d'hibernation et la migration vers la mare de reproduction. Ces déplacements sont souvent très concentrés sur quelques soirées. En 2024, les captures ont été très fréquentes en mars, ont baissé en avril avant de réaugmenter en mai pour les trajets "retour" des adultes.

La seconde période, automnale, concerne la dispersion des jeunes amphibiens fraîchement émergés ainsi que les déplacements d'adultes qui peuvent effectuer une reproduction automnale. En 2024, les captures automnales se sont concentrées sur le mois de septembre.

Les pics d'activité des amphibiens sont susceptibles de varier d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques. Par conséquent, le scénario optimal de fermeture du chemin du Plan consisterait à fermer la route 4.5 mois par an du **1er mars au 31 mai et du 15 septembre au 31 octobre**.

Une première année avec une période plus courte permettrait de tester cette solution et serait potentiellement mieux accueillie par les usagers de la route. Ainsi, une fermeture durant 3 mois du **1er mars au 31 avril et du 15 septembre 15 octobre** permettrait de couvrir la majorité de la période des déplacements des amphibiens tout en étant moins contraignant pour les usagers de la RD178.

### V-5.2.3 Efficacité de la méthode proposée

L'unique point de fermeture de la route n'empêchera pas les automobilistes venant d'Oppède d'emprunter le chemin du Plan, malgré la présence d'un panneau "route barrée" installé au niveau du croisement avec la route de la Sénancole (RD178A). En revanche, la fermeture stricte au niveau du croisement avec la route des Caves dissuadera les conducteurs de braver à nouveau l'interdiction de passage.

L'évaluation de l'efficacité de cette mesure reposera sur :

1. Le contrôle de la mortalité pour constater son abaissement. Ce suivi « mortalité routière » sera effectué lors des soirées pluvieuses et pourra être mis en œuvre par des observateurs bénévoles et naturalistes locaux (coordination du suivi par le PNR Luberon) ;
2. Poursuite du suivi Capture – Marquage – Recapture sur la population de Pélobates qui devrait potentiellement faire apparaître de meilleurs taux de survie au sein de la population. Ces résultats, basés sur des études statistiques solides, apporteront des résultats minimum 3 à 5 ans après la 1ère fermeture.

## V-6 Renouveaulement du crapauduc temporaire

### V-6.1 Description de l'action

Le renouvellement du crapauduc temporaire le long du chemin du Plan peut être une ultime solution pour limiter les écrasements routiers des amphibiens sur la RD178. Le même linéaire qu'en 2024 de filet serait à déployer, soit 740 mètres de filet, afin de sécuriser la majorité de la population.

Afin d'assurer le bien-être des amphibiens et d'éviter une prédation des animaux capturés, le même protocole de relève devra être mis en place :

- Ouverture des seaux avant le couché du soleil les jours de conditions météorologiques favorables;
- Relève des seaux toutes les deux heures;
- Passage "mortalité routière" entre deux relèves;
- Fermeture des seaux à 02h00 du matin.

Cette solution présente une efficacité modérée **puisque'elle n'empêche pas totalement les amphibiens d'accéder à la chaussée**. En effet, comme présenté plus haut, les contraintes du terrain empêchent les barrières temporaires d'être totalement imperméables pour les amphibiens, notamment à cause des entrées de chemins agricoles. Au total, le suivi complémentaire « collisions routières » menée en parallèle du crapauduc temporaire du Plan aura mis en évidence 296 amphibiens sur la chaussée donc 70 Pélobates cultripèdes.

Aussi, un tel dispositif est susceptible de piéger sur la route des amphibiens qui auraient réussi à franchir les barrières de protection et peut causer à moyen terme des perturbations du comportement de dispersion des espèces, accompagné d'un impact négatif sur leur dynamique démographique.

L'installation des barrières de protection temporaire et le suivi qui en découle représentent également une logistique chronophage et d'importants moyens humains. Les crapauducs temporaires sont généralement dépendant de la mobilisation bénévole locale, qui peut s'essouffler au bout de quelques années (Cerema, 2019) (sauf financement annuel permettant un temps salarié important).

Un crapauduc temporaire doit-être considéré uniquement comme un outil intéressant permettant d'affiner sur une courte période (1 à 2 ans) les connaissances sur les axes de migration des amphibiens. Ce dispositif n'est de plus pas compatible avec l'étude CMR réalisée tous les deux sur cette population de Pélobates.

## V-6.2 Moyens nécessaires

Le chantier d'installation nécessite 4 jours de travail selon de nombre de personnes mobilisées (entre 5 et 8 participants).

Un passage de 0.5 jour par semaine est nécessaire pour vérifier l'état du dispositif et le consolider si nécessaire soit 10 jours pour 5 mois de suivi.

Un chantier d'entretien de la végétation (débroussaillage) est nécessaire en juillet/août. Ce chantier est réalisable en une journée si plusieurs personnes sont mobilisées.

Le chantier de retrait du matériel est réalisable en une journée également si la mobilisation est au rendez-vous.

En 2024, 20 soirées de relève ont été nécessaires pour couvrir les périodes printanière et automnale. Toutes les soirées favorables n'ont pas été couvertes par le suivi faute de moyens humains. 40 jours pour la réalisation des relèves du crapauduc sont nécessaires.

Un temps conséquent de pilotage du projet, de démarches administratives (dérogation espèces protégées, autorisation suivi auprès du service route), de recherche de bénévoles pour aider aux relèves des seaux et de traitement et analyse des données est à prévoir soit 15 jours sur l'année.

Le nombre total de jours pour la réalisation de ce suivi sur 5 mois est donc d'environ 71 jours soit 40 000€.

## V-7 Analyse comparative des solutions envisagées pour la réduction des écrasements routiers

Tableau 6 : Synthèse des avantages et des inconvénients pour chaque solution envisagée

Solution envisagée	Avantages	Inconvénients	Cout du projet	Suivi post travaux (3 ans)	Remarque
<b>Création d'un crapauduc permanent</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solution pérenne, sur le long terme.</li> <li>- Action efficace toute l'année.</li> <li>- Action favorable à l'ensemble de la petite faune terrestre. Les autres espèces utilisent les ouvrages inférieurs (reptiles, petits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solution onéreuse, nécessitant des compétences d'ingénierie.</li> <li>- Entretien et contrôle annuel du dispositif</li> <li>- Aménagement permanent pouvant être</li> </ul>	Maitrise foncière : 8000 € HT Etude de conception : 45 000€ HT Travaux : 200 000€ HT (matériaux + TP)	<u>Suivi RFID</u> Marquage toutes espèces par PIT-tag. Suivi par barrière RFID – connexion entrée et sortie Cout matériel RFID : 41 400 € TTC	Le crapauduc permanent reste la solution la plus pérenne pour solutionner localement les problèmes de collision routière. C'est aussi la plus onéreuse. La

	mammifères, invertébrés).	contre-productif si mal réalisé.	<b>Total : 303 600€ TTC</b>	Prestation externe suivie sur 3 ans : 66 000 € TTC  Appuie ingénierie PNRL : 10 000 € HT  <b>Total : 140 880 € TTC</b>  ..... <u>Evaluation de la mortalité</u>  Encadrement stagiaire + analyse des données et restitution : <b>10 000 € TTC</b>  ..... <u>Suivi photographique par time laps :</u>  8 pièges photos Reconyx HP2X : 4200 € TTC  30 jours de traitement photo pour 8 pièges-photos (2/ouvrage) : 15 000 € TTC  Analyse et restitution des donnés : 3000 € TTC  <b>Total : 22 200 € TTC</b>  ..... <u>Suivi piégeage en sortie (trappe)</u>	conception de l'ouvrage doit impérativement reposer sur les connaissances scientifiques les plus récentes en termes d'utilisation par les amphibiens. Une évaluation de l'efficacité de l'ouvrage est impérative sur au moins 3 ans.
--	---------------------------	----------------------------------	-----------------------------	---	--

				<p>40 soirées de relève des trappes</p> <p>15 jours pilotage projet</p> <p>Soit 55 jours au total</p> <p><b>Total : 27 500 € TTC</b></p>	
<b>Renouvellement de la mise en place d'un crapauduc temporaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solution peu coûteuse car généralement basée sur une implication bénévole pour sa mise en œuvre</li> <li>- Permet d'affiner les connaissances sur les axes de migration des amphibiens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solution non pérenne, car basée sur une implication bénévole, nécessitant un fort investissement humain. Un encadrement salarié de l'action par une structure pro est nécessaire.</li> <li>- A renouveler tous les ans.</li> </ul>		<p>72 jours pour 5 mois de suivi</p> <p><b>40 000 € TTC</b></p> <p>.....</p> <p>Evaluation de la mortalité :</p> <p>encadrement stagiaire + analyse des données et restitution</p> <p><b>Total : 10 000 € TTC</b></p>	<p>Cette solution présente une efficacité modérée. Elle est non-pérenne et nécessite un fort investissement humain. Ce type d'initiative repose souvent sur la motivation de quelques naturalistes bénévoles locaux et ne peut pas être envisagée sur le long terme.</p>
<b>Fermeture temporaire de la route départementale 178</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Action très efficace pour réduire considérablement le nombre de collisions routières sur la période couverte.</li> <li>- Solution qui peut s'inscrire sur le long terme si bonne acceptabilité par les acteurs locaux.</li> <li>- Cette solution ne modifie pas les déplacements des</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Action efficace mais mise en œuvre seulement une partie de l'année.</li> <li>o Solution pouvant être mal acceptée par les usagers de la route.</li> </ul>	Non communiqué	<p><u>Effet de la fermeture de la route sur la dynamique démographique du Pélobate cultripède(CMR)</u> :</p> <p>Cout estimatif annuel 2 pers: <b>37 200 euros TTC</b></p> <p>.....</p>	<p>Cette solution est peu onéreuse et peut s'inscrire sur le long terme une fois acceptée et comprise par les acteurs locaux. Une première année test sera nécessaire pour évaluer son efficacité</p>

	<p>amphibiens en contraignant leurs déplacements par des barrières collectrices ou des passages inférieurs. Elle est la moins interventionniste d'un point de vue écologique.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Réduit, sur la période de fermeture, le risque d'accident au carrefour dangereux de la RD900/RD178a emprunté par les usagers qui veulent contourner Coustellet en empruntant le chemin du Plan</li> </ul>			<p>Evaluation de la mortalité (respect de l'interdiction) :</p> <p>Encadrement stagiaire + analyse des données et restitution.</p> <p><b>Total : 10 000 € TTC</b></p>	<p>sur la mortalité dans le contexte de la RD178. Elle devra être accompagnée d'actions de sensibilisation auprès des habitants des villages alentours.</p>
--	--	--	--	---	---

## VI Conclusion et perspectives

En 2024, nous avons réalisé 1 626 captures d'amphibiens en 20 sorties entre mars et octobre, couvrant six espèces. Les captures ont été dominées par la Grande grenouille verte (36%) et le Pélobate cultripède (34%), totalisant 70% des captures; pour le Pélobate, nous avons compté 36 mâles, 122 femelles et 133 juvéniles. Vingt-trois Pélobates marqués par PIT-tag ont été détectés, dont cinq ont été recapturés une fois et un deux fois.

La dynamique saisonnière a montré un pic de Pélobate en mars, une baisse en avril puis une reprise en mai; à l'automne, la Grande grenouille verte est devenue majoritaire (septembre), tandis qu'en octobre seules des captures de Crapaud épineux ont été enregistrées. La photo-identification à l'automne (110 Pélobates) a révélé un faible taux de recapture (4,6%), suggérant une forte rotation d'individus. Spatialement, les « heat maps » ont identifié une zone de haute sensibilité centrée sur la mare (environ 190 m de part et d'autre) et une zone secondaire à l'est; pour le Pélobate, deux noyaux critiques sont ressortis (ouest entre carrière et mare, et extrémité est).

Sur la chaussée le suivi de la mortalité a permis de réaliser 296 observations: la Grenouille verte a été la plus fréquente (125, dont 56 sauvetages), devant le Pélobate (70, dont 43 sauvetages). Malgré les dispositifs, 141 amphibiens ont été tués (47,6% des individus observés sur route), principalement Pelophylax sp. (48,9%) et Pelobates cultripes (19,2%). L'automne a concentré l'essentiel des mortalités (97 contre 44 au printemps), en cohérence avec la dispersion post-métamorphique et les pluies de septembre; au printemps, le Pélobate a été le plus impacté (21 écrasements). Au total, 155 individus ont été secourus (dont 43 Pélobates). Des observations se sont étendues jusqu'au pont de la Sénancole, à environ 600 m à l'est de la mare, sans site de reproduction connu dans ce secteur.

Au regard des options étudiées, la création d'un crapauduc permanent apparaît comme la solution la plus durable pour réduire la mortalité routière des amphibiens et restaurer les continuités écologiques. Elle offre une efficacité potentielle toute l'année et bénéficie à l'ensemble de la petite faune terrestre, mais exige une conception fondée sur les recommandations scientifiques récentes, un budget d'investissement conséquent et un entretien annuel rigoureux. Une évaluation d'efficacité sur au moins trois ans est indispensable pour valider l'ouvrage et l'ajuster si besoin.

Le marquage de toutes les espèces d'amphibiens par PIT-tag, couplé à des dispositifs RFID en entrée et sortie des tunnels constitue un outil de suivi puissant pour quantifier au niveau individuel les flux, les directions de passage, les vitesses de déplacement, et l'efficacité des aménagements. Son coût matériel et de mise en œuvre est significatif, mais il apporte des données décisionnelles robustes et fiables pour documenter les bénéfices écologiques de l'ouvrage réalisé.

La fermeture saisonnière de la route, si elle est bien acceptée localement, peut offrir une réduction significative et immédiate des collisions à coût d'investissement réduit. Néanmoins, son efficacité est limitée à la période d'application et son acceptabilité sociale doit être consolidée de manière récurrente par de la concertation et de la sensibilisation. Cette mesure doit être impérativement couplée à un suivi de la mortalité (évaluation du respect de l'interdiction) ainsi qu'une évaluation de l'effet de la fermeture de la route sur la dynamique démographique du Pélobate cultripède (suivi par CMR sur 3 ans).

D'un point de vue stratégique, il semble opportun de structurer les solutions les plus pertinentes en deux phases successives :

**Phase 1 - Fermeture temporaire et ciblée de la RD178 aux périodes de migration** : Une fermeture partielle du tronçon concerné est mise en œuvre durant les phases critiques de déplacement des amphibiens (printemps et automne), selon un calendrier adapté : du 1er mars au 31 mai et du 15 septembre au 31 octobre. Cette solution, facile à mobiliser et à moindre coût, permet d'éviter la majorité des collisions tout en préservant l'accès aux habitations et exploitations. Elle pourrait bénéficier d'une très bonne acceptabilité locale, et pourrait être testée de manière expérimentale sur une phase initiale de 2-3 ans. Son impact sur la biodiversité est directement mesurable

par des suivis biannuels (printemps et automne) de la dynamique de la population de Pélobate cultripède (Capture-Marquage-Recapture) et par un suivi de la mortalité routière.

**Phase 2 - Projet de crapauduc permanent** : Si la phase 1 s'avère difficile à pérenniser ou montre ses limites, le projet prévoit de relancer la réalisation d'un ouvrage permanent de franchissement (crapauducs), structurant et durable. Ce dernier, inscrit dans la stratégie départementale et compatible avec les engagements Natura 2000 et ENS, vise la protection structurelle et la restauration des continuités écologiques. La phase 2 serait financée jusqu'à 80 % par des partenaires institutionnels et permettrait de supprimer le besoin de fermetures récurrentes. Sa réalisation serait impérativement accompagnée d'une évaluation scientifique de son efficacité.

### **Remerciements**

Les auteurs tiennent à remercier Romane Vautrin et Vincent Hallot (respectivement Volontaires en Service Civique PNRL et LPO PACA) pour leur investissement sans faille tout au long du projet, que ce soit pour l'installation du crapauduc, l'entretien de celui-ci ou lors des soirées pluvieuses pour aider à la relève des seaux.

Merci également à Olivier Sarrade (VSC LPO), Yann Brichard, Anne-Marie Parein, Philippe Dhiver, Laurent Aguetant, Michel Roussel et Jean Luc Robinet qui nous ont aidé bénévolement lors du chantier d'installation du dispositif temporaire.

Enfin merci à Magali Jameux, Nans Besset, Quentin Egenschwiller (salariés PNRL), qui sont venus prêter main forte lors du chantier d'installation du crapauduc.

## VII Bibliographie

Andrews KM, Gibbons JW, Jochimsen DM, Mitchell J. 2008. Ecological effects of roads on amphibians and reptiles: a literature review. *Herpetological Conservation* 3:121-143.

Cerema.(2019). Amphibiens et dispositifs de franchissement des infrastructures de transport terrestre. Collection : Connaissances. ISBN : 978-2-37180-328-2

Conan, A., Le Brishoual, M., Garnier, L., Fleitz, J., Dehaut, N., Enstipp, M., ... & Handrich, Y. (2023). Efficacy of permanent wildlife fences as barriers to amphibian movement. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1074072.

Cosentino, B. J., Marsh, D. M., Jones, K. S., Apodaca, J. J., Bates, C., Beach, J., ... & Willey, A. (2014). Citizen science reveals widespread negative effects of roads on amphibian distributions. *Biological Conservation*, 180, 31-38.

Elzanowski, A., Ciesiołkiewicz, J., Kaczor, M., Radwańska, J., & Urban, R. (2009). Amphibian road mortality in Europe: a meta-analysis with new data from Poland. *European Journal of Wildlife Research*, 55, 33-43.

Jarvis, L. E., Hartup, M., & Petrovan, S. O. (2019). Road mitigation using tunnels and fences promotes site connectivity and population expansion for a protected amphibian. *European Journal of Wildlife Research*, 65(2), 27.

Helldin, J. O., & Petrovan, S. O. (2019). Effectiveness of small road tunnels and fences in reducing amphibian roadkill and barrier effects at retrofitted roads in Sweden. *PeerJ*, 7, e7518.

Hels, T., & Buchwald, E. (2001). The effect of road kills on amphibian populations. *Biological conservation*, 99(3), 331-340.

Gibbs, J. P., & Shriver, W. G. (2005). Can road mortality limit populations of pool-breeding amphibians?. *Wetlands Ecology and Management*, 13, 281-289.

Glista, D. J., DeVault, T. L., & DeWoody, J. A. (2008). Vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians. *Herpetological conservation and Biology*, 3(1), 77-87.

Gunson, K., Seburn, D., Kintsch, J., & Crowley, J. (2016). Best management practices for mitigating the effects of roads on amphibian and reptile species at risk in Ontario. *Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, Queen Printer for Ontario, Ontario*, 7-8.

Jackson, S. D. (2003). Proposed design and considerations for use of amphibian and reptile tunnels in New England. *University of Massachusetts Report*. 4p.

Marchand, M-A., Roy, C., Renet, J., Delauge, J., Meyer, D., Hayot, C. (2017): Liste rouge régionale des amphibiens et reptiles de Provence-Alpes-Côte d'Azur. Aix-en-Provence, France, Conservatoire d'espaces naturels Provence-Alpes-Côte d'Azur

Marcelino, M. R., Parren, S. G., & Mosher, B. A. (2025). Assessing the efficacy of wildlife underpasses in mitigating amphibian road mortality: A case study from the northeastern United States. *Journal for Nature Conservation*, 86, 126901.

Meek, R. (2012). Patterns of amphibian road-kills in the Vendée region of western France. *The Herpetological Journal*, 22(1), 51-58.

- Pinto, T., Sillero, N., Mira, A., Sousa, L. G., Oliveira, A., & Santos, S. M. (2024). Effectiveness of permanent drift fences in reducing roadkill risk of amphibians. *Journal of Environmental Management*, 368, 122049.
- Rato, J., & Sá-Sousa, P. (2024). Reduction of amphibian roadkill by one-side barriers. *Basic and Applied Herpetology*, 38: 25-36.
- Renet, J., Loubinoux, E., Krebs, M., Thirion, F., Priol, P., Travers, W., ... & Brichard, J. (2024). La vallée du Calavon dans le Vaucluse: un territoire à fort enjeu pour la conservation du Pélobate cultripède (*Pelobates cultripedes*).
- Santos, R. A. L., Santos, S. M., Santos-Reis, M., Picanço de Figueiredo, A., Bager, A., Aguiar, L. M., & Ascensao, F. (2016). Carcass persistence and detectability: reducing the uncertainty surrounding wildlife-vehicle collision surveys. *PloS one*, 11(11), e0165608.
- Seol, G. H., Kim, E. B., Kim, Y. E., Kim, N. C., & Kim, H. (2023). A Design Proposal for an Eco-Tunnel for Anurans Based on Behavioral Experiments and Species Characteristics. *Sustainability*, 15(4), 3501.
- Testud, G., Vergnes, A., Cordier, P., Labarraque, D., & Miaud, C. (2019). Automatic detection of small PIT-tagged animals using wildlife crossings. *Animal Biotelemetry*, 7, 1-9.
- Testud, G., Canonne, C., Le Petitcorps, Q., Picard, D., Lengagne, T., Labarraque, D., & Miaud, C. (2022). Improving trajectories of amphibians in wildlife passages. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 958655.
- White, K. J., Petrovan, S. O., & Mayes, W. M. (2023). Pollutant accumulation in road mitigation tunnels for amphibians: A multisite comparison on an ignored but important issue. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1133253.
- Woltz, H. W., Gibbs, J. P., & Ducey, P. K. (2008). Road crossing structures for amphibians and reptiles: informing design through behavioral analysis. *Biological conservation*, 141(11), 2745-2750.

## Résumé

Le document présente la deuxième phase de l'étude des collisions routières d'amphibiens sur la RD178, au niveau de la zone humide du Plan à Oppède, menée par LPO PACA et Fauna studium en 2024-2025. L'étude vise à localiser les zones de migration des amphibiens, en particulier le Pélobate cultripède, et à évaluer l'impact de la route. Les méthodologies appliquées incluent un crapauduc temporaire et des prospections nocturnes menées entre mars et octobre 2024. Au total, 1 626 captures d'amphibiens ont été réalisées en 2024, couvrant six espèces. Les captures ont été dominées par la Grande grenouille verte (36%) et le Pélobate cultripède (34%), totalisant 70% des captures. Malgré le dispositif de protection, 141 amphibiens ont été écrasés (47,6% des individus observés sur route), principalement *Pelophylax sp.* (48,9%) et le Pélobate cultripède (19,2%). L'analyse spatiale a révélé une zone de haute sensibilité centrée sur la mare (environ 190 m de part et d'autre) et une zone secondaire à l'est ; pour le Pélobate, deux noyaux critiques sont ressortis (ouest entre carrière et mare, et extrémité est).

L'étude propose plusieurs mesures possibles à mettre en œuvre : installation d'un crapauduc permanent, fermeture temporaire de la route lors des migrations ou renouvellement du dispositif temporaire. Le cout de chaque option a été estimé sur la base de retours d'expérience disponibles et de prises de contact avec des professionnels spécialisés. Des protocoles de suivi ont été proposés pour obtenir une évaluation fiable et robuste de l'efficacité des différentes mesures pressenties.