

## Diagnostic écologique et stratégie de restauration des mares pour les amphibiens sur le Causse du Larzac : un enjeu pour la conservation de *Pelobates cultripes*

---

**VIGNAUD Flavie** – Master 2 Génie écologique | 24 Août 2025



Encadré par Romain Salas  
Chargé de gestion écologique et expertise  
Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie  
Site d'implantation de Gignac (34 150)



Master 2° Année *Génie Ecologique*  
Université de Poitiers  
U.F.R. Sciences Fondamentales et Appliquées  
40 avenue du Recteur Pineau  
F-86022 Poitiers Cedex



## Diagnostic écologique et stratégie de restauration des mares pour les amphibiens sur le Causse du Larzac : un enjeu pour la conservation de *Pelobates cultripes*

---

**Vignaud Flavie | 24 février - 24 août 2025**

Sous la direction de : **Salas Romain**  
Chargé de gestion écologique et expertise  
Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie  
Site d'implantation de Gignac 34150



Encadrant académique : **Bech Nicolas**  
Maître de conférence (HDR) – Université de Poitiers  
UMR CNRS 7267 ; Laboratoire Ecologie & Biologie des Interactions (EBI)  
Poitiers 86 076

### Attestation de soutenance & Appréciations du jury

*Mlle /Mme /Mr :*

*Etudiant.e en M2 Génie Ecologique, a soutenu ce jour le présent mémoire, devant un jury  
composé d'enseignants-chercheurs et de chercheurs de l'Université de Poitiers.*



#### ❖ Qualité générale du mémoire :

- | ◆ <u>Structuration</u>              | ◆ <u>Présentation du sujet</u>      | ◆ <u>Traitemet du sujet</u>         | ◆ <u>Discussion</u>                 |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Excellente | <input type="checkbox"/> Excellente | <input type="checkbox"/> Excellente | <input type="checkbox"/> Excellente |
| <input type="checkbox"/> Très bonne |
| <input type="checkbox"/> Bonne      | <input type="checkbox"/> Bonne      | <input type="checkbox"/> Bonne      | <input type="checkbox"/> Bonne      |
| <input type="checkbox"/> Passable   | <input type="checkbox"/> Passable   | <input type="checkbox"/> Passable   | <input type="checkbox"/> Passable   |
| <input type="checkbox"/> Pas bonne  |

#### ❖ Qualité générale de la présentation orale :

- | ◆ <u>Prestation</u>                 | ◆ <u>Esprit de synthèse</u>        | ◆ <u>Qualité de l'illustration</u>  |
|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Excellente | <input type="checkbox"/> Excellent | <input type="checkbox"/> Excellente |
| <input type="checkbox"/> Très bonne | <input type="checkbox"/> Très bon  | <input type="checkbox"/> Très bonne |
| <input type="checkbox"/> Bonne      | <input type="checkbox"/> Bon       | <input type="checkbox"/> Bonne      |
| <input type="checkbox"/> Passable   | <input type="checkbox"/> Passable  | <input type="checkbox"/> Passable   |
| <input type="checkbox"/> Pas bonne  | <input type="checkbox"/> Pas bon   | <input type="checkbox"/> Pas bon    |

#### ❖ Déroulement du stage (Appréciations du Maître de stage) :

- | ◆ <u>Insertion dans l'équipe</u>    | ◆ <u>Qualité d'assimilation</u>     | ◆ <u>Implication personnelle</u>    |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Excellente | <input type="checkbox"/> Excellente | <input type="checkbox"/> Excellente |
| <input type="checkbox"/> Très bonne | <input type="checkbox"/> Très bonne | <input type="checkbox"/> Très bonne |
| <input type="checkbox"/> Bonne      | <input type="checkbox"/> Bonne      | <input type="checkbox"/> Bonne      |
| <input type="checkbox"/> Passable   | <input type="checkbox"/> Passable   | <input type="checkbox"/> Passable   |
| <input type="checkbox"/> Pas bonne  | <input type="checkbox"/> Pas bonne  | <input type="checkbox"/> Pas bon    |



En conséquence, les appréciations du jury, en l'état actuel du mémoire, sont les suivantes :

- Note sur le mémoire : ..... / 20 (coeff. 0.6) ➤ Note sur l'oral : ..... / 20 (coeff. 0.4)
- Avis sur la divulgation du mémoire en l'état actuel :
  - Autorisée sans modification.
  - Autorisée après modifications majeures.
  - Autorisée après modifications mineures.
  - Non autorisée.
  - Non divulgation pour clause de confidentialité

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon maître de stage, **Romain Salas**, pour sa confiance et l'opportunité de réaliser ce stage. Merci pour le partage de ses connaissances sur les amphibiens, le territoire du Larzac, mais aussi pour les cours de météorologie improvisés. Son accompagnement et sa bienveillance ont contribué au bon déroulement de mon expérience dans le sud.

Un grand merci à l'équipe du **CEN Occitanie de Gignac** pour leur accueil, leur disponibilité, leurs conseils et le partage de leurs connaissances.

Je remercie également **Nelsa**, de la Communauté de communes de la Vallée de l'Hérault, pour son accompagnement lors de nombreuses soirées de prospection, souvent peu concluantes, ainsi que pour l'entraide et la bonne humeur partagées tout au long de nos stages.

Je souhaite également remercier l'ensemble de l'équipe du **CEN Occitanie**, et tout particulièrement **Maxime Olivo** et **Hugo Norel**, pour leur aide sur la partie informatique.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont accompagnée sur mes sessions de terrain. Tout d'abord, **Jean-Michel Castan**, **Laurent Benoist**, **Lise Guennegan** et **Kevin Sejourne**, agents de l'Office Français de la Biodiversité Hérault, pour leur disponibilité et leur soutien sur le terrain.

Également, **Soraya et Tess** du Centre Permanent d'Initiative pour l'Environnement des Grands Causses, ainsi que **Jeanne**, stagiaire au CEN Occitanie, pour leur accompagnement.

Je remercie aussi **Alex**, véritable encyclopédie botanique de la promo, pour m'avoir accompagnée lors de ma soirée de terrain la plus orageuse... ainsi que pour les rando à la découverte de la région.

Je remercie **Pauline Priol** et **Jean-Marc Thirion** pour le temps qu'ils m'ont accordé, leurs conseils et le partage de leurs connaissances sur le Pélobate cultripède.

Je remercie également mes copines, **Anne-Lise, Faustine et Léna** pour leur soutien et leur écoute tout au long de cette aventure.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation et au bon déroulement de ce stage.

## Avant-propos

Ce stage a été effectué au sein du conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie (CEN). Le CEN d'Occitanie est une association loi 1901 œuvrant pour la protection de la biodiversité et la gestion durable des milieux naturels. Il est membre du réseau national des Conservatoires d'espaces naturels (CEN). Le CEN Occitanie est né en 2020 de la fusion des anciens CEN Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon et Lozère.

Ses actions se déclinent en cinq volets :

- **Connaître** : améliorer les connaissances à travers des inventaires du patrimoine naturel et des suivis scientifiques ;
- **Protéger** : préserver durablement les sites naturels, par l'acquisition foncière ou la signature de conventions avec des propriétaires privés ou publics ;
- **Gérer** : Appliquer une gestion adaptée aux enjeux écologiques présents sur le territoire par la maîtrise foncière ou d'usage des sites ;
- **Valoriser** : sensibiliser le public à la richesse faunistique et floristique présente sur les sites ;
- **Accompagner** : soutenir les collectivités, agriculteurs et autres acteurs dans une meilleure prise en compte de la nature dans leurs pratiques et activités.

Le CEN Occitanie agit sur l'ensemble de la région avec 17 sites d'implantation, qui rassemblent différentes filières de travail : administrative, communication, systèmes d'information, expertise scientifique, gestion territoriale ainsi qu'une filière consacrée aux travaux et à la gestion écologique. Sous la Direction de Sonia Bertrand et Daniel Marc, les équipes travaillent ensemble pour assurer la gestion de plus de 30 000 ha, avec le soutien de 300 bénévoles et adhérents de l'association.

Depuis 2023, le CEN Occitanie mène un programme de restauration, de création et de gestion de mares sur le Causse du Larzac. Financé par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, le Conseil départemental de l'Hérault et la Communauté de communes du Lodévois-Larzac, ce projet vise la restauration et la mise en gestion de 10 mares ainsi que la création de 2 nouvelles.

Ce stage s'inscrit directement dans ce programme et a pour objectif de réaliser une analyse de l'état de conservation global du réseau de mares. Il constitue ainsi une étude préalable destinée à orienter et définir la future stratégie de conservation à mettre en œuvre à l'issue du projet, prévu en 2026. Par ailleurs, la hiérarchisation des actions à mener issue de ce travail sera utilisée par le CEN Occitanie pour mobiliser des financements et assurer leur mise en œuvre.

## Table des matières

Remerciements .....	I
Avant-propos.....	III
Listes des abréviations .....	VI
Listes des figures .....	VII
Listes des tableaux .....	VII
Listes des annexes.....	VII
I- Introduction.....	1
II- Matériels et méthodes .....	4
1. Site d'étude .....	4
2. Espèce cible .....	4
3. Sélection des mares.....	6
4. Actualisation des données de <i>Pelobates cultripes</i> et inventaire des amphibiens .....	7
5. Indice de l'état de conservation des mares à amphibiens.....	8
6. Modélisation de la connectivité écologique et des déplacements de <i>Pelobates cultripes</i> sur le Causse du Larzac.....	10
a. Création de la carte d'occupation du sol .....	11
b. Modélisation de la connectivité écologique sous Graphab .....	13
c. Modélisation des zones de dispersion pour <i>P. cultripes</i> .....	14
d. Création de nouveaux habitats .....	15
1. Méthodologie de hiérarchisation des mares .....	15
a. Les enjeux écologiques .....	15
b. Les besoins en gestion .....	16
c. Priorisation de la gestion sur les mares du Causse du Larzac.....	17
III- Résultats .....	18
1. La sélection des mares .....	18
2. Le Pélobate cultripède sur le Causse du Larzac héraultais .....	18
3. L'inventaire amphibien.....	20
4. L'état de conservation des mares sur le Causse du Larzac héraultais .....	20
5. Connectivité écologique des mares sur le Causse du Larzac pour les amphibiens.....	23
a. Connectivité du site et zones de dispersion de <i>P. cultripes</i> .....	23
b. Renforcement de la connectivité par la création d'habitat.....	25
6. Priorisation des interventions sur les mares et lavognes .....	26

IV-	Discussion.....	27
1.	L'état écologique des mares sur le Causse du Larzac .....	27
2.	La connectivité des mares sur le Causse du Larzac pour les espèces à faible capacité de dispersion .....	29
3.	Le Pélobate cultripède sur le Causse du Larzac .....	29
4.	Les limites de l'étude.....	31
V-	Conclusion .....	32
	Bibliographie.....	33
	Annexes .....	39
	Résumé : .....	45
	Abstract : .....	45

## Listes des abréviations

CEN : Conservatoire d'espaces naturels

PNR GC : Parc naturel régional des Grands Causses

CPIE : Centre permanent d'initiatives pour l'environnement

N2000 : Natura 2000

ZNIEFF : Zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique

IECMA : Indice de l'état de conservation des mares à amphibiens

PRAM : Programme régional d'actions en faveur des mares

PEE : Plantes exotiques envahissantes

SINP : Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel

OS : Occupation du sol

PC : Probabilty of connectivity

dPC : Delta probability of connectivity

## Listes des figures

<b>Figure 1</b> : Pelobates cultripes – individu adulte mâle (à gauche) et détail de la lame cornée (à droite) .....	5
<b>Figure 2</b> : Localisation des mares prospectées en 2025 selon les répartitions historiques de <i>P. cultripes</i> et <i>T. marmoratus</i> .....	18
<b>Figure 3</b> : Répartition passée et actuelle (2025) du Pélobate cultripède sur le Causse du Larzac (34) .....	19
<b>Figure 4</b> : Fréquence des notes IECMA attribuées aux mares.....	20
<b>Figure 5</b> : Contribution des critères à l'IECMA .....	21
<b>Figure 6</b> : Relation entre la note IECMA des mares et la richesse spécifique en amphibiens .	22
<b>Figure 7</b> : Modélisation de la connectivité d'un réseau de mares sur le Causse du Larzac et fonctionnalité des sous-réseaux pour le Pélobate cultripède.....	24
<b>Figure 8</b> : Modélisation de l'ajout de tâches sur les secteurs à Pélobate cultripède en 2025 .	25

## Listes des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Tableau des critères retenus pour l'IECMA réalisé en mai et points de favorabilité associés aux seuils (critères relevés avec le PRAM en bleu et critères relevés par analyse cartographique en jaune) .....	9
<b>Tableau 2</b> : Synthèse de la création de la carte d'OS (habitats, sources et coefficients de friction) .....	12
<b>Tableau 3</b> : Tableau de détermination des enjeux écologiques sur les mares du Larzac .....	16
<b>Tableau 4</b> : Tableau de détermination des besoins en gestion sur les mares du Larzac (Lépine & Demay, 2017) .....	17
<b>Tableau 5</b> : Tableau de détermination de la priorité de gestion sur les mares du Larzac (Lépine & Demay, 2017) .....	17
<b>Tableau 6</b> : Nombre de mares par niveau de priorité dans la gestion .....	27

## Listes des annexes

<b>Annexe 1</b> : Critères relevés sur les mares dans le formulaire PRAM. Les critères en gris sont ceux utilisés dans l'IECMA .....	39
<b>Annexe 2</b> : Présentation des critères IECMA.....	41

## I- Introduction

### **Les zones humides : pressions et biodiversité**

Les zones humides ne couvrent qu'une petite partie du territoire français, mais accueillent près de 40 % de la biodiversité floristique et faunistique (Cerisier-Augier, 2023). Ces milieux jouent un rôle dans le fonctionnement des paysages en assurant de nombreux services écosystémiques : le stockage du carbone, la régulation du cycle de l'eau ou encore l'épuration naturelle de l'eau (Geijzendorffer et al., 2018 ; Gardner & Finlayson, 2018). Pourtant, les zones humides sont parmi les milieux les plus menacés ; en un siècle en France, les deux tiers ont disparu, et leur état continue de se dégrader (MNHN, 2023 ; Cerisier-Augier, 2023). Diverses pressions humaines telles que l'urbanisation, l'intensification de l'agriculture et les activités touristiques sont à l'origine de ce déclin auxquelles s'ajoutent les effets du changement climatique (Perennou et Cerisier-Augier, 2025 ; Gardner & Finlayson, 2018 ; Cerisier-Augier, 2023). Ces détériorations ont des conséquences sur les espèces inféodées à ces milieux ; on estime que 16 % d'entre elles risquent de disparaître à moyen terme (Perennou & Cerisier-Augier, 2025).

Le bassin méditerranéen, classé parmi les hotspots mondiaux de biodiversité, est particulièrement touché par la disparition et la détérioration de ses zones humides naturelles. Les tendances récentes montrent une forte augmentation des risques d'extinction pour les espèces depuis 1990 (Geijzendorffer et al., 2018). Ce déclin est d'autant plus préoccupant dans les régions où les milieux aquatiques sont rares. Les paysages karstiques des Grands Causses en région Occitanie ne présentent que très peu de points d'eau et leur maintien est fragilisé par la déprise des activités pastorales et les événements climatiques extrêmes (Lang & Geraud, 2022). Dans ce contexte, les mares jouent un rôle écologique majeur puisqu'elles représentent souvent les seuls habitats aquatiques disponibles.

### **Les mares : des habitats essentiels mais vulnérables**

Définies comme des petits points d'eau peu profonds, naturels ou artificiels, les mares sont des habitats exceptionnels, accueillant une grande diversité d'espèces végétales hydrophiles, d'invertébrés comme les odonates, ou encore d'amphibiens, pour qui, les petites zones humides sont indispensables à la reproduction (Davies et al., 2007 ; Jackob et al., 2003 ; Grillas et al., 2004). D'autres animaux, comme l'avifaune et les mammifères, ne sont pas inféodés à ces milieux, mais

peuvent en dépendre pour leur survie (EPCN, 2010), et particulièrement dans des contextes karstiques où les points d'eau sont rares.

Les mares paraissent pourtant parmi les milieux aquatiques les plus exposés aux pressions (Cerisier-Auger, 2023). Leur petite superficie et leur caractère parfois temporaire les rendent particulièrement vulnérables à l'assèchement précoce, à l'eutrophisation liée à l'apport de nutriments, à l'invasion par des espèces exotiques envahissantes, aux pratiques agricoles.... Bien que certaines résultent de la dynamique naturelle, beaucoup sont causées par les changements d'usage ou l'abandon des activités humaines qui assuraient leur maintien. Ces dégradations entraînent un changement de la fonctionnalité écologique des mares et se répercutent sur leur biodiversité. Certaines espèces, moins exigeantes, se développent au détriment d'autres, accentuant ainsi la compétition (Beja & Alcazar, 2003 ; Grillas et al. 2004 ; Stiers et al. 2011).

### **Les amphibiens**

La perte de fonctionnalité des mares affecte en premier les espèces qui en dépendent, comme les amphibiens. Leur cycle de vie biphasique les rend dépendants des milieux terrestres pour l'alimentation et l'hivernation, et des milieux aquatiques pour la reproduction et les premiers stades de développement. Ces exigences font des amphibiens un groupe particulièrement sensible à la dégradation des zones humides. A l'échelle mondiale, ils comptent parmi les groupes les plus menacés avec 41 % des espèces en danger d'extinction, d'après l'IUCN. En France, la situation est tout aussi préoccupante, avec 60 % des populations qui suivaient une tendance à la régression en 2015 (IUCN, 2015). Leur forte vulnérabilité fait des amphibiens des bioindicateurs intéressants pour évaluer l'état écologique et la fonctionnalité des réseaux de mares (Beja et Alcazar, 2003).

Parmi les amphibiens menacés dans le nord de la Méditerranée, le Pélobate cultripède (*Pelobates cultripes*, Cuvier, 1829) représente un fort enjeu de conservation. Cet anoure, endémique du sud-ouest de l'Europe, est en déclin sur l'ensemble de son aire de répartition (Thirion, 2002 ; Geniez et Cheylan, 2012). Ses populations sont fragilisées par l'urbanisation, l'introduction d'espèces dans ses habitats, la fermeture des milieux terrestres, mais aussi par les événements climatiques extrêmes compromettant son succès reproducteur (Arroyo-Morales et al., 2023).

## **La connectivité écologique**

Bien que certains puissent parcourir quelques kilomètres, la capacité de dispersion chez certaines espèces est relativement faible, pouvant ainsi limiter leurs possibilités de coloniser de nouveaux habitats et les rendre particulièrement sensibles à la fragmentation du paysage (Smith et Green, 2005 ; Becker et al., 2007). La connectivité des mares par les corridors écologiques ou milieux favorables aux déplacements favorise ainsi les échanges génétiques et permet la résilience des populations face aux pressions anthropiques et climatiques (Bergès et al ; Crushman, 2006), et favoriserait également la diversité des espèces (Ribeiro et al., 2011). L'organisation des mares à l'échelle du paysage présente donc un enjeu important pour la conservation des amphibiens. Des outils de modélisation comme Graphab (Foltête et al., 2012), permettent d'analyser de manière théorique cette connectivité et d'évaluer l'impact d'aménagements, de projet de restauration ou des actions de conservation (Girardet et Clauzel, 2018).

La conservation des réseaux de mares, et des populations d'amphibiens qui en dépendent, repose sur l'identification des pressions qui s'exercent sur ces milieux et la localisation des principaux enjeux écologiques afin de définir des mesures de restauration ciblées et adaptées aux besoins de chaque site.

Nous allons ainsi essayer de répondre aux problématiques suivantes :

- 1. Quelle est la répartition actuelle de *Pelobates cultripes* sur le site N2000 Causse du Larzac ?**
- 2. Comment évaluer la qualité et la connectivité des mares sur ce site ?**
- 3. Comment prioriser les actions de restauration pour la conservation des amphibiens menacés, en particulier le Pélobate cultripède ?**

Cette étude poursuit deux objectifs principaux : d'une part, actualiser la répartition du Pélobate cultripède sur le Causse du Larzac héraultais à travers un inventaire adapté au contexte ; d'autre part, définir une méthodologie de priorisation des mares afin de cibler les actions de restauration sur les sites présentant les enjeux écologiques les plus importants et où les interventions auront le bénéfice écologique le plus élevé, tout en tenant compte de la faisabilité et du coût des travaux. Pour répondre à ces objectifs, les mares retenues sur la base de données historiques feront l'objet d'un inventaire, leur état écologique sera évalué et la connectivité du site analysée. Les résultats obtenus seront ensuite traduits en recommandations de gestion, élaborées en concertation avec des experts scientifiques.

## II- Matériels et méthodes

### 1. Site d'étude

L'étude a été réalisée sur le site Natura 2000 Causse du Larzac, situé au nord du département de l'Hérault. Ce site de 29 556 ha est classé à la fois en Zone de Protection Spéciale (ZPS) au titre de la directive Oiseaux et en Zone Spéciale de Conservation (ZSC) au titre de la directive Habitats-Faunes-Flores.

Le Causse du Larzac est un vaste plateau calcaire, situé dans le département de l'Hérault, dans le sud de la France. Il est caractérisé par une géologie karstique et un paysage dominé par les milieux ouverts de landes, garrigues et pelouses sèches. On y retrouve également quelques zones forestières de caducifoliés et de résineux (INPN).

Les activités pastorales établies dans la région ont façonné ce territoire à travers la construction d'aménagements agro-pastoraux : murets de pierre, cazelles, lavognes... Ces dernières, construites à l'origine pour abreuver le bétail, sont de véritables mares artificielles. Elles participent aujourd'hui à la connectivité des points d'eau et profitent à de nombreuses espèces du territoire.

Les mares du Larzac, permanentes et temporaires, abritent une diversité biologique. On y retrouve notamment la menthe des cerfs (*Mentha cervina*), le cresson rude (*Sisymbrella aspera*), des crustacés d'eau douce (*Branchiopoda*), ainsi que de nombreuses espèces d'amphibiens. Parmi eux, sept espèces d'anoures : le Pélobate cultripède (*Belobates cultripes*), le Crapaud calamite (*Epidalea calamita*), le Crapaud épineux (*Bufo spinosus*), l'Alyte accoucheur (*Alytes obstetricans*), le Pélodyte ponctué (*pelodytes ponctatus*), la Rainette méridionale (*Hyla meridionalis*) et plusieurs espèces du complexe des *Pelophylax*, non différenciées ici en raison de leurs fortes ressemblances morphologiques (Dufresnes et al., 2017). On retrouve également trois espèces d'urodèles : le Triton palmé (*Lissotriton helveticus*), le Triton marbré (*Triturus marmoratus*) et le Triton alpestré (*Ichtyosaura alpestris*), ce dernier étant introduit sur le territoire.

### 2. Espèce cible

Le **Pélobate cultripède** (Cuvier, 1829) est un amphibiien du sud-ouest de l'Europe, présent en France, en Espagne et au Portugal. En France, il occupe la côte atlantique et la région méditerranéenne (Thirion, 2002 ; Geniez & Cheylan, 2012).

Cet anoure de la famille des Pelobatidae est un crapaud au corps trapu mesurant jusqu'à une dizaine de centimètres et aux yeux proéminents (Figure 1). Chez cette espèce, le tubercule métatarsien est en forme de lame cornée (Figure 1), aussi appelée « couteau », qui lui permet de s'enfonir dans le sol. Certains individus peuvent vivre jusqu'à 10 ou 15 ans (Grillas et al. 2004).



**Figure 1 : *Pelobates cultripes* – individu adulte mâle (à gauche) et détail de la lame cornée (à droite)**

Espèce nocturne des milieux ouverts, le Pélobate cultripède affectionne les terrains meubles (vignes, pâtures, zones sableuses) où il peut s'enterrer la journée jusqu'à 40 cm, voire plus en période hivernale (Grillas et al., 2004). Il peut également utiliser les anfractuosités pierreuses pour se cacher dans les zones méditerranéennes où les sols meubles peuvent être plus rares (Cheylan & Poitevin, 1999). Le Pélobate peut utiliser plusieurs gîtes, toujours à proximité d'un point d'eau (Priol, 2015).

La reproduction est déclenchée à la fin de l'hiver à la suite de journées pluvieuses, lorsque les températures se situent entre 9 et 16 °C et que l'humidité atteint 80 à 100 % (Rodriguez-Jimenez, 1988). Le Pélobate affectionne les mares temporaires ou permanentes, de préférence ensoleillées et présentant des pentes douces (Priol, 2015 ; Beja et Alcazar, 2003 ; Geniez & Cheylan, 2012 ; Jackob et al, 2003). Les œufs sont ensuite déposés sur le fond, sous forme de cordon épais, ou bien, accrochés à la végétation. Le développement larvaire chez cette espèce est assez long, 3 à 4 mois (Grillas et al. 2004 ; Diaz-paniagua, 1992 ; Lizana & Marquez, 1994).

En région méditerranéenne, une seconde période de reproduction peut être observée en automne, favorisant la survie des têtards moins exposés à la prédation et à la dessiccation (Jackob et al., 2003). Également, de manière exceptionnelle, Duguet (2022) a observé sur la période estivale de 2014 une troisième ponte dans un cours d'eau temporaire méditerranéen en Ardèche.

Au niveau national, le Pélobate cultripède est classé comme vulnérable sur la liste rouge des amphibiens de France métropolitaine, où son état de conservation est considéré défavorable. Il est également inscrit à l'annexe IV de la Directive Habitats-Faune-Flore et l'annexe II de la Convention de Berne. En Occitanie, il s'agit d'une espèce déterminante ZNIEFF (INPN).

On estime que ces populations ont décliné d'au moins 30% au cours 21 dernières années, sur la majeure partie de son aire de répartition (Salvador et al., 2024). Cette tendance se poursuit encore aujourd'hui sous l'effet de multiples pressions : la destruction ou dégradation de ses habitats liée à l'intensification agricole, l'urbanisation et au développement des réseaux routiers fragmentant ses milieux, ainsi que l'introduction d'espèces compétitrices ou prédatrices telles que l'écrevisse de Louisiane ou certains poissons. (Thirion, 2002 ; Geniez & Cheylan, 2012 ; Priol, 2015 ; Salvador et al., 2024). En raison de son déclin marqué et de sa vulnérabilité, le Pélobate cultripède a été choisi comme espèce phare de cette étude.

### 3. Sélection des mares

La compilation de plusieurs bases de données a permis d'identifier un peu moins de 300 mares et lavognes sur le site Natura 2000. Les mares ayant déjà accueillies le Pélobate cultripède ont été sélectionnées à partir des données SINP de 1976 à 2024, afin de prospecter l'ensemble du réseau de mares potentiellement utilisé par les individus. Les points d'eau situés dans un rayon de 500 m autour de ces mares ont également été inclus. Cette emprise a été choisie comme compromis entre l'écologie de l'espèce et les contraintes temporelles de l'étude.

Dans une démarche complémentaire de restauration des mares à intérêts écologiques, les mares ayant déjà accueilli le Triton marbré (*Triturus marmoratus*) ainsi que celles situées dans un rayon de 500 m autour ont également été intégrées. Cet urodèle est une espèce patrimoniale sur le site du Larzac. De plus, la France joue un rôle important dans sa conservation puisqu'elle concentre les deux tiers de sa répartition (Geniez & Cheylan, 2012).

Les propriétaires des mares et lavognes ont ensuite été contactés afin d'obtenir leur autorisation pour y accéder.

## 4. Actualisation des données de *Pelobates cultripes* et inventaire des amphibiens

### Mares à enjeu Pélobate cultripède

Ces mares ont fait l'objet d'un inventaire amphibien avec trois passages de terrain, afin d'augmenter la probabilité de détection, comme recommandé par les protocoles amphibiens tels que POPamphibien. Cependant, et comme le souligne Priol (2015), les protocoles amphibiens nationaux ne sont pas toujours adaptés à toutes les espèces ou à toutes les régions ; ce n'est par exemple pas le cas pour le Pélobate. Les périodes de passage ont donc été adaptées.

Ainsi, un premier passage nocturne a été réalisé en avril afin de détecter les adultes à vue et au chant, ainsi que les premières pontes. Les têtards des espèces précoce ou issus des pontes automnales ont également pu être identifiés à vue.

En mai, un passage diurne a été effectué pour rechercher les pontes et les têtards, une épuisette a été utilisée afin de faciliter l'identification.

Enfin, un dernier passage nocturne a été réalisé en juin, pendant la période post-reproduction, période durant laquelle les individus se cachent en journée mais sortent la nuit pour se nourrir. Priol (2015) souligne que lors de cette phase, les individus peuvent être facilement détectés dans les milieux ouverts en conditions météorologiques favorables, à savoir une humidité de l'air supérieure à 70 % et une température minimale de 15 °C. Ce passage visait à détecter les individus adultes ou juvéniles de Pélobate cultripède, ainsi que d'autres espèces en milieu terrestre, dans un rayon d'environ 300 mètres autour des mares. Les soirées de prospection ont donc été organisées, autant que possible, lors des nuits chaudes et humides.

### Mares à enjeu Triton marbré

Ces mares ont fait l'objet d'un inventaire diurne lors du passage consacré à l'évaluation de leur état de conservation (cf. 5. Indice de l'état de conservation des mares à amphibiens). A cette occasion, les adultes, les pontes et les têtards d'amphibiens ont été recherchés.

### Protocole sanitaire

Le protocole d'hygiène pour le contrôle des maladies des amphibiens dans la nature du Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive de Montpellier (Miaud C., 2014) a été appliqué. Ainsi, le matériel et les bottes ont été nettoyés, à l'aide d'un pulvérisateur, avec une solution de Virkon à 1%.

## 5. Indice de l'état de conservation des mares à amphibiens

L'IECMA, indice de l'état de conservation des mares pour les amphibiens, conçu par Maillet et al. en 2017, est un outil qui s'appuie sur plusieurs critères écologiques et fonctionnels pour évaluer la capacité d'accueil d'une pièce d'eau pour les amphibiens. Initialement développé pour deux espèces de tritons, l'IECMA a été adapté au contexte méditerranéen par Renet et al. en 2024, dans un objectif de conservation du Pélobate cultripède. Il a ensuite été repris par Leïla Devanne en 2024 pour orienter les mesures de restauration en faveur du Pélobate cultripède et du Triton marbré sur le territoire du Parc naturel régional des Grands Causses. En attribuant une note de 0, 2 ou 5 à chaque critère, l'IECMA met en évidence les facteurs défavorables à l'état écologique de la mare.

Le PRAM, programme d'action régional en faveur des mares, met à disposition un formulaire accessible par les associations, les collectivités et les bénévoles. Il s'agit donc d'un outil participatif qui a pour objectif d'améliorer les connaissances des mares sur le territoire. L'ensemble des informations relevées par le formulaire PRAM est présenté en annexe 1.

Nous avons donc utilisé cet outil, qui permet de relever un certain nombre de critères pris en compte dans l'IECMA (en bleu dans le Tableau 1), pendant le mois de mai, à l'occasion du second passage d'inventaire des amphibiens. D'autres critères de l'IECMA nécessitaient une analyse cartographique sous QGIS (version 3.34.15) (en jaune dans le Tableau 1). Les outils « zone tampon » et « ligne la plus courte entre deux entités » ont donc été utilisés.

Nous avons fait le choix de conserver autant que possible les critères et les seuils choisis par Leïla Devanne dans son étude sur le PNR des Grands Causses, pour permettre une meilleure cohésion dans la gestion des réseaux de mares adjacents. Toutefois, certains ajustements ont été apportés. Nous avons choisi de retenir la hauteur d'eau en mai plutôt que la profondeur de la mare, afin de considérer la capacité de la mare à retenir l'eau et pas seulement sa capacité d'eau théorique (Jullian, 2010). La fermeture de la mare par son embroussaillement a également été prise en compte dans la note. La présentation de l'ensemble des critères, extrait du rapport sur l'état de conservation et la restauration des mares et lavognes sur le Causse du Larzac, se trouve en annexe 2.

Critères	Très favorable (5 pts)	Favorable (2 pts)	Défavorable (0 pts)
Superficie	Entre 50 m <sup>2</sup> et 500 m <sup>2</sup>	Entre 10 et 50 m <sup>2</sup> et > 500 m <sup>2</sup>	< 10 m <sup>2</sup>
Hauteur d'eau en mai	≥ 20 cm	-	< 20 cm
Turbidité	Limpide	Trouble	Opaque
Nature du fond	Terre, argile ou matériau naturel	Béton ou dalle de lauze	Bâche plastique
% de berge en pente douce (<30°)	> 50 % du périmètre	< 50 % du périmètre	0
Stade d'évolution	Stade 2	Stade 1 ou stade 3	Stade 4
Recouvrement en hélophytes	25 à 50%	< 25 % ou 50 à 75 %	> 75 %
Recouvrement en hydrophytes	50 à 75% ou > 75%	25 à 50 %	< 25 %
Fermeture de la mare (embroussaillement des berges)	0 à 25 %	25 à 75 %	75 à 100 %
Plantes exotiques envahissantes (PEE)	Absence	-	Avérée ou probable
Présence de poissons	Absence	-	Avérée ou probable
Piétinement par la faune sauvage et/ou le bétail	Absent	Partiel ou localisé	Général
Pollution chimique ou organique visible	Absence	Probable	Avérée
Contexte local de la mare	Zone humide, prairie, garrigue, lande, bosquet- fourrés, bois de feuillus	Terres arables, jardins, bois de résineux, culture	Zone urbanisée ou semi-urbanisée, infrastructure de transports
Distance à la pièce d'eau la plus proche	< 250 m	250 à 500 m	> 500 m
Nombre de pièces d'eau à moins de 500 m	>/= 2	1	0
Distance avec un site terrestre potentiel	< 250 m	250 à 500 m	> 500 m
Contiguïté d'un corridor	< 100 m	100 à 300 m	> 300 m
Zone potentielle d'écrasement d'amphibiens à moins de 250 m	Absence de route ou de bitume	Route bitumée peu passante	Route passante et autoroute

**Tableau 1 : Tableau des critères retenus pour l'IECMA réalisé en mai et points de favorabilité associés aux seuils (critères relevés avec le PRAM en bleu et critères relevés par analyse cartographique en jaune)**

### **Critères remplis par analyse cartographique**

Des zones tampons de 250 m et 500 m ont été générées autour des mares et ont permis d'identifier la distance et le nombre de points d'eau à proximité de chacune. La présence de corridors et de sites terrestres a également été identifiée avec des zones tampons, par photo-interprétation et reconnaissance sur le terrain. Les distances ont ensuite été reportées dans la table attributaire des mares.

Enfin, la proximité avec les routes a été évaluée à l'aide de l'outil « ligne la plus courte entre deux entités », en croisant la couche mare avec celle des routes (BD Carto 34). Les distances inférieures à 250 m sont conservées et la catégorie de route est identifiée dans la table attributaire de la couche route. Les points associés sont donc directement reportés dans la table attributaire des mares.

### **Calcul de l'IECMA**

L'utilisation du formulaire PRAM a permis de générer un tableau Excel nécessitant quelques ajustements, notamment l'ajout de certaines données. Puis R Studio (version 4.4.3) a été utilisé pour calculer la note IECMA pour l'ensemble des mares, sur un total de 95 points. Cette note, ainsi que les critères classés défavorables, sont ensuite utilisés pour évaluer la favorabilité de la mare à accueillir les amphibiens et définir les besoins en gestion.

Un test de corrélation a été réalisé afin de vérifier l'existence d'une relation entre la note IECMA et la richesse spécifique des mares sur le Causse du Larzac. Pour ne pas biaiser l'analyse, seules les mares visitées trois fois ont été utilisées. En raison du nombre limité de données et des nombreuses égalités de rangs, le Tau de Kendall a été utilisé. L'hypothèse formulée était que les mares avec une note IECMA élevée accueillent une richesse spécifique en amphibiens plus importante.

## **6. Modélisation de la connectivité écologique et des déplacements de *Pelobates cultripes* sur le Causse du Larzac**

La modélisation de la connectivité est réalisée avec l'extension Biodispersal de QGIS et le logiciel Graphab (version 2.8). Ce dernier a été utilisé pour modéliser le déplacement des amphibiens au sein d'un réseau d'habitats sous forme de graphe. Un graphe représente les habitats (ou tâches) reliés entre eux par des « chemins » (ou corridors écologiques) plus ou moins faciles à traverser. Le logiciel utilise une carte d'occupation du sol, où chaque type de milieu s'est vu attribuer un coût de déplacement, pour calculer les chemins de moindres coûts entre les tâches et évaluer la connectivité

globale du paysage. Biodispersal permet de créer une carte d'occupation du sol conforme pour la modélisation sous Graphab et propose un outil de modélisation de la dispersion autour des tâches d'habitats.

Un premier modèle de la connectivité des mares présentes sur le site N2000 a été réalisé, puis la connectivité au sein du réseau de mares à enjeu Pélobate. Ensuite, nous avons utilisé une fonction proposée sur Graphab pour identifier les endroits stratégiques pour la création de nouvelles mares. Ces modèles ont été utilisés pour identifier les zones clés à protéger ou restaurer afin de maintenir les déplacements et la survie des populations d'amphibiens.

### a. Création de la carte d'occupation du sol

Pour commencer, des couches raster de l'occupation du sol (OS) sont réalisées avec l'extension BioDispersal, via la fusion de plusieurs couches d'habitats.

#### Base cartographique

Une cartographie du territoire réalisée par le PNR des Grands Causses (PNR GC) a été utilisée comme base de travail, puis nous avons apporté quelques modifications : certains éléments ont été regroupés afin de réduire le nombre de milieux différents. Également des zones tampons ont été appliquées afin de faire apparaître tous les éléments sur la couche raster finale. Les milieux et leur tampon sont présentés dans le Tableau 2, qui synthétise les éléments de la carte d'OS.

#### Eléments complémentaires

Quelques éléments paysagers ont été ajoutés via Géoportail. La **BD Carto (D34)** a permis de classer les routes selon leur importance. On a distingué 4 types : l'autoroute, les routes majeures très passantes, les routes mineures peu passantes, et les chemins et sentiers non bitumés. La **BD Topo (D34)** a permis d'ajouter les linéaires de haies et les cours d'eau temporaires sur le territoire. Une couche polygone des mares a également été générée.

L'ensemble des occupations a été corrigé par photo-interprétation lorsque cela a été nécessaire, et des tampons ont été appliqués pour les mêmes raisons que précédemment.

#### Rastérisation et fusion

Les étapes suivantes de Biodispersal consistent à rasteriser les couches puis à les fusionner. Avant cette dernière étape, une attention particulière est portée sur l'ordre de superposition des couches.

Une précision de 5 m a été choisie pour le raster, soit un pixel = 25 m<sup>2</sup>. Chaque pixel correspond au type de milieu majoritairement présent sur les 25 m<sup>2</sup>.

### Carte de frictions

Les frictions des pixels reflètent la perméabilité des milieux pour l'espèce ciblée. Leur attribution s'appuie donc sur les exigences connues de l'espèce à partir de la bibliographie et des connaissances du terrain. Nous avons également pris contact avec deux experts qui étudient le Pélobate cultripède, Pauline Priol et Jean-Marc Thirion, afin d'obtenir leurs avis et retour sur leurs observations personnelles de terrain.

Les frictions les plus faibles correspondent aux milieux ouverts (Grillas et al., 2004), favorables à la dispersion du Pélobate, et les frictions les plus élevées aux zones défavorables, comme l'autoroute représentant une barrière à sa dispersion. Les zones de sol nu sans végétation offrant donc peu de nourriture (Priol, 2015), ou présentant des risques d'écrasement, ont également été jugées peu favorables. Enfin, les milieux faiblement arborés ou cultivés ont un coefficient de frictions plutôt faible. Le Tableau 2 présente les frictions attribuées aux pixels selon leurs classes d'habitats.

Classes d'habitats (tampon)	Description	Sources	Friction/pixel
Mares	Points d'eau	Compilation	1
Cours d'eau temporaire (2,5 m)	Cours d'eau asséché	BD Topo D34	1
Pelouses et friches herbacées	Zones herbacées	PNR GC	1
Arbuste épars	Zones herbacées et d'arbustes dispersés	PNR GC	1
Haies (3 m)	Linéaires arbustifs	BD Topo D34	2
Sentiers et chemins (2,5 m)	Chemins non bitumés	BD Carto D34	2
Terres arables et cultivées	Zone de culture, prairie	PNR GC	2
Forêts ouvertes	Milieux arborés ou arbustifs ouverts	PNR GC	2
Lisières forestières (10 m)	Limites forestières	PNR GC	2
Forêts fermées	Milieux arborés ou arbustifs fermés	PNR GC	5
Zones d'érosion peu végétalisées	Zones à roche apparente	PNR GC	5
Routes mineures (3 m)	Routes peu fréquentées	BD Carto D34	5
Routes majeures (4 m)	Routes très fréquentées	BD Carto D34	25
Zones anthropiques non bâties	Parking, place	PNR GC	100
Zones bâties (1 m)	Bâtiments	PNR GC	200
Autoroute (10 m)	A75	BD Carto D34	200

**Tableau 2 : Synthèse de la création de la carte d'OS (habitats, sources et coefficients de friction)**

La carte créée est ensuite utilisée comme matrice paysagère dans la modélisation sous Graphab.

## b. Modélisation de la connectivité écologique sous Graphab

La connectivité du territoire est modélisée à partir des données de perméabilité du milieu et des capacités de déplacement des espèces. Dans le cadre de cette étude, ce sont les exigences écologiques du Pélobate cultripède, choisi comme espèce phare, qui ont été utilisées pour la modélisation, bien que la démarche bénéficie à l'ensemble des amphibiens.

### Choix des paramètres du modèle

La distance de dispersion utilisée dans la modélisation a été définie à partir des connaissances disponibles sur le Pélobate cultripède. Les adultes de cette espèce sont généralement fidèles à leur site de reproduction et se déplacent peu entre les mares. La dispersion est donc principalement assurée par les jeunes individus, mais le manque d'études sur leurs déplacements ne permet pas d'estimer avec certitude leur distance de dispersion.

Pour le Pélobate cultripède, la majorité des individus est retrouvée dans un rayon de 300 m autour de leur mare de reproduction (Priol, 2015). Plusieurs travaux menés en zone méditerranéenne rapportent une distance maximale rarement supérieure à 700 m (Sanchez-Montes et al., 2017 ; Gutiérrez-Rodriguez et al., 2017 ; Reyes-moya et al., 2022 ; Martinez-Gil et al., 2023 ; Renet et al., 2024). Cette distance a donc été retenue pour la modélisation.

Dans Graphab, cette distance est traduite en coût de déplacement. Dans notre cas (résolution de 5m et friction minimale de 1), la distance de dispersion de 700 m correspond à 140 unités de coût.

Le paramètre  $p$  correspond à la probabilité de déplacement entre deux tâches pour la distance choisie. Nous avons utilisé la valeur de  $p = 0,05$ , signifiant que la distance choisie correspond à la distance maximale de l'espèce et que 95 % des déplacements sont inférieurs à cette distance. Les 5 % restants représentent la part d'incertitude et les déplacements extrêmes de certains individus (Clauzel et al., 2020).

### Les métriques de connectivités

Les métriques correspondent à des formules mathématiques et permettent de quantifier l'importance des éléments au sein d'un graphe. Nous avons utilisé deux métriques : probability of connectivity (PC) et delta probability of connectivity (dPC).

La probabilité de connectivité (PC) est une métrique globale qui calcule la connectivité à l'échelle du graphe. La valeur obtenue correspond à la probabilité que deux individus tirés au hasard dans la

zone d'étude se rencontrent (Saura & Pascual-Hortal, 2007). Cette métrique est calculée avec la formule suivante :

Avec :

$$PC = \frac{1}{A^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j e^{-\alpha d_{ij}}$$

$A$  : Surface de la zone d'étude

$a_i$  : Capacité de la tâche  $i$

$d_{ij}$  : Distance de moindre coût entre les tâches  $i$  et  $j$

$\alpha$  : Frein de la distance vis-à-vis des déplacements

$e^{-\alpha d_{ij}}$  : Probabilité de déplacement entre les tâches  $i$  et  $j$

Les fractions de delta probabilité de connectivité (dPC) est une delta-métrique locale. Elle permet de calculer l'importance relative de chaque élément du graphe (lien ou patch) en mesurant le taux de variation engendré par sa suppression (Saura & Rubio, 2010). Pour le patch  $i$ , elle correspond à la somme de trois valeurs :

$dPCarea$  : variation due à la perte de surface (ou capacité) de la tâche  $i$

$dPCflux$  : variation due à la perte des interactions entre la tâche  $i$  et les autres tâches

$dPCconnector$  : variation due à la modification des chemins reliant les autres tâches et passant initialement par  $i$

Dans le cas d'un lien, seule la valeur de  $dPCconnector$  est considérée.

Une valeur de capacité identique a été attribuée aux tâches d'habitat. L'objectif était ici de considérer l'importance des mares selon leur position au sein du réseau.

### c. Modélisation des zones de dispersion pour *P. cultripes*

La modélisation sous Graphab nous a permis d'identifier les sous-réseaux de mares connectées selon les capacités de déplacement du Pélobate. Afin de représenter visuellement les sous-réseaux dits fonctionnels, définis ici comme des ensembles d'au moins cinq mares, nous avons utilisé la fonction « Dispersion » dans l'extension Biodispersal de QGIS.

Cette fonction génère autour de chaque point d'eau une zone théorique de déplacement à partir de la carte de friction et de la distance maximale de dispersion (en coût de déplacement). Ces zones correspondent à l'aire potentiellement accessible par un individu depuis la mare et permettent de visualiser les groupes de mares théoriquement connectés. Cette analyse a été réalisée sur un

périmètre restreint (2 km autour des données historiques de Pélobate) afin de concentrer l'analyse sur les secteurs prioritaires pour les éventuelles actions de conservation.

#### d. Création de nouveaux habitats

Dans le prolongement de la précédente analyse, nous avons utilisé la fonction « ajout de tâche » dans Graphab afin d'identifier les secteurs les plus pertinents pour la création de nouvelles mares.

Cette analyse teste chaque pixel, sur une grille de résolution 25 m, l'ajout théorique d'un nouveau patch d'habitat et mesure le gain de connectivité associé. La métrique PC a été utilisée pour évaluer l'impact global de chaque ajout sur le réseau. Seuls les résultats portant sur les secteurs accueillant le Pélobate cultripède en 2025 seront présentés ici, dans une logique de conservation ciblée de l'espèce.

### 1. Méthodologie de hiérarchisation des mares

Enfin, nous avons combiné les résultats des différentes approches présentées précédemment : enjeu écologique, état de conservation des mares, connectivité et l'approche du dire d'expert (nature des travaux) afin de définir une priorisation des interventions visant à maximiser l'efficacité écologique des actions à mener sur les mares du Causse du Larzac.

#### a. Les enjeux écologiques

Les enjeux écologiques des mares (Tableau 3) ont été hiérarchisés en fonction de la valeur patrimoniale des espèces présentes et de la connectivité du réseau. Pour déterminer les enjeux faunistiques, nous nous sommes appuyés sur les données de présence actuelle et passée des amphibiens, puisque le protocole d'inventaire est principalement orienté sur la détection de *Pelobates cultripes*. L'effort de prospection étant inégal, les anciennes données, sur dix ans, permettent également de compléter l'évaluation du cortège d'amphibiens potentiellement présent.

Enjeux écologiques	Description des enjeux faunistiques et de connectivité
Très fort	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présence du Pélobate cultripède en 2025</li> <li>- Et/ou connexion directe avec une mare accueillant le P. cultripède en 2025</li> </ul>
Fort	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présence du P. cultripède entre 2015 et 2024</li> <li>- Et/ou mare en sous-réseau avec une mare à P. cultripède sans connexion directe en 2025</li> <li>- Et/ou présence du Triton marbré entre 2015 et 2025</li> </ul>
Modéré	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présence de l'Alyte accoucheur entre 2015 et 2025</li> <li>- Et/ou connexion avec une mare accueillant le T. marbré en 2025</li> <li>- Et/ou présence des cinq espèces du cortège d'espèces communes sur ces dix dernières années</li> </ul>
Faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ne rentre dans aucune des autres catégories</li> </ul>

**Tableau 3 : Tableau de détermination des enjeux écologiques sur les mares du Larzac**

Le CEN Occitanie a classé les espèces d'amphibiens selon un indice de sensibilité sur 3 pour la région (CEN Occitanie, 2024). Leur présence dans la mare a ainsi attribué l'enjeu écologique : modéré pour *A. obstetricans* (sensibilité 1), fort pour *T. marmoratus* (sensibilité 2) et très fort pour *P. cultripes* (sensibilité 3). Etant donné que le Pélobate est une espèce à faible taux de détectabilité (exigences météorologiques), les données sur 10 ans ont été prises en compte, mais l'effort d'inventaire réalisé cette année a permis de confirmer la présence de l'espèce sur certaines mares pour lesquelles un enjeu plus important a été attribué. Un enjeu fort est donc attribué aux mares avec des données de l'espèce datant de 2015 à 2024.

Les espèces communes (Rainette méridionale, Pélodyte ponctué, Crapaud calamite, Crapaud épineux et Triton palmé) n'ont pas de note de sensibilité en Occitanie. Un enjeu modéré est donc attribué aux mares ayant accueilli l'ensemble du cortège entre 2015 et 2025.

Les enjeux de connectivité sont, quant à eux, basés sur les résultats obtenus après la modélisation Graphab. Un intérêt particulier a été attribué aux mares identifiées comme connectées avec un réseau abritant le Pélobate cultripède et le Triton marbré en 2025.

### b. Les besoins en gestion

Les besoins en gestion (Tableau 4) ont été déterminés selon deux critères : la complexité des travaux et le gain écologique attendu. Cette approche permet de prioriser les mares en mauvais

état de conservation, basée sur les résultats de l'IECMA, en tenant compte de la faisabilité technique des interventions, basée sur le dire d'expert.

Besoins en gestion	Complexité des travaux et plus-value écologique
<b>Besoin fort et mesure simple</b>	Travaux simples à mettre en œuvre avec un fort gain écologique, mare en mauvais état de conservation ou signes de dégradations visibles
<b>Besoin fort et mesure complexe</b>	Travaux compliqués à mettre en œuvre avec un fort gain écologique, mare en mauvais état de conservation ou signes de dégradations visibles
<b>Besoin modéré</b>	Besoin en gestion modéré, les coûts et bénéfices des actions doivent être mesurés
<b>Besoin faible</b>	Besoin en gestion faible, la mare ne présente aucun signe de dysfonctionnement

*Tableau 4 : Tableau de détermination des besoins en gestion sur les mares du Larzac (Lépine & Demay, 2017)*

### c. Priorisation de la gestion sur les mares du Causse du Larzac

Le Tableau 5 croise les enjeux écologiques et les besoins en gestion afin d'attribuer à chaque mare prospectée une note de priorité, de 1 (forte priorité) à 7 (faible priorité).

Priorisation		Enjeux écologiques			
		Très fort	Fort	Modéré	Faible
<b>Besoins en gestion</b>	Besoin fort et mesure simple	1	2	3	4
	Besoin fort et mesure complexe	2	3	4	5
	Besoin modéré	3	4	5	6
	Besoin faible	4	5	6	7

*Tableau 5 : Tableau de détermination de la priorité de gestion sur les mares du Larzac (Lépine & Demay, 2017)*

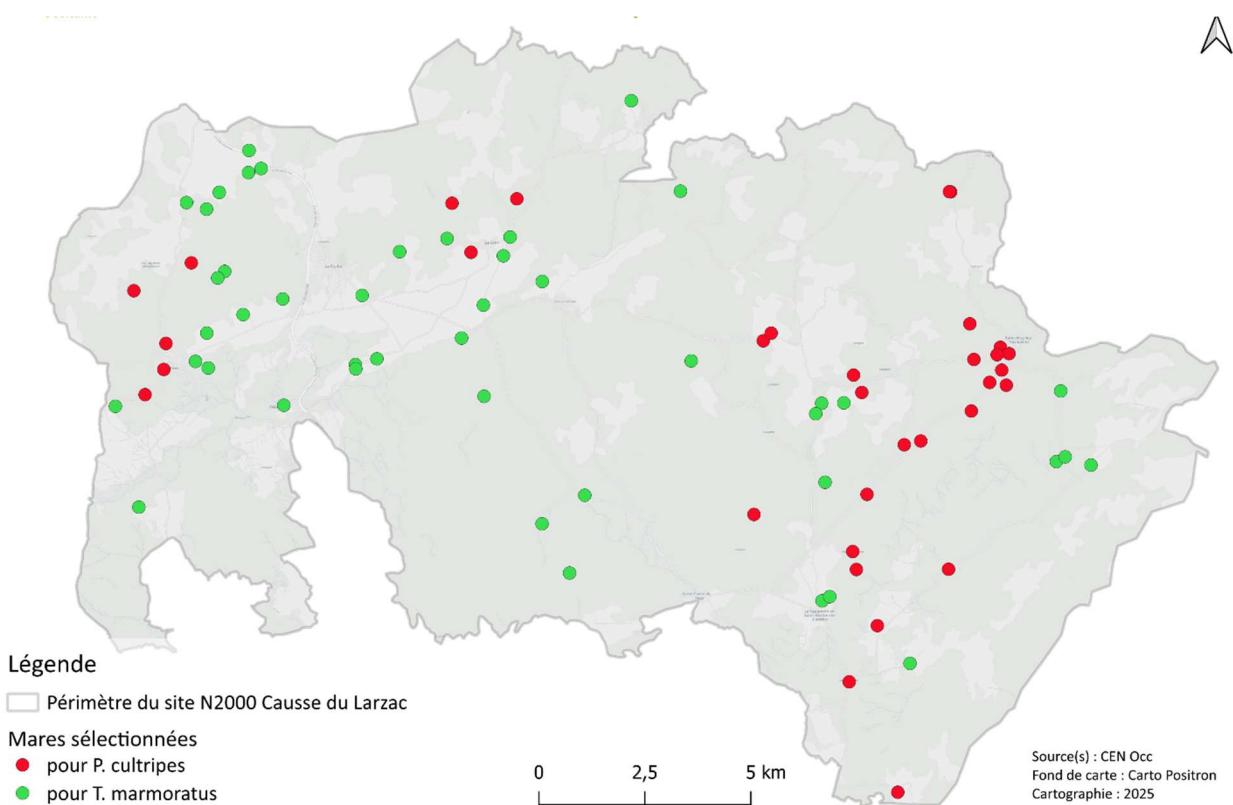
Une fiche de synthèse par mare a été élaborée afin de présenter les caractéristiques biologiques et fonctionnelles de chacune, ainsi que des propositions de gestion adaptées.

## III- Résultats

### 1. La sélection des mares

La sélection des mares a permis d'en retenir 97 sur le site Natura 2000 du Causse du Larzac : 29 avec des données historiques de Pélobate cultripède, 62 de Triton marbré, et 26 situées dans un rayon de 500 m autour de ces mares. Certaines mares ont été retenues pour les deux espèces.

Cinq n'ont pas pu être prospectées faute d'autorisation des propriétaires et quatorze autres ont été retirées suite aux vérifications de terrain, car aucune mare n'a été retrouvée aux coordonnées initialement indiquées. L'effectif final s'élève donc à 78 mares (Figure 2).



**Figure 2 : Localisation des mares prospectées en 2025 selon les répartitions historiques de *P. cultripes* et *T. marmoratus***

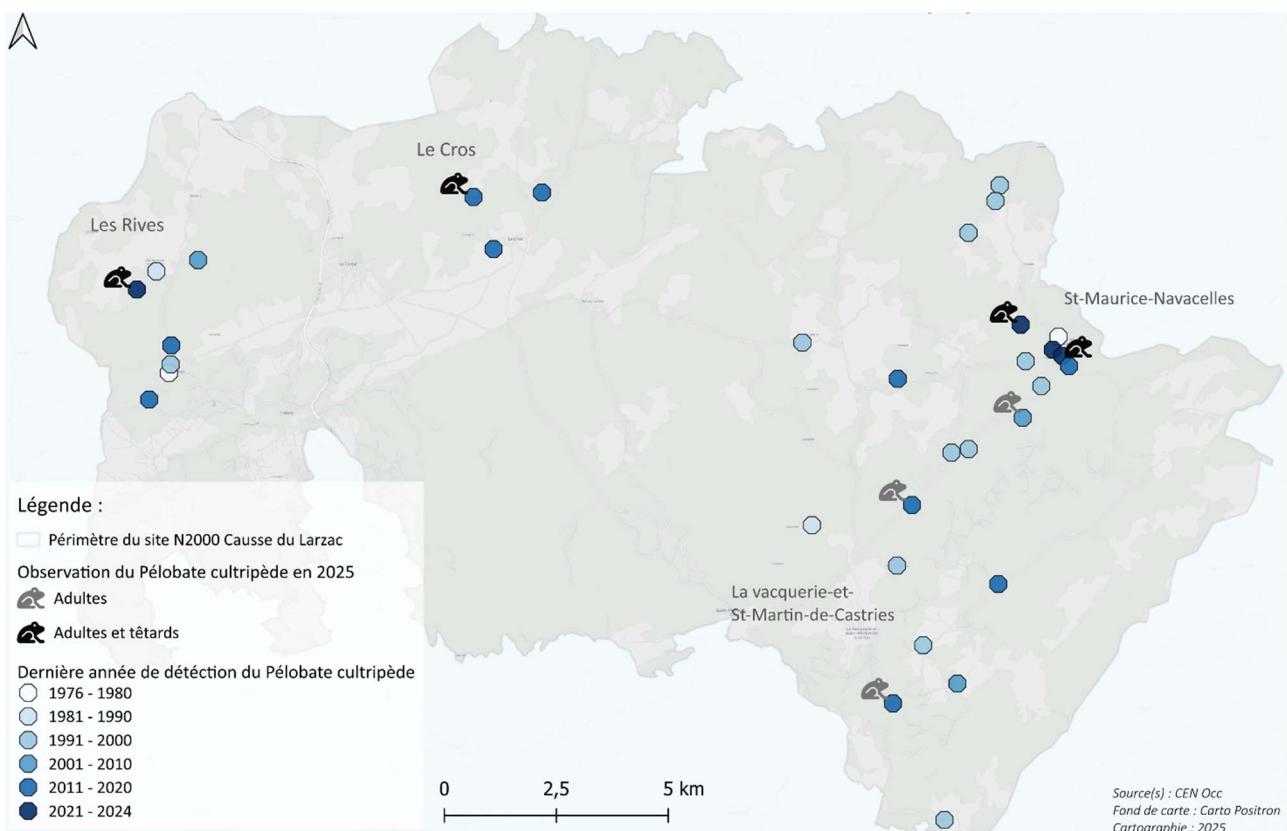
### 2. Le Pélobate cultripède sur le Causse du Larzac héraultais

Nous avons retenu la donnée la plus récente connue sur les secteurs où *P. cultripes* a déjà été contacté afin de représenter l'évolution de sa répartition sur le site. Ainsi, pour deux secteurs, la dernière observation remonte à 1976 ; dans deux autres, elle est comprise entre 1981 et 1990. Douze secteurs présentent une dernière donnée entre 1991 et 2000, trois entre 2001 et 2010, dix

entre 2011 et 2020, et seulement quatre après 2021. Certains de ces secteurs ne présentent aujourd’hui plus de mare.

Les trois passages d’inventaire amphibiens réalisés sur les 29 mares encore existantes, où l’espèce avait déjà été observée, ont confirmé la présence d’individus adultes sur sept d’entre elles (Figure 3). Sur trois de ces mares, l’espèce n’avait pas été contactée depuis plusieurs années, la plus ancienne observation remontant à 2006 sur la commune de Saint-Maurice-Navacelles et les plus récentes à 2024 sur les communes des Rives et de Saint-Maurice-Navacelles.

La reproduction a été confirmée sur quatre mares par la présence de ponte et/ou de têtards. Sur le Larzac, la reproduction du Pélobate cultripède n’avait pas été observée depuis quatre ans, mais l’absence de suivi régulier de certaines mares ne permet pas de d'affirmer qu'elle n'avait pas lieu. Deux mares font l'objet d'un suivi post-travaux sur la commune de Saint-Maurice-Navacelles suite aux interventions de restauration du CEN Occitanie : désemboisonnement en 2023 pour l'une, et désemboisonnement avec arrachage de la Jussie rampante en 2024 pour l'autre. Des adultes y ont été observés respectivement en 2024 et 2023, mais c'est seulement ce printemps 2025 que la présence de têtards a été confirmée.



**Figure 3 : Répartition passée et actuelle (2025) du Pélobate cultripède sur le Causse du Larzac (34)**

Concernant les mares sélectionnées dans un rayon de 500 m autour d'une donnée historique de Pélobate, aucun signe de colonisation n'a été détecté.

### 3. L'inventaire amphibiens

Trente-trois mares du site, ciblées pour le Pélobate, ont été prospectées à trois reprises, tandis que quarante-cinq mares, ciblées pour le Triton, ont fait l'objet d'un seul passage en 2025. Ces inventaires ont permis de confirmer la présence des dix espèces d'amphibiens déjà connues sur la zone d'étude. La richesse spécifique par mare variait de 0 à 8 espèces.

La fréquence d'observation varie fortement selon les espèces. Les plus répandues (présentent dans plus de 65 % des mares) sont le Triton palmé (*Lissotriton helveticus*) et le complexe des grenouilles vertes (*Pelophylax sp.*). Le Triton marbré (*Triturus marmoratus*), la Rainette méridionale (*Hyla meridionalis*) et le Pélobute ponctué (*Pelodytes ponctatus*) ont été contactés dans près de 50 % des mares. À l'inverse, certaines espèces ont été retrouvées de manière plus localisée. L'Alyte accoucheur (*Alytes obstetricans*), le Crapaud calamite (*Epidalea calamita*), le Crapaud épineux (*Bufo spinosus*), le Pélobate cultripède (*Pelobates cultripes*) et le Triton alpeste (*Ichthysaura alpestris*) ont été observés dans moins de 26 % des mares.

### 4. L'état de conservation des mares sur le Causse du Larzac héraultais

Afin d'analyser la qualité des habitats utilisés par ces espèces, nous avons évalué leur état de conservation avec l'indice de l'état de conservation des mares à amphibiens (IECMA).

L'utilisation de l'IECMA a permis d'attribuer une note, comprise entre 0 et 95, aux soixante-dix-huit mares prospectées sur le Causse du Larzac. La Figure 4 présente la répartition du nombre de mares par classe de note : la note minimale obtenue étant 47 et la note maximale 89.

La distribution des notes montre que près de la moitié des mares présente un état de conservation favorable, avec des notes comprises entre 65 et 75. Vingt mares obtiennent une note supérieure à 75, traduisant une bonne qualité de

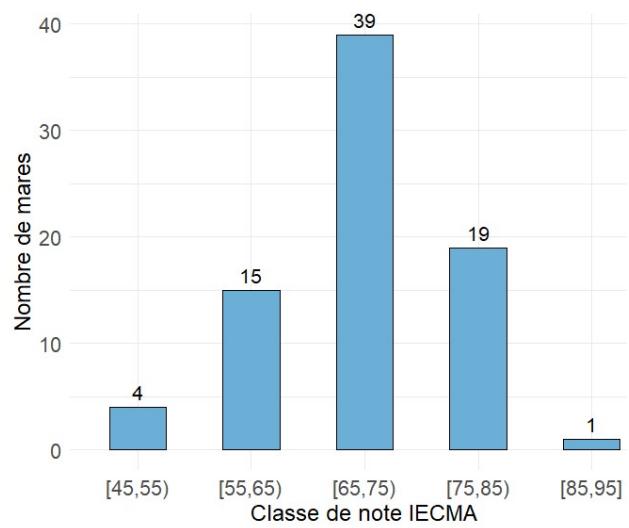
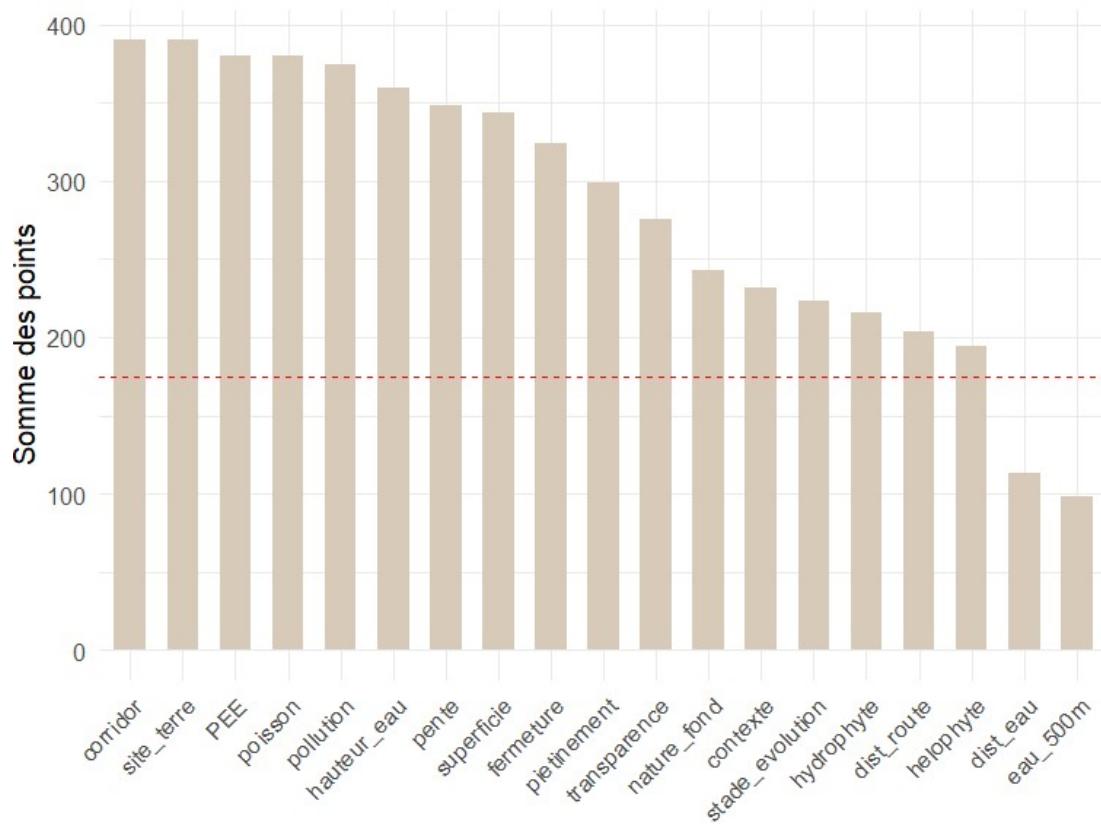


Figure 4 : Fréquence des notes IECMA attribuées aux mares

neuf mares ont des notes inférieures à 65, reflétant un état écologique moins optimal pour les accueillir. Les mares où *P. cultripes* a déjà été contacté par le passé présentent des notes IECMA comprises entre 51 et 80.

Les points par critères ont été additionnés (Figure 5) afin d'identifier ceux qui ont une meilleure note à l'échelle du site. Les critères les mieux notés atteignent la somme maximale de 390 points et apparaissent à gauche sur le graphique. La ligne en pointillé rouge correspond à la moitié du score total, soit 195. Une somme des points inférieure ou proche de ce seuil signifie que le critère est, de manière générale, faiblement noté sur les mares étudiées.



**Figure 5 : Contribution des critères à l'IECMA**

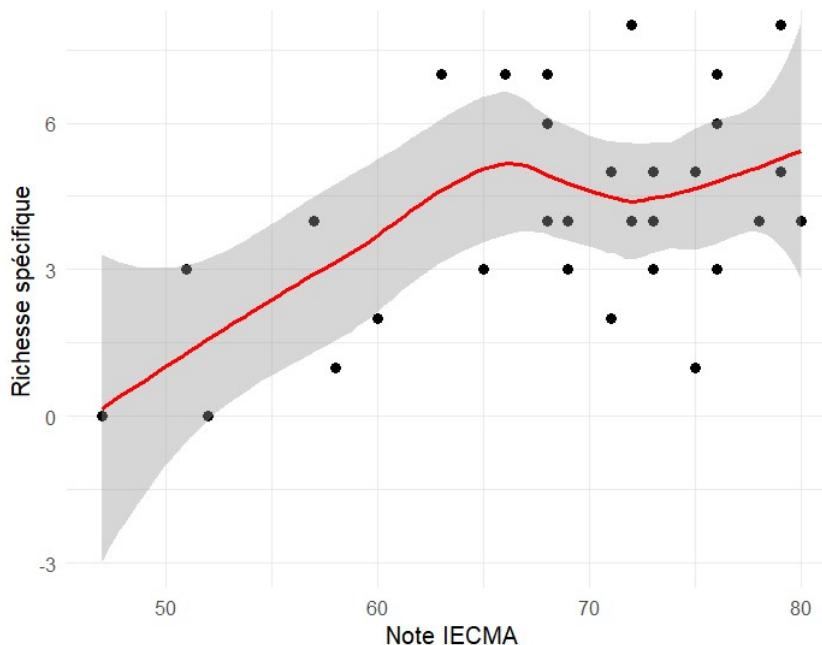
La présence de corridors et de sites terrestres favorables à proximité des mares sont apparues comme les critères les mieux notés. En revanche, le contexte local obtient des scores plus faibles. Ce résultat s'explique en partie par la présence de routes, parfois très proches, et donc prises en compte dans le contexte local. De plus, le critère spécifiquement lié à la présence de routes dans un rayon de 250 m autour de la mare, obtient lui aussi une note totale moyenne.

Pour les critères liés à la végétation aquatique (hélophyte et hydrophyte), la somme des points est proche de 195, indiquant une variation des recouvrements selon les mares. Cette variation est aussi

observée pour les critères de nature du fond et du stade d'évolution. Environ 56 % des mares présentaient un fond en béton ou en pierre, et 3 un fond bâché. Le stade d'évolution varie pour la majorité entre le stade 2 et le stade 3. Les critères de connectivité au sein d'un réseau de mares sont ceux qui contribuent le moins aux notes avec une somme des points inférieure à 150. La somme des points des autres critères est plutôt élevée, la majorité des mares du site ont donc des notes comprises entre 2 et 5 pour ces critères.

Un graphique identique à la figure 5 a été réalisé en considérant uniquement les mares avec une donnée historique de Pélobate. Plusieurs pressions sont relevées : la présence d'une plante exotique envahissante (Jussie rampante), la présence de poissons ainsi qu'un piétinement sur certaines mares. Les cinq critères les plus défavorables sont similaires à ceux identifiés précédemment : absence d'autres points d'eau à proximité, présence d'une route et faible développement de la végétation aquatique.

Le tau de Kendall, appliqué aux mares avec un inventaire complet (trois passages), montre une relation positive ( $\tau = 0,27$ ) et significative ( $p\text{-value} < 0,05$ ) entre la note IECMA et la richesse spécifique par mare. La figure 6 met en évidence une tendance générale positive entre la note IECMA et la richesse spécifique des mares. Toutefois, la dispersion des points suggère une variabilité du nombre d'espèces sur les mares les mieux notées.



**Figure 6 :** Relation entre la note IECMA des mares et la richesse spécifique en amphibiens

## 5. Connectivité écologique des mares sur le Causse du Larzac pour les amphibiens

### a. Connectivité du site et zones de dispersion de *P. cultripes*

La modélisation des chemins de moindre coût ne met en évidence que 93 liens pour 252 tâches (Figure 7). Ces chemins sont colorés selon la proportion de la capacité de dispersion utilisée. Les liens verts correspondent à ceux qui demandent un coût faible pour les amphibiens (0 à 25 % de la capacité de dispersion), en termes de distance à parcourir et de milieux à traverser. À l'inverse, les liens rouges sont proches de la limite maximale de dispersion (75 à 100 % de la capacité), traduisant un effort important pour les espèces. Près de 78 % des chemins identifiés correspondent à plus de la moitié de la capacité de l'espèce.

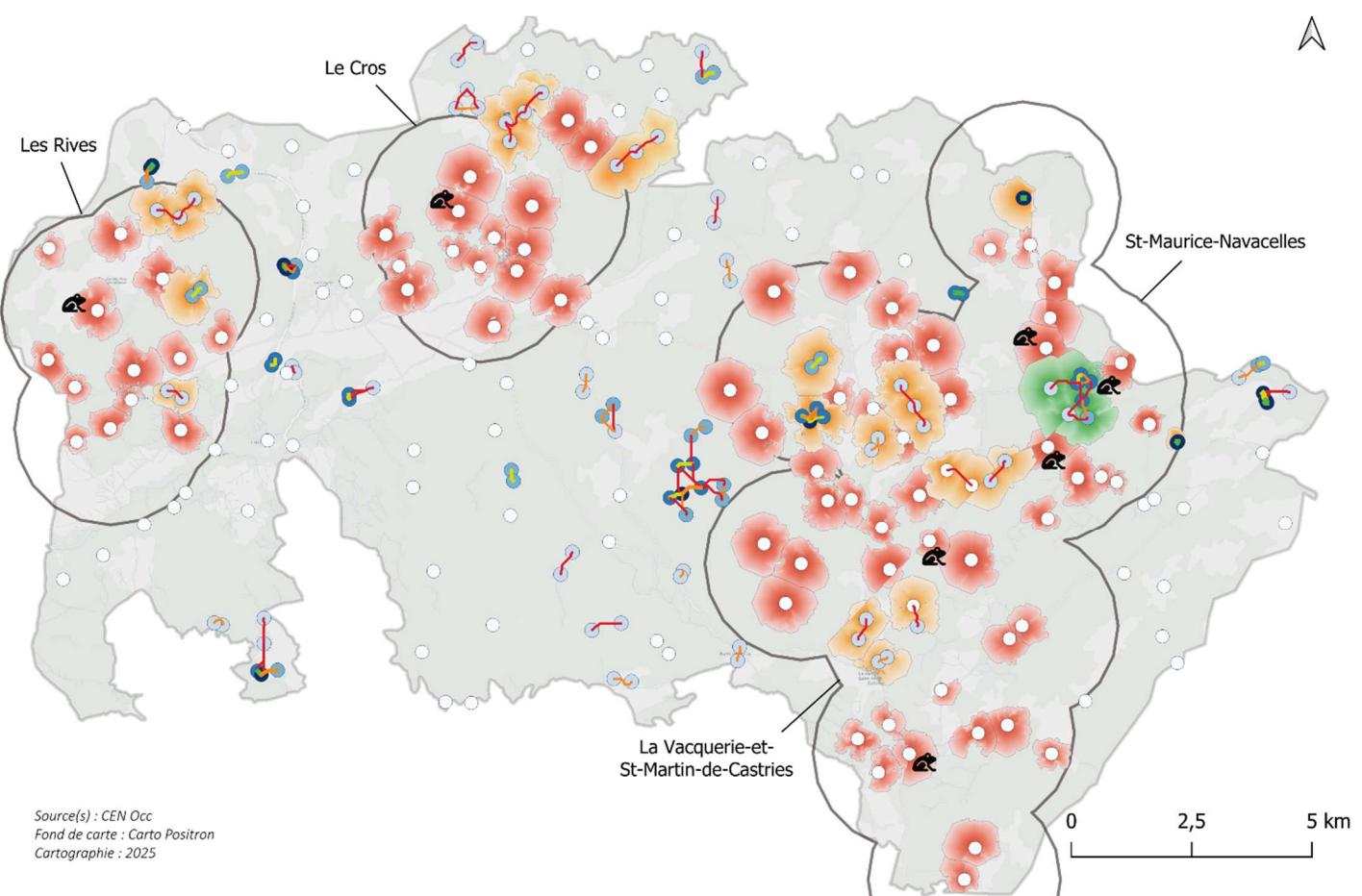
La taille des chemins de moindre coût traduit, quant à elle, les résultats obtenus avec la métrique dPC. Les liens les plus épais représentent les chemins dont la perte impacterait fortement la connectivité globale du site. Les résultats obtenus montrent que, pour la majorité des liens, l'importance au sein du réseau est faible. Les connexions proposées par le modèle ne font ressortir que peu de sous-réseaux, et ces derniers regroupent très rarement plus de deux ou trois mares. Les chemins ressortant comme les plus importants sont majoritairement ceux qui nécessitent des coûts de déplacement moins élevés (liens jaune et vert).

La contribution des mares à la connectivité globale, représentée par des ronds plus ou moins foncés sur la figure 7, varie d'environ 0,35 % à 1,3 %. Seulement 45 % des mares ont une contribution supérieure à 0,387 %. Parmi les 78 mares sélectionnées pour la caractérisation, 36 se trouvent intégrées à un sous-réseau.

Deux sous-réseaux importants ressortent tout de même, l'un à l'est de La Vacquerie-et-Saint-Martin-de-Castries et l'autre sur la commune de Saint-Maurice-Navacelles.

L'analyse de dispersion réalisée avec Biodispersal autour des anciennes données de présence du *P. cultripède* a permis de représenter les aires favorables à ses déplacements en fonction de sa capacité de dispersion et de la perméabilité des milieux pour l'espèce (Figure 7). Cette approche a permis d'identifier les zones de dispersion potentielles autour de chaque mare. Lorsque deux mares se trouvent dans la zone de dispersion l'une de l'autre, elles forment un sous-réseau. Trois catégories de sous-réseaux ont été définies : les sous-réseaux fonctionnels (au moins cinq mares, en vert) sont favorables à la dispersion des juvéniles et à la colonisation de nombreux habitats, les sous-réseaux

dysfonctionnels (deux à quatre mares, en orange) présentant une connectivité partielle et les mares isolées (en rouge) limitant la dispersion vers de nouveaux sites de reproduction. Pour beaucoup de mares, ces zones atteignent la limite maximale de dispersion de l'espèce (700 m), tandis que d'autres présentent une faible zone avec des milieux favorables à la dispersion. Un seul réseau fonctionnel a été identifié sur les secteurs historiques à *P. cultripède*, et il abrite en 2025 une population de Pélobate qui s'est reproduite. Quinze réseaux dysfonctionnels sont également localisés sur l'emprise, mais les données récentes montrent que l'espèce est aujourd'hui présente uniquement sur des mares isolées.



#### Légende

- Périmètre du site N2000 Causse du Larzac
- Périmètre de 2km autour des anciennes données de Pélobate cultripède
- Observation du Pélobate cultripède en 2025

#### Les chemins de moindre coût potentiels

- Capacité de dispersion utilisée
  - 0 à 25%
  - 25 à 50%
  - 50 à 75%
  - 75 à 100%

#### Importance des chemins dans le réseau (dPC)

- Importance des chemins dans le réseau (dPC)
  - Faible
  - Moyen
  - Fort
  - Très fort

#### Les sous-réseaux pour *P. cultripède*

##### Distance de dispersion potentielle (en coûts)

- Sous-réseau fonctionnel ( $\geq 5$  mares)
  - 140
  - 0

- Sous-réseau dysfonctionnel (2 à 4 mares)
  - 140
  - 0

##### Mare isolée

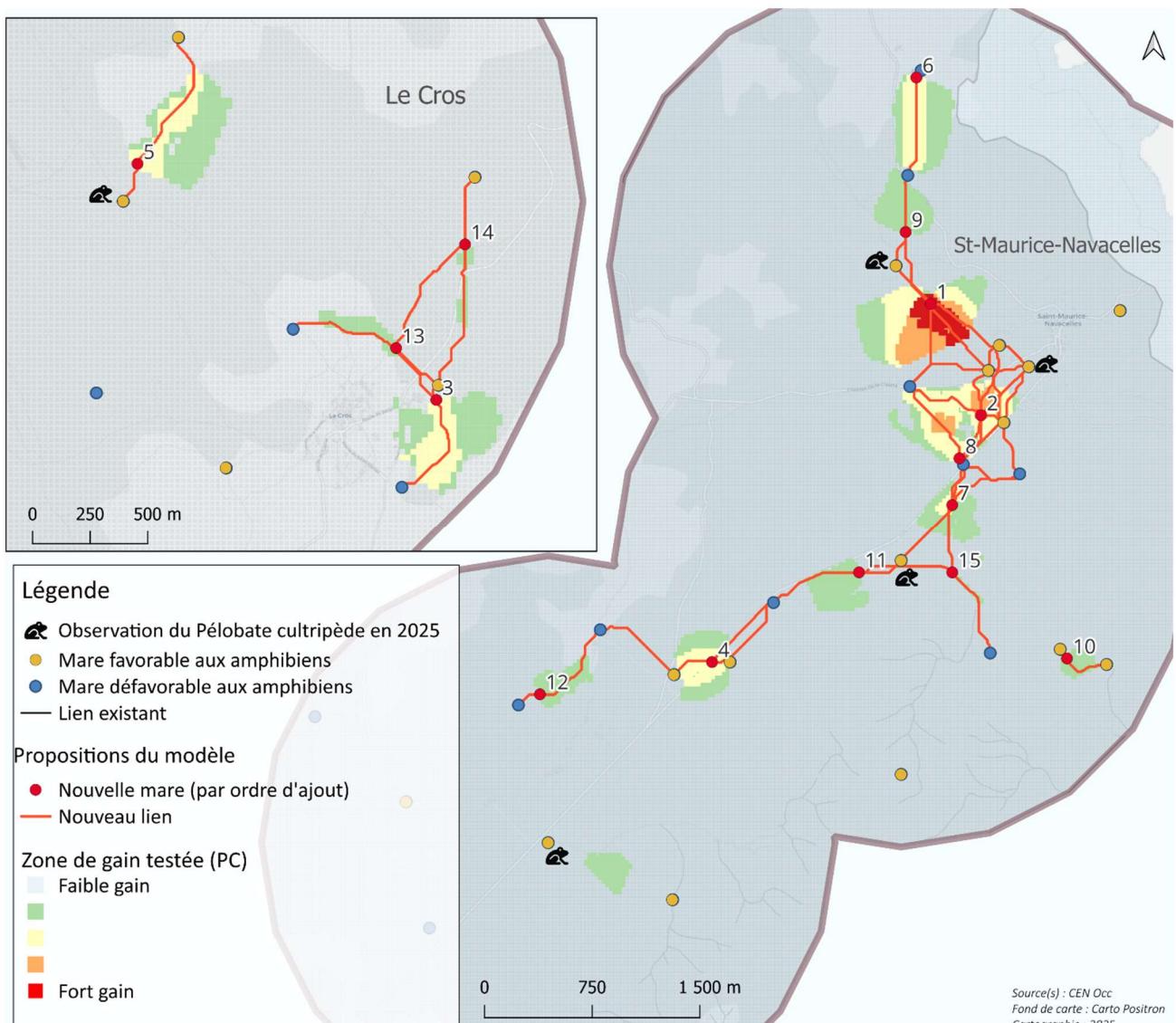
  - 140
  - 0

**Figure 7 : Modélisation de la connectivité d'un réseau de mares sur le Causse du Larzac et fonctionnalité des sous-réseaux pour le Pélobate cultripède**

## b. Renforcement de la connectivité par la création d'habitat

Cette dernière analyse visait à identifier les localisations les plus pertinentes pour créer de nouvelles mares afin d'améliorer la connectivité du réseau existant. Le modèle teste l'ensemble des pixels de la matrice paysagère et produit une carte de chaleur, présentant les gains de connectivité les plus faibles (pixels bleus) aux plus forts (pixels rouges). Les positions optimales sont classées par ordre d'ajout, la mare 1 représentant l'ajout le plus bénéfique pour le réseau.

Deux secteurs se distinguent et sont présentés sur la figure 8 : Le Cros et Saint-Maurice-Navacelles. Ces communes présentent déjà une densité de mares relativement élevée, ce qui facilite le renforcement de leur connectivité.



**Figure 8 : Modélisation de l'ajout de tâches sur les secteurs à Pélobate cultripède en 2025**

Les mares existantes qui présentent des facteurs limitants pour la reproduction des amphibiens (données issues de l'IECMA et d'expertise de terrain) apparaissent en bleu sur la figure 8. Cela permet de prioriser leur restauration avant la création de nouvelles mares.

Quatre sous-réseaux ressortent de l'analyse, dont un issu de la connexion de plusieurs petits sous-réseaux existants. Sur les sept mares occupées par le Pélobate cultripède en 2025, quatre ont pu être reliées à d'autres mares grâce aux ajouts proposés.

- **Le Cros** : la mare n°5 connecterait une mare à *P. cultripède* avec une autre mare favorable, mais non visitée cette année. L'ajout de trois autres mares sur la commune permettrait de former un sous-réseau fonctionnel, mais deux d'entre elles (n°3 et n°13) concernent des mares défavorables et semblent donc non prioritaires.
- **Saint-Maurice-Navacelles** : onze positions sont proposées par le modèle. Dix permettraient de former un sous-réseau important qui favoriserait le déplacement des amphibiens et notamment du Pélobate cultripède présent sur trois des mares. Certaines mares défavorables sont également intégrées dans ce réseau. Au sud de la commune, une zone à faible gain se situe entre une mare à Pélobate et une mare fonctionnelle. Bien que le gain de connectivité globale soit limité, la création d'une mare à cet endroit pourrait avoir un intérêt stratégique pour la population locale de *P. cultripes*.

## 6. Priorisation des interventions sur les mares et lavognes

L'ensemble des résultats précédents a permis d'établir une hiérarchisation des mares étudiées. Les données d'inventaire historiques et de 2025, ainsi que les résultats du modèle de connectivité, ont servi à définir les enjeux écologiques. La prise en compte des éléments défavorables issus de l'IECMA, combinée au dire d'expert, a ensuite permis de définir des préconisations de gestion.

Pour les enjeux écologiques, dix mares présentent un enjeu très fort, trente-trois un enjeu fort, onze un enjeu modéré et vingt-quatre un enjeu faible.

En parallèle, la définition des besoins en gestion indique un besoin en gestion fort avec des mesures simples sur onze mares, un besoin fort avec des mesures complexes sur seize mares. Pour seize mares, le besoin en gestion est modéré et faible pour trente-quatre autres.

Le croisement de ces deux approches n'a permis de faire ressortir aucune mare classée en priorité 1. Cependant, huit mares ressortent en priorité 2 et dix en priorité 3 (Tableau 6). Les soixante mares

restantes ont une note de priorité comprise entre 4 et 7 ; elles ne sont donc pas prioritaires pour la réalisation de travaux de restauration.

Priorité	1	2	3	4	5	6	7
Nombre de mares	0	8	10	10	28	17	5

*Tableau 6 : Nombre de mares par niveau de priorité dans la gestion*

## IV- Discussion

Les inventaires menés en 2025 ont permis de mettre à jour la répartition et l'état de conservation des mares et lavognes sur le Causse du Larzac. Bien que la méthodologie ait ciblé prioritairement les mares connues pour leur intérêt écologique potentiel, plusieurs nouveaux sites favorables aux amphibiens ont été identifiés.

### 1. L'état écologique des mares sur le Causse du Larzac

Le paysage du Larzac, composé de prairies de pâturage, de landes et de bosquets d'arbustes, offre des habitats favorables aux déplacements et à l'hivernation autour des mares, constituant un facteur important pour les populations d'amphibiens (Beja & Alcazar, 2003). De plus, les éléments agropastoraux traditionnels, comme les clapas ou murets de pierres présents sur le Causse, peuvent jouer un rôle complémentaire en offrant des refuges aux espèces. Ce cadre est donc globalement propice au maintien d'un cortège diversifié d'amphibiens.

Cependant, plusieurs facteurs de dégradation locale ont été mis en évidence, comme la présence de routes souvent associées à la mortalité importante des amphibiens (D'Amico et al., 2015). Mais sur le Larzac, leur impact reste limité du fait de la faible densité du réseau, à l'exception de l'autoroute A75 qui constitue une barrière aux déplacements de la faune. Le recouvrement en végétation était parfois limité, réduisant ainsi les ressources alimentaires et les micro-habitats pour les amphibiens (Pinero-Rodriguez et al., 2021). Cela pouvant en partie s'expliquer par l'origine anthropique des lavognes présentant des fonds pierreux ou bétonnés et de certains bassins bâchés.

À l'inverse, certaines mares présentaient un embroussaillement marqué, limitant l'ensoleillement et influençant ainsi la température de l'eau, le développement de la végétation aquatique, mais aussi accélérant leur comblement par accumulation de matière organique, avec des répercussions possibles sur les communautés d'amphibiens (Skelly et al., 2014 ; Jackob et al., 2003). La fermeture

progressive des milieux sur le Larzac, observée suite à la déprise pastorale et l'abandon des pratiques ancestrales (Geniez & Cheylan, 1999), contribue à réduire les habitats favorables aux espèces inféodées aux milieux ouverts, comme le Pélobate cultripède. Ainsi, des mesures de réouverture ont été proposées sur dix-sept des mares étudiées afin de limiter la dynamique de comblement par la colonisation des ligneux.

Également, des traces de piétinement par le bétail ou la faune sauvage ont été observées sur certaines mares, constituant un facteur de dégradation physique et chimique non négligeable. Le tassement des sols, l'apport de matière organique par les déjections et l'érosion des berges induisent une augmentation de la turbidité et peuvent altérer la qualité de l'eau et l'étanchéité des fonds, limitant ainsi la disponibilité d'habitats favorables à la reproduction des amphibiens. (Schmutz et al. 2008). Afin de limiter ces impacts, la mise en défens a été proposée sur les mares dégradées par le bétail bovin ou équin. Le pâturage ovin, lui, ne constitue pas une menace pour les mares ; il peut même contribuer à leur bon état de conservation, notamment en limitant l'embroussaillement.

D'autres pressions, bien que moins représentées dans les résultats globaux de l'IECMA, apparaissent néanmoins importantes à l'échelle de certaines mares. En particulier, l'assèchement précoce de certains points d'eau constitue un facteur de mortalité des juvéniles. Cette année, peu de mares ont été identifiées comme pièges écologiques, probablement en raison des orages survenus au printemps et au début de l'été particulièrement pluvieux. Cependant, l'expertise de terrain a permis de déterminer un certain nombre de mares présentant une étanchéité limitée, susceptibles de s'assécher prématurément et donc d'impacter négativement les populations d'amphibiens. Certaines espèces peuvent être avantagées par cette variabilité interannuelle des hydro-périodes et présenter un meilleur succès reproducteur (Jackob et al., 2003), mais les espèces au long développement larvaire, comme le Pélobate (Lizana & Marquez, 1994), restent particulièrement exposées à un échec de reproduction après la ponte.

Enfin, d'autres facteurs non pris en compte dans l'IECMA peuvent constituer des pressions supplémentaires, comme la présence de *Pelophylax*. Introduits en France dans les années 1970 pour la consommation (Pascal et al., 2003), ces anoures ont récemment colonisé les mares du Causse du Larzac. Ils ont parfois été observés en très grand nombre sur certaines points d'eau à superficie moyenne, augmentant ainsi la compétition pour l'accès aux ressources trophiques et aux habitats de reproduction. De plus, les *Pelophylax* peuvent agir comme prédateurs pour les autres espèces d'amphibiens, réduisant les effectifs larvaires et parfois même adultes (Pille et al., 2021 ; obs. pers.).

Ainsi, la majorité des mares et lavognes du Causse du Larzac sont classées comme favorables aux amphibiens par l'IECMA, même si certaines présentent des sources de dégradation diverses. Si l'indice fournit une vision d'ensemble sur l'état écologique des mares, son interprétation doit être complétée par les observations de terrain afin de proposer des mesures de gestion et de conservation adaptées, favorisant la diversité et la reproduction des espèces les plus menacées, telles que le Pélobate cultripède.

## 2. La connectivité des mares sur le Causse du Larzac pour les espèces à faible capacité de dispersion

L'analyse de la connectivité réalisée avec Graphab indique que, malgré une matrice paysagère du Larzac globalement favorable pour les déplacements, le réseau de mares reste très fragmenté pour les espèces à faible capacité de déplacement, comme le Pélobate cultripède (Renet et al., 2017 ; Priol, 2015). Peu de sous-réseaux ont été identifiés par le modèle, et la connectivité globale repose essentiellement sur les mares et corridors situés à proximité les uns des autres, alors que les mares les plus éloignées ne contribuent que très peu à la cohésion du réseau. Les conditions peu favorables présentes sur certaines mares accentuent ce phénomène de fragmentation fonctionnelle, rendant les populations particulièrement vulnérables en cas de perte ou de dégradation de leurs sites de reproduction (Cushman, 2006 ; Becker et al., 2007).

Enfin, le modèle souligne que la majorité des corridors identifiés sont relativement « coûteux » pour les individus, accentuant la vulnérabilité des populations. La distance entre les mares fonctionnelles et le coût des corridors suggère que certaines zones du Larzac pourraient mettre du temps à être colonisées par le Pélobate cultripède (Thirion, com. Pers.). Ces résultats soulignent l'importance de restaurer ou de créer des mares relais afin d'améliorer la connectivité fonctionnelle pour les amphibiens et de favoriser la pérennité des populations.

## 3. Le Pélobate cultripède sur le Causse du Larzac

L'inventaire ciblé sur le Pélobate cultripède a confirmé la difficulté de détection de l'espèce, dont l'activité est principalement observée lors de soirées chaudes et humides (Priol, 2015 ; Thirion, 2006 ; Rodriguez-Jiménez, 1988). Sa présence n'a, par exemple, été confirmée qu'au troisième passage sur l'une des mares, ce qui souligne l'importance d'un passage nocturne, en conditions optimales, plusieurs semaines après la période de reproduction (Priol, 2015). Cela est renforcé par le fait que les adultes ne fréquentent les mares que quelques jours pour la reproduction (Lizana & Marquez, 1994).

Nos résultats confirment un état préoccupant des populations. Les données historiques indiquent que le Pélobate cultripède était autrefois bien plus présent sur le Causse du Larzac. Sur les trente-trois stations connues, seulement sept ont pu être confirmées cette année, dont quatre avec de la reproduction, traduisant une répartition aujourd’hui très localisée. La qualité des mares semble jouer un rôle dans cette situation. Plusieurs mares historiquement favorables présentent aujourd’hui des signes de dégradation : perte d’étanchéité, fermeture du milieu, présence de poissons, qui limitent leur rôle de site de reproduction.

À l’inverse, les interventions menées récemment sur deux mares où les poissons avaient été introduits se sont révélées bénéfiques pour l’espèce. Si des adultes avaient bien été observés en nombre restreint avant ces travaux, la dernière preuve de reproduction remontait à 2003 sur l’une des mares, et aucune donnée n’a été référencée sur l’autre. Cette année, la présence de têtards sur ces deux sites confirme l’efficacité de ces actions pour favoriser la reproduction du Pélobate cultripède.

En plus d’affaiblir le succès reproducteur, la dégradation des mares contribue également à accentuer la fragmentation fonctionnelle du réseau. La réduction du nombre de sites disponibles diminue la connectivité et limite les possibilités de dispersion. L’analyse de la connectivité a montré un réseau très fragmenté pour une espèce à faible capacité de dispersion, comme le Pélobate cultripède. Si la matrice paysagère semble globalement favorable aux déplacements, l’éloignement entre les mares, la disparition et la dégradation d’habitats historiquement favorables pourraient limiter les événements de dispersion et fragiliser davantage les populations.

Ces éléments suggèrent que la situation actuelle du Pélobate cultripède sur le Larzac résulte probablement d’une combinaison de plusieurs facteurs. La qualité et la disponibilité des mares, la connectivité fonctionnelle du réseau, ainsi que d’autres pressions potentielles (variabilité climatiques, interactions avec d’autres espèces) pourraient influencer la dynamique des populations. La poursuite d’un suivi annuel sur les mares sélectionnées pour le Pélobate permettrait de vérifier la stabilité des populations et d’identifier de nouvelles mares colonisées suite aux reproductions observées cette année ; en particulier dans le secteur de Saint-Maurice-Navacelles, qui regroupe plusieurs mares connectées.

#### 4. Les limites de l'étude

L'IECMA s'est révélé pertinent dans une utilisation complétée par le dire d'expert. Mais plusieurs limites ont pu être identifiées. Certains critères, comme le développement de la végétation aquatique et la hauteur, sont influencés par les conditions exceptionnelles ou saisonnières (orage, sécheresse précoce). Les comparaisons pluriannuelles doivent donc être nuancées. Également, l'IECMA attribue un poids identique à tous les facteurs, alors que certains critères paraissent plus limitants que d'autres pour la reproduction effective des amphibiens. Une sélection des facteurs limitants pour le calcul de la note finale permettrait de discriminer davantage les mares non fonctionnelles. Julian (2010) propose une méthodologie similaire, basée sur un nombre de critères restreints et qui s'est avérée également pertinente pour la gestion des habitats.

Concernant l'analyse de la connectivité, la distance de dispersion maximale influence directement la fragmentation du réseau identifié par le modèle. Afin de ne pas surestimer la capacité des individus, nous nous sommes appuyés sur les données disponibles des individus adultes de *P. cultripes*, qui présentent une faible mobilité. Néanmoins la capacité des juvéniles est très peu documentée et probablement sous-estimée, en raison des difficultés méthodologiques liées à leur suivi (Semlitsch, 2007). Or, les juvéniles jouent un rôle clé dans la colonisation de nouveaux habitats et le maintien des flux génétiques. Si de futures études venaient à montrer une capacité de dispersion des juvéniles supérieure à celle des adultes de *P. cultripes*, la fragmentation observée pourrait s'avérer moins marquée que celle présentée par notre modèle.

Aussi, la métrique dPC s'est révélée peu adaptée pour orienter la gestion dans le cas d'un réseau fragmenté comme le Causse du Larzac. Reposant sur la présence de liens et la probabilité de connexion entre les tâches habitats, elle met surtout en évidence les éléments géographiquement proches, mais ne reflète pas leur place plus ou moins stratégique dans le réseau. Cette limite est également observée avec l'outil « ajout de tâche », dont les positions proposées se situent à proximité des mares existantes. Dans ce contexte, la carte de chaleur s'avère plus pertinente, car elle propose des zones potentielles plus étendues. La création de mares relais entre les sous-réseaux identifiés reste essentielle pour maintenir la connectivité, tout en considérant la perméabilité du sol et le régime d'écoulement des eaux afin de garantir l'étanchéité et optimiser le remplissage naturel.

Enfin, certaines limites concernant les inventaires peuvent être soulevées. L'absence de preuves de reproduction sur trois des mares où au moins un individu adulte a été observé reste difficile à interpréter. Cette absence pourrait résulter de plusieurs facteurs : la difficulté de détection des

stades larvaires (Priol, 2015), de facteurs environnementaux non mesurés dans le cadre de cette étude, tels que la qualité physico-chimique de l'eau ou la forte abondance des *Pelophylax*, ou encore d'un effectif insuffisant d'individus présents pour permettre la reproduction effective.

## V- Conclusion

Cette étude avait pour objectif de proposer une méthodologie intégrant plusieurs approches afin d'orienter des actions de restaurations prioritaires sur les mares du Causse du Larzac. Dans un premier temps, elle a permis d'actualiser la répartition d'un anoure en déclin, le Pélobate cultripède, et de mettre en évidence une diminution marquée de ses populations sur le site. L'évaluation de la qualité écologique des mares et de la fonctionnalité du réseau a montré que certains habitats historiques étaient dégradés, isolés ou disparus, accentuant la fragmentation et limitant les possibilités de reproduction et de dispersion.

Les premiers travaux de restauration menés sur deux mares se sont révélés efficaces, avec la confirmation de la reproduction offrant des conditions favorables pour le maintien des populations.

L'approche méthodologique combinant l'évaluation de l'état écologique des mares, la connectivité entre habitats et la répartition des espèces, s'est donc révélée pertinente pour orienter efficacement les mesures de conservation ; en ciblant prioritairement les interventions offrant la meilleure plus-value.

Sur le Causse du Larzac, la combinaison de la dégradation des mares, de l'éloignement entre les sites et de la faible mobilité des individus, pourrait contribuer au déclin des populations locales. Cependant, il reste difficile de quantifier la contribution de chacun de ces facteurs. D'autres éléments, tels que la colonisation des *Pelophylax*, la déprise pastorale, les espèces exotiques envahissantes, les changements des pratiques agricoles ou encore le changement climatique, peuvent également influencer la qualité des habitats terrestres et aquatiques, ainsi que la survie des individus. Ces résultats soulignent l'importance de poursuivre le suivi des populations et des habitats, et d'allier restauration et création de mares relais pour renforcer la conservation à long terme et permettre la résilience des populations du Pélobate cultripède et des amphibiens sur le Causse du Larzac.

## Bibliographie

Arroyo-Morales, R., R. Reques, R. Real, et D. Romero. « Extreme Weather Event Disrupts Reproduction of an Isolated Western Spadefoot Toad Population, *Pelobates cultripes* (Cuvier, 1829), at Its Southern Range Limit ». *Animal Biodiversity and Conservation*, (2022), 47-52. <https://doi.org/10.32800/abc.2023.46.0047>.

Becker, Carlos Guilherme, Carlos Roberto Fonseca, Célio Fernando Baptista Haddad, Rômulo Fernandes Batista, et Paulo Inácio Prado. « Habitat Split and the Global Decline of Amphibians ». *Science* 318, n° 5857 (2007): 1775-77. <https://doi.org/10.1126/science.1149374>.

Beja, P. and Alcazar, R. « Conservation of Mediterranean temporary ponds under agricultural intensification: an evaluation using amphibians ». *Biological Conservation* 114, n° 3 (2003): 317-26. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00051-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00051-X).

Bergès, L., Roche, P., et Avon, C. « Corridors écologiques et conservation de la biodiversité, intérêts et limites pour la mise en place de la Trame verte et bleue »: *Sciences Eaux & Territoires* Numéro 3, n° 3 (2010): 34-39. <https://doi.org/10.3917/set.003.0034>.

Cerision-Augé Alexis. « Évaluation nationale des sites humides emblématiques 2010-2020 - Analyse des résultats », (2023).

Cheyen M. & Poitevin F., « Le Pélobate à couteaux (*Pelobates cultripes*) en zone littorale du Languedoc-Roussillon : statut et propositions pour une meilleure protection de l'espèce ». Laboratoire de Biogéographie et écologie des vertébrés, Montpellier. (1999)

Clauzel, C., Gaber, C., Godet, C. « Fiches méthodologiques pour la prise en main de Graphab ». LADYSS-SNPN (2020)

Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie. « Méthode d'Evaluation patrimoniale du CEN Occitanie – Groupe thématique (Plans de Gestion) » (2024)

Cushman, Samuel A. « Effects of Habitat Loss and Fragmentation on Amphibians: A Review and Prospectus ». *Biological Conservation* 128, n° 2 (2006): 231-40. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.031>.

D'Amico, M., J. Román, L. De Los Reyes, et E. Revilla. « Vertebrate Road-Kill Patterns in Mediterranean Habitats: Who, When and Where ». *Biological Conservation* 191 (2015): 234-42. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.010>.

Davies, B., Biggs, J., Williams, P. et al. « Comparative Biodiversity of Aquatic Habitats in the European Agricultural Landscape ». (2008). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 125 (1-4): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.10.006>.

Devanne, L., « Etat écologique et fonctionnalité du réseau de mares sur le Causse du Larzac en vue de la conservation des amphibiens, en particulier du *Pelobates cultripes* ». (2024)

Díaz-Paniagua, Carmen. « Variability in Timing of Larval Season in an Amphibian Community in SW Spain », *Ecography* 15, n° 3 (1992): 267-272.

Duguet, Rémi. « Breeding Phenology of Amphibians in a Mediterranean Ephemeral Stream (Ardèche, France) », *Naturae*, n° 13 (2022), <https://doi.org/10.5852/nature2022a13>.

European Pond Conservation Network. « Manifeste pour les mares et les étangs ». (2009)

Foltête, Jean-Christophe, Clauzel, C., Girardet, X., Tournant, P. et Vuidel, G. « La modélisation des réseaux écologiques par les graphes paysagers. Méthodes et outils ». *Revue internationale de géomatique* 22, n° 4 (2012): 641-58. <https://doi.org/10.3166/rig.22.641-658>.

Gardner, Royal C. et Finlayson, Max C. « Convention de Ramsar sur les zones humides. Perspectives mondiales et des services qu'elles fournissent à l'humanité ». Gland, Suisse : Secrétariat de la Convention de Ramsar, (2018).

Geijzendorffer, I., Chazée, L., Gaget, E., Galewski, T., Guermami, A. et Perennou, C., « Les zones humides méditerranéennes : Enjeux et perspectives 2. Solutions pour des zones humides méditerranéennes durables », (2018), Tour du Valat, France.

Geniez P. & Cheylan M., « Les amphibiens et les Reptiles du Languedoc-Roussillon et régions limitrophes. Atlas biogéographique. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris [collection Inventaires et biodiversité], 448p, (2012).

Girardet, X. & Clauzel, C. « Graphab 14 réalisations à découvrir ». (2018)

Grillas, P., Gauthier, P., Yavercovski, N. et Perennou, C. « Les mares temporaires méditerranéennes. Volume 1 – Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion » Arles: Station biologique de la Tour du Valat, (2004).

Grillas, P., Gauthier, P., Yavercovski, N. et Perennou, C. « Les mares temporaires méditerranéennes. Volume 2 – Fiches espèces » Arles: Station biologique de la Tour du Valat, (2004).

Gutiérrez-Rodríguez, J., G. Sánchez-Montes, et I. Martínez-Solano. « Effective to Census Population Size Ratios in Two Near Threatened Mediterranean Amphibians: Pleurodeles Waltl and Pelobates cultripes ». *Conservation Genetics* 18, n° 5 (2017): 1201-11. <https://doi.org/10.1007/s10592-017-0971-5>.

Jakob, C., Poizat, G., Veith, M., Seitz, A. and Crivelli, A. J, « Breeding phenology and larval distribution of amphibians in a Mediterranean pond network with unpredictable hydrology », *Hydrobiologia* 499, n° 1/3 (2003): 51-61, <https://doi.org/10.1023/A:1026343618150>.

Jullian, R. « Etat de conservation d'habitats de reproduction d'espèces d'intérêt communautaire – Méthode d'évaluation appliquée au Languedoc-Roussillon ». (2010)

LANG, I. & GERAUD, A. « Stratégie d'intervention territorialisée du Programme Régional d'Actions en faveur des Mares d'Occitanie ». Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie & Fédération Régionale des Chasseurs d'Occitanie, (2022), 29p + Annexes

Lépine, F. & Demay, J. « Site Natura 2000 FR9101393 – Montagne du Causse de la Moure et Causse d'Aumelas- Hiérarchisation et priorité d'actions : Mares temporaires du Causse d'Aumelas » (2017)

Lizana, Miguel, Rafael Marquez, et Roberto Martin-Sanchez. « Reproductive Biology of Pelobates cultripes (Anura: Pelobatidae) in Central Spain ». *Journal of Herpetology* 28, n° 1 (1994): 19. <https://doi.org/10.2307/1564675>.

Maillet, G., Le Cabec, T., et Bonnet-Rageade, C. « Protocole IECMA-Indicateur de l'Etat de Conservation des Mares à Amphibiens ». Cen Isère, (2017)

Martínez-Gil, H., Sánchez-Montes, G., Montes-Gavilán, P. , Ugarte, G. & Martinez-Solano, I., « Fine-scale functional connectivity of two syntopic pond-breeding amphibians with contrasting life-history

traits : an integrative assessment of direct and indirect estimates of dispersal ». *Conserv Genet* 24, 361–374 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10592-023-01506-5>

Miaud, C., « Protocole d'hygiène pour le contrôle des maladies des amphibiens dans la nature à destination des opérateurs de terrain ». Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Université de Savoie et Ecole Pratiques des Hautes Etudes. 7p (2014).

Muséum national d'Histoire naturelle, « Qu'est-ce qu'une zone humide ? », (2023) <https://www.mnhn.fr/fr/qu-est-ce-qu-une-zone-humide>

Pascal, M., Lorvelec, O., Vigne, J.-D., Keith, P. & Clergeau, P. « Évolution holocène de la faune de Vertébrés de France : invasions et extinctions ». (2003) [Rapport INRA/CNRS/MNHN: 158-160.](#)

Perennou C., et Cerisier-Augé A., « La biodiversité des milieux humides français : Les suivis de l'Observatoire national de la biodiversité » (2025)

Pille, F., Pinto, L., Denoël, M. « Predation Pressure of Invasive Marsh Frogs: A Threat to Native Amphibians ? » *Diversity* (2021) 13, 595. <https://doi.org/10.3390/d13110595>

Pille, F., Pinto, L., et Denoël, M. « Predation Pressure of Invasive Marsh Frogs: A Threat to Native Amphibians ? » *Diversity* 13, n° 11 (2021): 595. <https://doi.org/10.3390/d13110595>.

Pinero-Rodríguez, M. J., Gomez-Mestre, I. et Díaz-Paniagua, C. « Herbivory by Spadefoot Toad Tadpoles and Reduced Water Level Affect Submerged Plants in Temporary Ponds ». *Inland Waters* 11, n° 4 (2021): 457-66. <https://doi.org/10.1080/20442041.2021.1933855>.

Priol, Pauline. « Suivi d'une espèce rare en vue de sa conservation : dynamique spatiale et temporelle de populations de Pélobate cultripède (*Pelobates cultripes*) en Aquitaine », (2015). <https://ephe.hal.science/hal-01424521>.

Renet, J., Loubinoux, E., Krebs, M., Thirion, F., Priol, P., Travers, W., Ménétrier, F., Baudat-Franceschi, J. and Brichard, J. « La Vallée Du Calavon Dans Le Vaucluse : Un Territoire à Fort Enjeu Pour La Conservation Du Pélobate Cultripède (*Pelobates cultripes*) », (2024). [https://www.researchgate.net/publication/377845979\\_La\\_vallee\\_du\\_Calavon\\_dans\\_le\\_Vaucluse\\_un\\_territoire\\_a\\_fort\\_enjeu\\_pour\\_la\\_conservation\\_du\\_Pelobate\\_cultripede\\_Pelobates\\_cultripes](https://www.researchgate.net/publication/377845979_La_vallee_du_Calavon_dans_le_Vaucluse_un_territoire_a_fort_enjeu_pour_la_conservation_du_Pelobate_cultripede_Pelobates_cultripes).

Reyes-Moya, I., Sánchez-Montes, G., et Martínez-Solano, I. « Integrating Dispersal, Breeding and Abundance Data with Graph Theory for the Characterization and Management of Functional Connectivity in Amphibian Pondscapes ». *Landscape Ecology* 37, n° 12 (2022): 3159-77. <https://doi.org/10.1007/s10980-022-01520-x>.

Rodriguez-Jimenez A. « Fenología de una comunidad de anfibios asociada a cursos fluviales temporales ». *Doñana, Acta Vertebrata*, 15: 29-43 (1988)

Salvador, A., Díaz-Paniagua, C., Recuero Gil, E., Martínez-Solano, I., Bosch, J., Thirion, J.-M., Cheylan, M., García París, M., Lizana, M., Tejedo, M., Beja, P., Geniez, P., Márquez, R., Duguet, R., Reques, R., Pérez, V. & Asociación Herpetológica Española. « Pelobates cultripes. The IUCN Red List of Threatened Species», (2024) : e.T58052A228187495. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2024-2.RLTS.T58052A228187495.en>

Sánchez-Montes, G., Wang, J., Ariño, Arturo H. et Martínez-Solano, I. « Mountains as Barriers to Gene Flow in Amphibians: Quantifying the Differential Effect of a Major Mountain Ridge on the Genetic Structure of Four Sympatric Species with Different Life History Traits ». *Journal of Biogeography* 45, n° 2 (2018): 318-31. <https://doi.org/10.1111/jbi.13132>.

Saura, S., et Pascual-Hortal, L. « A New Habitat Availability Index to Integrate Connectivity in Landscape Conservation Planning: Comparison with Existing Indices and Application to a Case Study ». *Landscape and Urban Planning* 83, n°s 2-3 (2007): 91-103. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.03.005>.

Saura, S., et Rubio, L. « A Common Currency for the Different Ways in Which Patches and Links Can Contribute to Habitat Availability and Connectivity in the Landscape ». *Ecography* 33, n° 3 (2010): 523-37. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05760.x>.

Schmutz, A. Chandler, Matthew J. Gray, Elizabeth C. Burton, et Debra L. Miller. « Impacts of Cattle on Amphibian Larvae and the Aquatic Environment ». *Freshwater Biology* 53, n° 12 (2008): 2613-25. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02072.x>.

Semlitsch, Raymond D. « Differentiating Migration and Dispersal Processes for Pond-Breeding Amphibians ». *The Journal of Wildlife Management* 72, n° 1 (2008): 260-67. <https://doi.org/10.2193/2007-082>.

Sillero, N. « Amphibian Mortality Levels on Spanish Country Roads: Descriptive and Spatial Analysis ». *Amphibia-Reptilia* 29, n° 3 (2008): 337-47.  
<https://doi.org/10.1163/156853808785112066>.

Skelly, David K., Susan R. Bolden, et L. Kealoha Freidenburg. « Experimental Canopy Removal Enhances Diversity of Vernal Pond Amphibians ». *Ecological Applications* 24, n° 2 (2014): 340-45.  
<https://doi.org/10.1890/13-1042.1>.

Smith, A., et David M. Green. « Dispersal and the Metapopulation Paradigm in Amphibian Ecology and Conservation: Are All Amphibian Populations Metapopulations ? » *Ecography* 28, n° 1 (2005): 110-28. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2005.04042.x>.

Stiers, I., Crohain, N., Josens, G. et Triest., L. « Impact of Three Aquatic Invasive Species on Native Plants and Macroinvertebrates in Temperate Ponds ». *Biological Invasions* 13, n° 12 (2011): 2715-26.  
<https://doi.org/10.1007/s10530-011-9942-9>.

Thirion J-M. « Le Pélobate cultripède *Pelobates cultripes* (Cuvier, 1829) sur la façade atlantique française : chronologie, écologie et conservation ». Diplôme d'EPHE, Université de Montpellier (2006)

Thirion, Jean-Marc. « Statut passé et actuel du Pélobate cultripé- de *Pelobates cultripes* (Cuvier, 1829) (Anura, Pelobatidae) sur la façade atlantique française ». (2002)

IUCN France, MNHN & SHF. « La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Reptiles et Amphibiens de France métropolitaine ». Paris, France. (2015)

## Annexes

**Annexe 1 : Critères relevés sur les mares dans le formulaire PRAM. Les critères en gris sont ceux utilisés dans l'IECMA**

Questions	Réponses possibles	Questions	Réponses possibles
Utilisateur Date Protocole Localisation GPS	<i>Libre</i>	Superficie en m <sup>2</sup>	<i>Libre</i>
Foncier	Public Privé Mixte Inconnu	Profondeur en m	<i>Libre</i>
Nature du fond de la mare	Terre ou argile Dalle (lauze) Béton Autre matériau naturel	Hauteur de l'eau en m	<i>Libre</i>
Proportion de berges en pente douce (<30%)	0% 1 à 25% 26 à 50% 51 à 75% 76 à 100%	Couleur de l'eau	Brune, verte, jaune, rouge, blanche, noire, huileuse, transparente
Typologie de la mare	Prairie, culture, friche, forêt, marais, dune, carrière, ornement, garrigue, village/ferme/jardin, bassin routier, lavogne, pesquier	Analyses physico-chimiques	Non mesurée dans notre étude
Contexte général de la mare	Forestier Milieux ouverts Contexte littoral Contexte urbain Infrastructure de transport	Pressions et menaces	Comblement Piétinements Poissons Eutrophisation Pollution Déficit hydrique
Contexte précis de la mare	Tourbière, marais, bas marais alcalin, marais continental ou saumâtre, pelouse sèche, prairie mésophile, prairie humide, Fourrés bosquet, lande humide, lagune	Recouvrement des végétaux aquatiques	Hélophytes % Hydrophytes enracinées % Hydrophytes non enracinées % Algues filamenteuses % Eau libre %

	littorale, lande sèche, bois de feuillus, bois de résineux, garrigue, culture, zone urbanisée, infrastructure de transport		
Usages de la mare	Abreuvoir aménagé ou non aménagé, collecte de ruissellement, pêche, chasse, réserve incendie, ornemental, patrimoine culturel, pédagogique, abandonné, lagunage, protection de la biodiversité	Gestion et restauration	Libre évolution Mise en défens Suivre l'évolution Mettre en place un système d'abreuvement Lutte contre les espèces exotiques envahissantes Réouverture des berges ou du milieu
Périodicité de la mare	Permanente Temporaire Indéterminée	Fermeture de la mare	0 à 25% 25 à 50% 50 à 75% 75 à 100%
Stade d'évolution de la mare	Stade 1 Stade 2 Stade 3 Stade 4	Accessibilité de la mare	Non Oui (quad, SUV, utilitaire, engin de travaux)
Type de liaison hydrologique	Fossé, drainage, cours d'eau, axe de ruissellement	Photos	<i>Libre</i>
Type d'alimentation en eau	Précipitation, ruissellement, source, nappe, pluvial bâti	Observations générales	<i>Libre</i>

## *Annexe 2 : Présentation des critères IECMA*

**La superficie (m<sup>2</sup>)** : ce paramètre influence la capacité de la mare à accueillir les amphibiens. Un seuil de 50 m<sup>2</sup> est fixé dans les critères de l'IECMA par Maillet et al. en 2017. Également, Priol souligne dans sa thèse qu'une superficie inférieure à 500 m<sup>2</sup> favorise la reproduction du pélobate cultripède (Priol, 2015).

- *Les points d'eau avec une surface comprise entre 50 et 500 m<sup>2</sup> auront une note de 5 et ceux avec une surface comprise entre 10 et 50 m<sup>2</sup> ou supérieure à 500 m<sup>2</sup> auront une note de 2. Les mares avec une superficie inférieure à 10 m<sup>2</sup> seront défavorables pour les amphibiens (0 pts).*

**La profondeur en mai** : ce paramètre influence directement l'hydropériode de la mare, les mares profondes seront moins susceptibles de s'assécher. Il peut également traduire la capacité de la mare à retenir l'eau. Une mare encore en eau au mois de mai sera considérée comme favorable (Jullian, 2010) pour le développement des têtards, et notamment pour les espèces avec un long développement larvaire comme le Pélobate cultripède.

- *Ainsi, les mares avec une hauteur d'eau supérieure à 20 cm au mois de mai auront une note de 5. Les autres (hauteur d'eau inférieure à 20 cm) auront 0.*

**Nature du fond** : la nature du fond peut influencer plusieurs autres paramètres. Le développement de la végétation aquatique, nécessaire à la reproduction et au développement des têtards, sera facilité sur substrat naturel. Également, les mares sur fond artificiel auront tendance à se dégrader avec le temps et risque de perdre leur étanchéité. Certains matériaux, comme les bâches plastiques, peuvent représenter des pièges écologiques pour les espèces d'amphibiens en raison des parois lisses.

- *Les mares avec un fond d'origine naturel (type terre ou argile) sont très favorables (5 pts), celles sur fond bétonné ou en pierre auront une note de 2. Les mares avec une bâche auront 0.*

**Turbidité** : ce paramètre correspond à la transparence de l'eau de la mare. Une eau limpide permet la pénétration de la lumière en profondeur et favorise ainsi le développement de la végétation et la dégradation de la matière organique. A l'inverse, une eau trouble ou opaque traduit une mauvaise qualité de l'eau, défavorable aux amphibiens (Calderon et al., 2019). Elle peut entraîner l'eutrophisation de la mare, limitant la présence de végétation aquatique. Une eau opaque peut indiquer la présence de poissons ou un piétinement important par la faune sauvage ou le bétail.

- *Une eau limpide sera très favorable aux amphibiens (5 pts), une eau trouble sera moins favorable (2 pts) et une eau opaque sera défavorable (0 pts).*

**Berges en pente douce (<30°)** : les pentes douces, définies par le PRAM Occitanie comme pentes inférieures à 30°, jouent un rôle important pour les amphibiens (Porej et Hetherington, 2005). Ces berges favorisent le développement de la végétation et peuvent être utilisées par certaines espèces, notamment le pélobate cultripède, qui dépose ses œufs à faible profondeur (Grillas et al. 2004). La sortie des amphibiens, et notamment des juvéniles, est facilitée par la présence de berges avec une faible pente sur une partie de la mare.

- Les mares présentant des pentes douces sur, au moins la moitié de leur périmètre seront très favorables aux amphibiens (5 pts), moins de la moitié seront favorables (2 pts), les autres seront défavorables (0 pts).

**Stade d'évolution** : ce paramètre caractérise la dynamique naturelle des mares. Quatre stades sont identifiés : les mares en stade 1 ne présentent quasiment pas de végétation et/ou pas d'envasement. Le stade 4 correspond aux mares fortement envahies et/ou proches du comblement, avec une colonisation par les ronces et les saules. (C. Mouquet)

- Une mare en stade 2 sera donc très favorable pour les amphibiens (5 pts), une mare en stade 1 ou 3 sera favorable (2 pts) et une mare en stade 4 sera défavorable (0 pts).

**Hélophytes (%)** : ce critère correspond au taux de recouvrement de la mare par les plantes aquatiques dont la tige et les feuilles ne sont pas complètement immergées. Elles jouent un rôle important dans les mares puisqu'elles offrent une source d'alimentation et des refuges pour les têtards. Elles peuvent également servir de support de ponte pour certaines espèces d'amphibiens (Grillas et al. 2004). Ce type de végétation peut rapidement coloniser une mare accélérant ainsi la dynamique de comblement.

- 5 pts seront attribués aux mares avec un recouvrement en hélophytes compris entre 25 et 50 %, 2 pts pour les mares dont ce type de recouvrement est peu abondant (< 25 %) ou compris entre 50 et 75 %. Enfin, un recouvrement en hélophytes trop important (> 75 %) sera défavorable. On attribuera 0 pts à ces mares.

**Hydrophytes (%)** : ce critère correspond au taux de recouvrement de la mare par les plantes aquatiques immergées ou flottantes. Elles jouent un rôle important dans la fonctionnalité des mares, en participant à l'oxygénation de l'eau, tout en constituant des zones de refuge et de ponte pour les amphibiens. Elles représentent également une ressource alimentaire essentielle pour les têtards, notamment du Pélobate cultripède, qui atteint une taille importante (Pinero-Rodriguez et al., 2021).

- Une mare présentant des hydrophytes sur au moins la moitié de sa surface obtient 5 pts. Si le recouvrement est compris entre 25 et 50 %, 2 pts sont attribués. Enfin, un recouvrement en hydrophytes trop faible (< 25 %) sera défavorable. On attribuera 0 pts à ces mares.

**Fermeture de la mare** : ce critère correspond au taux d'embroussaillement des berges, lié à la présence de végétation ligneuse (arbustes, ronces...). Une mare trop fermée limite les déplacements des amphibiens entre les milieux aquatiques et terrestres, favorise l'eutrophisation par l'apport de matière organique et, à terme, son comblement (Renet et al., 2023).

- Un faible embroussaillement (0 à 25 % du pourtour de la mare) sera très favorable (5 pts), un embroussaillement moyen (25 à 75 %) sera favorable (2 pts) et un fort embroussaillement (>75 %) sera défavorable (0 pts).

**Présence PEE** : les plantes exotiques envahissantes se développent de manière exponentielle lorsque les conditions leur sont favorables. En occupant l'espace, elles réduisent la surface disponible pour les espèces indigènes et contribuent à l'eutrophisation du milieu, dégradant

ainsi la qualité de l'habitat. L'introduction et la propagation dans de nouvelles mares peuvent résulter de l'activité humaine ou des déplacements de la faune sauvage.

- *L'absence de PEE sur la mare sera très favorable aux amphibiens (5 pts), à l'inverse la présence de PEE sur la mare sera défavorable aux amphibiens (0 pts).*

**Présence de poissons** : les poissons carnivores sont des superprédateurs qui consomment les larves et les œufs, voire les adultes des amphibiens. Les poissons herbivores, quant à eux, se nourrissent de la végétation aquatique utilisée par les amphibiens lors de la période de reproduction. Leur présence entraîne aussi un apport de matière organique important, souvent associé à l'augmentation de la turbidité de l'eau. Elle est donc défavorable pour de nombreux amphibiens (Porej et Hetherington, 2005). La présence de poissons dans les mares est généralement due à des introductions humaines.

- *L'absence de poissons dans une mare sera très favorable aux amphibiens (5 pts), à l'inverse la présence de poissons dans une mare sera défavorable aux amphibiens (0 pts).*

**Présence de pollution** : les sources de pollution sont multiples. Les déchets peuvent représenter des pièges physiques pour les amphibiens, qui se retrouvent coincés. Ils sont également à l'origine de la libération de microplastiques dans les milieux naturels et sont donc néfastes pour les espèces (Bosch et al., 2021). Les pollutions chimiques, souvent emmenées par les eaux de ruissellement des parcelles agricoles, sont tout aussi défavorables.

- *L'absence de pollution sera très favorable aux amphibiens (5 pts), alors que la présence de pollution dans la mare sera défavorable (0 pts).*

**Piétinement** : le piétinement par la faune sauvage ou le bétail, comme les bovins ou équins, peut altérer le bon fonctionnement de la mare. Des passages réguliers dégradent le fond et les berges, augmentent la turbidité de l'eau par brassage ou apport de matière organique, abîment les herbiers aquatiques, et peuvent induire une mortalité directe par écrasement des pontes, des œufs ou des individus (Schmutz et al. 2008).

- *Une mare ne présentant pas de traces de piétinement sera très favorable aux amphibiens (5 pts), une mare avec des traces de piétinement localisés sera favorable aux amphibiens (2 pts) et une mare présentant des traces de piétinement importantes sera défavorable (0 pts).*

**Contexte précis** : ce critère évalue le type de milieux entourant la mare, puisqu'ils influencent directement sa qualité écologique. Les zones urbaines ou de culture peuvent impacter négativement l'habitat par la pollution ou la fragmentation. Les risques d'écrasement sont également importants dans les espaces urbanisés. A l'inverse, les mares situées en milieux humides, prairiaux ou en forêt de feuillues offrent un contexte favorable aux amphibiens. Néanmoins, certains amphibiens seront moins sensibles à l'anthropisation du milieu, comme la rainette méridionale et l'alyte accoucheur (Tatin, 2010).

- *Les mares en milieux humides, prairiaux ou forêts de feuillus seront très favorables aux amphibiens (5 pts), les mares de jardin, proche de terres arables ou d'un bois de résineux seront favorables (2 pts), les mares en zone urbanisée et à proximité de routes seront défavorables (0 pts).*

**Distance à un point d'eau** : la présence d'un point d'eau à proximité de la mare facilite la dispersion des espèces d'amphibiens et peut servir de refuge en cas de perturbations dans la mare. Une distance de 250m a été choisie comme distance optimale pour favoriser la dispersion du Pélobate cultripède (Renet et al. 2023).

- *Une mare avec un point d'eau à moins de 250 m sera très favorable (5 pts), si la distance au point d'eau le plus proche est comprise entre 250 à 500 m, la mare est favorable (2 pts), enfin si le point d'eau le plus proche est à plus de 500 m de la mare, elle sera défavorable (0 pts).*

**Nombre de point d'eau à 500 m** : ce critère complète le précédent, plusieurs mares proches les unes des autres forment un réseau d'habitat pour les amphibiens. Ce réseau sera d'autant plus fonctionnel qu'il y a de points d'eau. Un seuil de 3 mares dans un rayon de 500 m est considéré comme optimal (Renet et al., 2023).

- *A partir de 2 points d'eau proches de la mare, cela forme un réseau qui est très favorable aux amphibiens (5 pts), un seul point d'eau proche de la mare est favorable aux amphibiens (2 pts), et si aucun point d'eau se trouve à proximité de la mare, celle-ci n'est pas favorable aux amphibiens (0 pts).*

**Présence de corridor** : les corridors permettent aux individus de disperger plus facilement d'une mare à une autre, tout en limitant les risques d'écrasement ou de préation (Renet et al., 2023).

- *Un corridor à moins de 100 m de la mare sera très favorable (5 pts), un corridor distant de 100 à 300 m de la mare sera favorable (2 pts), la présence d'un corridor à plus de 300 m de la mare sera défavorable (0 pts).*

**Présence d'un site d'hivernage** : pendant leur phase de vie terrestre, les amphibiens utilisent des caches (tas de pierres, branches...) pour se protéger des conditions climatiques. Peu d'amphibiens se déplacent sur de grandes distances. Le Pélobate cultripède reste notamment dans les 300m autour de la mare (Priol, 2015).

- *Un site d'hivernage à moins de 250 m de la mare est très favorable (5 pts), s'il est à une distance comprise entre 250 et 500 m c'est favorable (2 pts), s'il est à une distance supérieure à 500 m, cela ne sera pas favorable (0 pts).*

**Route à proximité** : la présence de routes à proximité des mares augmente fortement le risque d'écrasement des amphibiens, notamment lors des migrations pré-nuptiales. Ce risque augmente avec la densité du trafic et dépend de la distance à la mare. Un rayon de 250 m est utilisé (Renet et al., 2023).

- *L'absence de route bitumée à moins de 250 m de la mare est très favorable aux amphibiens (5 pts). La présence de route bitumée à moins de 250 m sera soit favorable s'il s'agit d'une route peu passante (2 pts), soit défavorable s'il s'agit d'une route très passante (0 pts).*

## Résumé :

En 2015, 60 % des populations d'amphibiens en France présentaient une tendance à la régression (IUCN, 2015). Les causes de ce déclin sont majoritairement attribuées à la destruction et à la dégradation de leurs habitats.

Dans une perspective de conservation des amphibiens, et particulièrement du Pélobate cultripède, une espèce en fort déclin sur son aire de répartition, nous avons développé une méthodologie de hiérarchisation des mares sur le Causse du Larzac afin d'orienter les actions de restauration. Cette approche combine un inventaire des amphibiens avec une évaluation de l'état écologique des mares et une analyse de la connectivité du réseau sur le site.

Les résultats ont révélé des mares dégradées et un réseau fragmenté, particulièrement défavorable aux espèces à faible capacité de dispersion comme le Pélobate cultripède, dont seulement sept stations sont encore présentes aujourd'hui. L'association des perturbations pesant sur ses habitats et le manque de sites de repli pourrait expliquer le déclin observé de l'espèce. Enfin, la méthodologie proposée permet de cibler les interventions de restauration des mares du site, alliant enjeux écologiques et besoins en gestion, pour viser la meilleure plus-value écologique afin de garantir la conservation des amphibiens sur le Causse du Larzac.

## Abstract :

In 2015, 60 % of amphibian populations in France showed a downward trend (IUCN, 2015), primarily due to the destruction and degradation of their habitats.

To conserve amphibians, particularly the spadefoot toad, which is in steep decline across its range methodology for prioritizing ponds on the Causse du Larzac to guide their restauration actions. This approach combined an amphibian inventory, an assessment of the ecological status of the ponds, and an analysis of the network connectivity on the site.

The results revealed degraded ponds and a fragmented network, which is particularly unfavorable to species with low dispersal capacity, such as the spadefoot toad, which only seven sites are still present today. The combination of disturbances affecting its habitats and the lack of fallback sites could explain the observed decline of the species. Finally, the proposed methodology makes it possible to target restoration interventions for the site's ponds, combining ecological issues and managements needs, to aim for the best ecological added value for the conservation of amphibians on the Causse du Larzac.