

Utilisation d'abris temporaires par le Crapaud calamite (*Epidalea calamita*), l'Alyte accoucheur (*Alytes obstetricans*) et d'autres amphibiens ciblés par le Life in Quarries

Auteur : Tock, Aurélie

Promoteur(s) : Mahy, Grégory; Seleck, Maxime

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master en bioingénieur : gestion des forêts et des espaces naturels, à finalité spécialisée

Année académique : 2020-2021

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/13950>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

UTILISATION D'ABRIS TEMPORAIRES PAR LE CRAPAUD CALAMITE (EPIDALEA CALAMITA), L'ALYTE ACCOUCHEUR (ALYTES OBSTETRICANS) ET D'AUTRES AMPHIBIENS CIBLÉS PAR LE LIFE IN QUARRIES

AURÉLIE TOCK

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN GESTION DES FORÊTS ET DES ESPACES NATURELS**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2020-2021

CO-PROMOTEURS : PR. GREGORY MAHY, IR. MAXIME SÉLÈCK

© Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de Gembloux Agro-Bio Tech.

Le présent document n'engage que son auteur.

UTILISATION D'ABRIS TEMPORAIRES PAR LE CRAPAUD CALAMITE (EPIDALEA CALAMITA), L'ALYTE ACCOUCHEUR (ALYTES OBSTETRICANS) ET D'AUTRES AMPHIBIENS CIBLÉS PAR LE LIFE IN QUARRIES

AURÉLIE TOCK

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN GESTION DES FORÊTS ET DES ESPACES NATURELS**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2020-2021

CO-PROMOTEURS : PR. GREGORY MAHY, IR. MAXIME SÉLÈCK

Remerciements

Je tiens tout particulièrement à remercier mes co-promoteurs, Grégory Mahy et Maxime Sélèck, qui m'ont donné l'opportunité et les moyens de travailler sur un sujet qui me passionne. Merci pour vos nombreux conseils avisés, votre disponibilité et vos relectures tout au long de ce travail. Merci Maxime pour le temps que tu m'as consacré lors de la construction du matériel.

Je souhaite également remercier l'ensemble des carriers qui m'ont permis de réaliser ce travail dans les meilleures conditions. Merci à Emmanuel Hoyer, Jérôme Tironi, Patrice Schumer, Sami Limam, Grégory Claustriau, Henri-Michel Bayet, David Cosse, Loïc Roelandts, Didier Potvin et Denis Tonglet pour l'accueil, le temps consacré lors de la mise en place des abris, ainsi que pour l'aide au transport du matériel et les nombreux trajets au sein du site.

Je remercie les acteurs du projet Life in Quarries (LIFE 14 NAT/BE/000364), sans qui ce travail n'aurait pas pu voir le jour.

Merci aussi à Pascal Hauteclair et Thierry Kinet pour leur disponibilité et leurs conseils éclairés.

Un grand merci à Céline pour ta précieuse aide lors de la mise en place des systèmes de piégeage. Merci pour ta motivation et ta bonne humeur, qui ont permis de rendre le terrain plus agréable, même après avoir passé la journée entière à pelleter sous la pluie !

Merci à Cyril, Johan, Florine, Elise et Aurore d'être venus m'aider à placer les dispositifs de piégeage et d'avoir allégé mes journées de terrain.

Je tiens également à remercier l'ensemble du cortège enseignant de la Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, dont la qualité d'enseignement est à saluer.

Finalement, un immense merci à ma famille pour leur soutien depuis toutes ces années, mais aussi à mes ami(e)s et à toi, Clément, d'avoir enrichi ces belles années.



Résumé

Au vu de l'écologie de nombreuses espèces d'amphibiens, la disponibilité de caches et d'abris dans leur habitat terrestre est essentielle. C'est dans cette optique que le projet *Life in Quarries* propose de mettre en place des abris dans des zones lissées par l'exploitation, manquant de refuges pour la petite faune présente en carrière. Cette étude porte sur le suivi de 42 abris, correspondant à des tas de pierres, dans cinq carrières wallonnes en activité. L'objectif est d'étudier leur succès d'utilisation par les amphibiens, en tant qu'abri de jour. Pour ce faire, chaque abri a été entouré d'une barrière anti-retour, ainsi que de quatre pièges à fosse et d'une plaque refuge. Chaque individu piégé a été identifié selon l'espèce, le sexe et le stade. La fidélité des individus face à leur gîte a été étudiée par identification photographique. Les environnements caractérisant les abris ont également été mis en relation avec le nombre de Crapauds calamites (*Epidalea calamita*) et d'Alytes accoucheurs (*Alytes obstetricans*) capturés afin d'en conclure quant à leur situation favorable. Au total, ce sont 27 individus adultes, de quatre espèces différentes, qui ont été piégés : neuf Crapauds calamites, huit Alytes accoucheurs, neuf Tritons alpestres (*Ichthyosaura alpestris*) et un Triton ponctué (*Lissotriton vulgaris*). Le sex-ratio est variable selon les espèces. La majorité des Crapauds calamites capturés sont des mâles, alors que la différence est moins marquée pour les Alytes. Concernant la fidélité des individus, seul un Crapaud calamite a été recapturé successivement dans un même abri. Finalement, les abris fortement isolés de tout autre refuge ne semblent être favorables à l'établissement des espèces. Bien que l'effectif d'individus recensés soit relativement faible, il est la preuve que ces abris sont bien utilisés par différentes espèces d'amphibiens et il est supposé que leur attractivité se verra augmenter au cours du temps.

Mots-clés : carrières, abri artificiel, barrière anti-retour, amphibiens, Crapaud calamite, Alyte accoucheur

Abstract

According to the ecology of many amphibian species, the availability of hiding places and shelters in their terrestrial habitat is essential. In this context, the *Life in Quarries* project proposes to set up shelters in areas that have been smoothed out by quarrying and lack of refuges for the small fauna present in the quarry. This study involves the monitoring of 42 shelters, corresponding to piles of stones, in five active Walloon quarries. The objective is to assess the use of day shelters by amphibians. To do this, each shelter was surrounded by a drift-fence, four pitfall traps and a roofing felt tile. Each trapped individual was identified by species, sex and stage. The fidelity of individuals to their shelter was studied by photo-identification. The environments characterising the shelters were also related to the number of Natterjack toads (*Epidalea calamita*) and Midwife toads (*Alytes obstetricans*) captured to conclude on their favourable situation. A total of 27 adult individuals of four different species were trapped: nine Natterjack toads, eight Midwife toads, nine Alpine newts (*Ichthyosaura alpestris*) and one Smooth newt (*Lissotriton vulgaris*). The sex-ratio varies according to species. Most of the Natterjack toads caught were males, whereas the difference was less marked for the Midwife toads. Regarding the fidelity of individuals, only one Natterjack toad was recaptured successively in the same shelter. Finally, shelters that are strongly isolated from any other refuge do not seem to be favourable for the establishment of species. Although the number of individuals recorded is relatively low, the results appear to demonstrate that these shelters are well used by different amphibian species, and it is assumed that their attractiveness will increase over time.

Keywords: quarries, artificial shelter, drift fence, amphibians, Natterjack toad, Midwife toad

Liste des figures

Figure 1 : Morphologie et dimorphisme sexuel du Crapaud calamite. (a) Patron dorsal ; (b) patron ventral d'un individu mâle à gorge violacée ; (c) patron ventral d'un individu femelle à gorge blanche	4
Figure 2 : Morphologie de l'Alyte accoucheur. (a) Vue dorsale ; (b) individu mâle porteur d'œufs	4
Figure 3 : Schématisation de deux types d'abris artificiels en faveur des amphibiens (Meyer et al., 2011b). (a) Hibernaculum ; (b) pierrier.....	9
Figure 4 : Représentation schématique d'une barrière anti-retour, associée à un piège à fosse (Gibbons et al., 1982).....	11
Figure 5 : Localisation des 5 carrières étudiées, situées en Wallonie. Que : Quenast, Her : Hermalle, Pet : Les Petons, Fra : Frasnes, Jem : Jemelle	13
Figure 6 : Abri entouré du dispositif de capture. (a) Barrière anti-retour de forme rectangulaire, (b) maintenue par quatre pieds autoportants et (c) tendue à l'aide de tendeurs	17
Figure 7 : Dispositif de capture. (a) Plaque refuge et deux pièges à fosse dissimulés dans des tas de cailloux ; (b) vue d'ensemble de trois systèmes de piégeage entourant les abris	17
Figure 8 : Identifications photographiques des différents individus. (a) Patron ventral d'un Crapaud calamite ; (b) patron dorsal et œil gauche d'un Alyte accoucheur ; (c) patron ventral d'un Triton ponctué ; (d) gorge d'un Triton alpestre.....	20
Figure 9 : Nombre d'individus piégés, par espèce et sites carriers	24
Figure 10 : Photos du patron dorsal d'un Crapaud calamite capturé à deux sessions successives à Que (27/04 et 11/05). Les cercles de couleurs mettent en évidence la similitude des pustules permettant la reconnaissance de l'individu	25
Figure 11 : Nombre de Crapauds calamites et/ou accoucheurs capturés par zone, en fonction de leur proximité à d'autres abris. 1 (n=3) : rien à moins de 50 m, 2 (n=5) : autres abris entre 20 et 50 m, 3 (n=4) : abris à moins de 20 m. n étant le nombre de zones par classe.....	27
Figure 12 : Nombre de Crapauds calamites et/ou accoucheurs capturés par zone, en fonction de l'activité extractive. 0 (n=6) : non-actif, 1 (n=6) : actif. n étant le nombre de zones par classe	28

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des cinq sites carriers	14
Tableau 2 : Organisation des cinq périodes de piégeage. am : matinée, relevé et démontage des systèmes de piégeage ; pm : après-midi, montage des systèmes de piégeage.....	18
Tableau 3 : Méthodes utilisées permettant de confirmer la présence des deux espèces de crapauds au sein des différentes zones à abris. Le nom des zones est repris de la façon suivante : « nom du site_numéro de la zone ». P : présence, A : absence.....	21
Tableau 4 : Paramètres abiotiques caractérisant les zones d'abris	22
Tableau 5 : Nombre d'individus mâles et femelles capturés, selon les espèces. Le sex-ratio correspond au rapport mâles:femelles.....	23
Tableau 6 : Synthèse des deux méthodes de piégeage utilisées et du nombre d'individus capturés par type de piège.....	24
Tableau 7 : Taux de succès minimal des abris pour le Crapaud calamite et Alyte accoucheur (nombre d'abris où au moins un individu a été capturé par rapport au nombre d'abris se trouvant dans des zones où la présence de l'espèce est avérée).....	26
Tableau 8 : Nombre d'Alytes accoucheurs et de (Crapauds calamites) retrouvés dans trois types de refuges, autres que les abris étudiés, au cours des différentes sessions de capture. A : adulte, J : juvénile	26

Liste des annexes

Annexe 1 : Répartition des populations de Crapauds calamites en Wallonie (Graitson et al., 2007) ...	45
Annexe 2 : Répartition des populations d'Alytes accoucheurs en Wallonie (de Wavrin et al., 2007) ..	45
Annexe 3 : Localisation des abris situés à <i>Her_1</i>	46
Annexe 4 : Localisation des abris situés à <i>Her_2</i> et <i>Her_3</i>	46
Annexe 5 : Localisation des abris situés à <i>Pet_1</i> et <i>Pet_2</i>	47
Annexe 6 : Localisation des abris situés à <i>Pet_3</i>	47
Annexe 7 : Localisation des abris situés à <i>Fra_1</i> , <i>Fra_2</i> et <i>Fra_3</i>	48
Annexe 8 : Localisation des abris situés à <i>Jem_1</i>	48
Annexe 9 : Localisation des abris situés à <i>Jem_2</i> et <i>Jem_3</i>	49
Annexe 10 : Localisation des abris situés à <i>Que_1</i> et <i>Que_2</i>	49
Annexe 11 : Abris situés à <i>Fra_2</i> (haut) et <i>Fra_3</i> (bas) dans la conformation « fond de fosse ». Zone très isolée, où aucun autre abri potentiel ne se trouve dans un rayon minimal de 50 m	50
Annexe 12 : Abris situés à <i>Her_1</i> dans la conformation « intermédiaire ». Zone présentant d'autres abris potentiels dans un rayon de 20 à 50 m	51
Annexe 13 : Abris situés à <i>Her_3</i> dans la conformation « bord de falaise ». Zone non isolées d'autres refuges se trouvant à moins de 20 m des abris étudiés.....	51

Table des matières

1. Introduction	1
2. Synthèse bibliographique.....	2
A. Les amphibiens	2
i. Situation des amphibiens dans le monde et en Wallonie	2
ii. Menaces	2
iii. Biologie des deux espèces cibles : le Crapaud calamite et l’Alyte accoucheur	3
B. Le projet Life in Quarries.....	7
C. Les abris	8
i. Etat des lieux de la question : rôle des abris artificiels dans le soutien à la biodiversité	8
ii. Conception des abris artificiels	9
D. Evaluation du succès des abris : les méthodes de piégeage	10
i. Barrières anti-retour.....	10
ii. Pièges à fosse	11
iii. Plaques refuges.....	12
3. Objectifs.....	13
4. Matériels et méthodes.....	13
A. Sites d’étude.....	13
B. Mise en place des abris et du dispositif de piégeage	14
i. Position des abris.....	14
ii. Conception des abris.....	15
iii. Dispositif de piégeage.....	15
C. Acquisition des données.....	18
i. Relevé des individus	18
ii. Fidélité des individus	19
iii. Caractérisation de la présence du Crapaud calamite et de l’Alyte accoucheur	20
iv. Variables environnementales caractérisant les zones d’abris.....	22
5. Résultats	23
A. Relevé des individus piégés	23
B. Fidélité des individus.....	25
C. Caractérisation de la présence du Crapaud calamite et de l’Alyte accoucheur	26
i. Taux de succès minimal des abris	26
ii. Utilisation d’autres refuges	26
D. Variables environnementales caractérisant les zones à abris.....	27

6. Discussion	29
Partie 1 : Analyse critique de la méthode de piégeage	29
Partie 2 : Utilisation des abris	30
A. Relevé des individus	30
i. Nombre d'individus capturés et diversité des espèces	30
ii. Stades de développement	31
iii. Sexe	32
B. Fidélité des individus	32
C. Caractérisation de la présence du Crapaud calamite et de l'Alyte accoucheur	33
i. Taux de succès minimal des abris	33
ii. Nombre d'individus capturés par abri	34
iii. Utilisation d'autres refuges	34
D. Variables environnementales caractérisant les zones à abris	35
7. Conclusion et perspectives	37
8. Contribution de l'étudiante	38
Bibliographie	39
Annexes	45

1. Introduction

Depuis ces 25 dernières années, les déclin et extinctions auxquels les populations d'amphibiens font face sont en augmentation alarmante (Stuart et al., 2004; Beebee et al., 2005; Temple et al., 2009). Il est aujourd'hui connu que les principales causes de ce déclin sont d'origines anthropiques et concernent la perte, la dégradation ainsi que la fragmentation de leurs habitats (Cushman, 2006; Chanson et al., 2008). En Wallonie, les espèces pionnières telles que le Crapaud calamite (*Epidalea calamita*) font partie des espèces les plus menacées, leur dépendance aux milieux pionniers les rendant particulièrement vulnérables face à la raréfaction de ces habitats (Remacle, 2005; Jacob, 2006).

Cette sensibilité des amphibiens à la perte d'habitat est notamment due à leur double cycle de vie, les rendant à la fois dépendants des milieux terrestres et aquatiques (Speybroeck et al., 2018). Ces derniers sont par ailleurs davantage étudiés et documentés que les habitats terrestres, où les individus sont plus discrets (Denton et al., 1993a; Lange et al., 2020). Néanmoins, afin de pouvoir leur assurer une gestion de conservation adéquate, il est essentiel de collecter des données lors de leurs stades de vie terrestres et de comprendre l'utilisation des micro-habitats durant cette phase (Denton et al., 1992).

Cependant, l'Homme contribue également de manière positive à la biodiversité en créant par ses activités des habitats de substitution, favorables à toute une série d'espèces. C'est notamment le cas des carrières qui, suite à leurs activités extractives et aux perturbations engendrées, offrent une diversité d'habitats pionniers, analogues aux habitats primaires naturels (Flavenot et al., 2015). Le projet *Life in Quarries* (LIFE14 NAT/BE/000364) a comme objectif de promouvoir durablement ce potentiel d'accueil dans des carrières en activité, au travers de différentes actions. L'une d'entre elles consiste en la mise en place d'abris temporaires pour la petite faune, en association avec des mares et pelouses pionnières (Life in Quarries, 2021a).

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce mémoire, visant à évaluer l'utilisation d'abris temporaires par les amphibiens, et plus spécifiquement par le Crapaud calamite et l'Alyte accoucheur (*Alytes obstetricans*), dont la biologie semble correspondre tout particulièrement à l'utilisation de ces abris.

2. Synthèse bibliographique

A. Les amphibiens

i. Situation des amphibiens dans le monde et en Wallonie

Les amphibiens appartiennent à la classe des vertébrés les plus menacés (Ficetola et al., 2015). Selon l'UICN (2021), 41% des espèces d'amphibiens sont menacées d'extinction au niveau mondial. A l'échelle européenne, près de 25% des amphibiens sont considérés comme menacés et 17% comme presque menacés. Concernant leur tendance démographique, plus de la moitié des populations d'amphibiens européens (59%) sont en déclin (Temple et al., 2009).

En Wallonie, 14 espèces indigènes d'amphibiens sont présentes : cinq Urodèles et neuf Anoures. Mis à part le Crapaud commun (*Bufo Bufo*) et la Grenouille rousse (*Rana temporaria*), l'ensemble des espèces indigènes sont intégralement protégées, en vertu de la Loi du 12 juillet 1973 sur la Conservation de la Nature et du décret « Natura 2000 » du 6 décembre 2001. Concernant leur statut de conservation, le Sonneur à ventre jaune (*Bombina variegata*) est classé dans la Liste Rouge comme étant en danger critique d'extinction, tandis que le Triton crêté (*Triturus cristatus*) et le Crapaud calamite (*Epidalea calamita*) sont tous deux en danger. Quant à l'Alyte accoucheur (*Alytes obstetricans*), bien qu'un déclin modéré soit observé, l'espèce n'est actuellement pas menacée. Par ailleurs, le Pélobate brun (*Pelobates fuscus*) et la Rainette verte (*Hyla arborea*) se sont vus disparaître de Wallonie (Jacob, 2006, 2007; La Biodiversité en Wallonie, 2021).

ii. Menaces

La régression des populations d'amphibiens est essentiellement due aux pressions anthropiques (Jacob, 2006; Speybroeck et al., 2018). Cette perte de biodiversité résulte toutefois d'un ensemble de facteurs (Ficetola et al., 2015), dont les principaux sont développés ci-après.

La perte d'habitats ainsi que leur fragmentation et dégradation constituent la principale cause de raréfaction de nombreuses espèces d'amphibiens (Johnson, 2003; Chanson et al., 2008; Baker et al., 2011). En effet, 63% de ces vertébrés en seraient impactés (Chanson et al., 2008). Cette perte d'habitats favorables résulte principalement de l'urbanisation croissante et de l'intensification agricole (Temple et al., 2009), induisant notamment le drainage des prairies humides et tourbières, ou encore le comblement des points d'eau (INULA, 2014). Les milieux humides font d'ailleurs partie des habitats les plus menacés d'Europe (Temple et al., 2009), le changement climatique ne faisant qu'aggraver la situation (Corn, 2005; Jacob, 2006). En outre, la peau perméable des amphibiens les rend particulièrement vulnérables face à la disparition des milieux humides et à leur pollution (SHNVSL, 2015). A cela s'ajoute la fragmentation du paysage qui induit une réduction des connexions entre les populations, augmentant les risques de consanguinité (Andersen et al., 2004). Par ailleurs, leur capacité de dispersion relativement faible, ainsi que leur forte fidélité aux sites de reproduction et dépendance à différents types

d'habitats selon les saisons (aquatiques et terrestres) renforcent la sensibilité des amphibiens face à la perte d'habitats (Speybroeck et al., 2018).

Les agents pathogènes entrent dans une autre catégorie de menaces. C'est notamment le cas de la maladie fongique « chytridiomycose » provoquée par le champignon *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) (Temple et al., 2009; Voyles et al., 2009). L'émergence et la propagation de ce champignon sont cause de l'effondrement de nombreuses populations d'amphibiens dans le monde (Skerratt et al., 2007; Speybroeck et al., 2018). Ce champignon perturbe l'osmorégulation cutanée, provoquant un déséquilibre électrolyte, pouvant mener jusqu'à la mort (Voyles et al., 2009).

L'introduction d'espèces non-indigènes représente également un enjeu quant à la conservation de certaines espèces d'amphibiens. En Wallonie, trois espèces de grenouilles exotiques entrent en compétition avec les indigènes, et plus particulièrement avec les Grenouilles vertes. Il s'agit de la Grenouille rieuse (*Pelophylax ridibundus*), la Grenouille taureau (*Lithobates catesbeianus*) et la Grenouille de Bedriaga (*Pelophylax bedriagae*) (Jacob, 2007). Contrairement aux espèces indigènes, les exotiques sont les seules espèces en nette augmentation dans nos régions (Jacob, 2006).

iii. *Biologie des deux espèces cibles : le Crapaud calamite et l'Alyte accoucheur*

a. Description morphologique

Le Crapaud calamite, *Epidalea calamita* (Laurenti, 1768), est un anoure appartenant à la famille des *Bufonidae* (Graitson et al., 2007). Ce crapaud, de taille moyenne, mesure de 6 à 10 cm chez les adultes. Son dos verruqueux de couleur brun-verdâtre est traversé par une fine ligne jaune longitudinale (**Figure 1a**). Son iris est jaune et les pupilles horizontales (Speybroeck et al., 2018). Quant à son ventre, celui-ci est blanc et parsemé de taches foncées (Graitson et al., 2007; Laudelout, 2016). Les patrons dorsaux et ventraux sont propres à chaque individu, permettant ainsi une identification personnelle (Sinsch, 1992a). Concernant la distinction du sexe chez les Crapauds calamites, le mâle possède une gorge bleue violacée et translucide (**Figure 1b**), alors que celle de la femelle est blanche (**Figure 1c**), du moins en période de reproduction (Speybroeck et al., 2018; Beebee, 1983 cité par Titeux, 2000). Des brosses copulatrices noires, aussi appelées callosités nuptiales, sont également visibles sur les deux ou trois doigts internes des pattes antérieures des mâles. Ces excroissances permettent aux mâles de s'accrocher au dos de la femelle, durant la reproduction (Barlas, 2014).

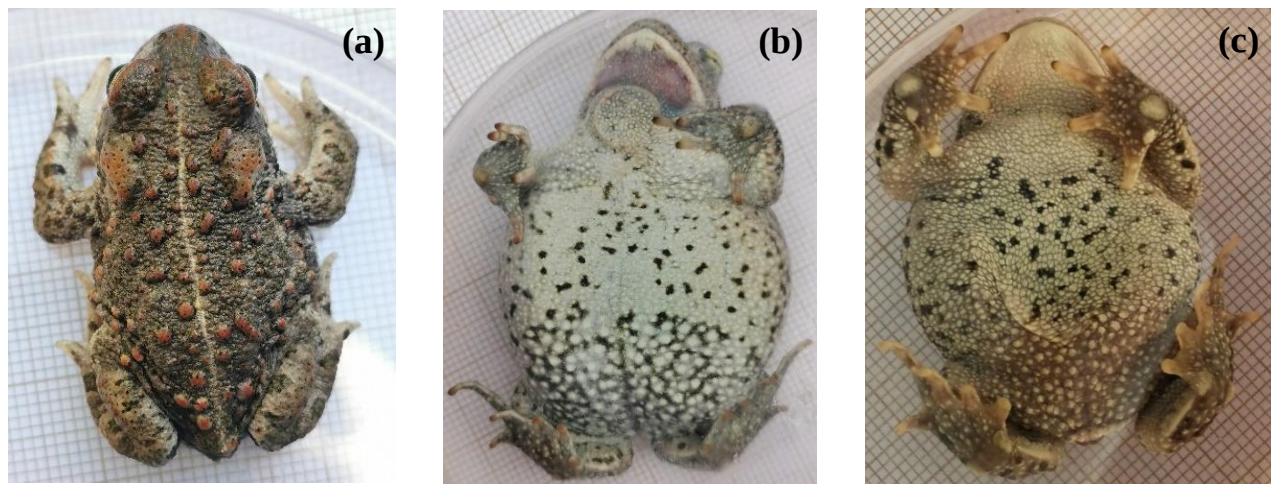


Figure 1 : Morphologie et dimorphisme sexuel du Crapaud calamite. (a) Patron dorsal ; (b) patron ventral d'un individu mâle à gorge violacée ; (c) patron ventral d'un individu femelle à gorge blanche

L'Alyte accoucheur, *Alytes obstetricans* (Laurenti, 1768), appartient à la famille des *Discoglossidae* (de Wavrin et al., 2007). Ce petit crapaud, mesurant de 3.5 à 5.0 cm, possède une peau dorsale de couleur gris-brun, recouverte de minuscules pustules, parfois rougeâtres. Celles-ci sont disposées selon deux rangées au niveau des flancs (**Figure 2a**). Ses yeux dorés et globuleux se caractérisent par une pupille verticale en forme de fente (**Figure 2b**) (de Wavrin et al., 2007; Mermoud et al., 2010; Speybroeck et al., 2018). Chez l'Alyte accoucheur, le dimorphisme est très peu marqué (Uthleb, 2012). En général, la femelle est plus grande que le mâle (Márquez et al., 1997). Un autre critère est que, pendant la période de reproduction, il est parfois possible de voir les œufs (Kinet T., com. pers., 2021) ou les ovaires jaunâtres (Kordges, 2003) à travers la peau transparente du ventre des femelles, environ au tiers inférieur. Finalement, un individu portant des œufs au niveau du bassin peut automatiquement être identifié comme mâle (**Figure 2b**) (Böll et al., 1998; Barrios et al., 2012).

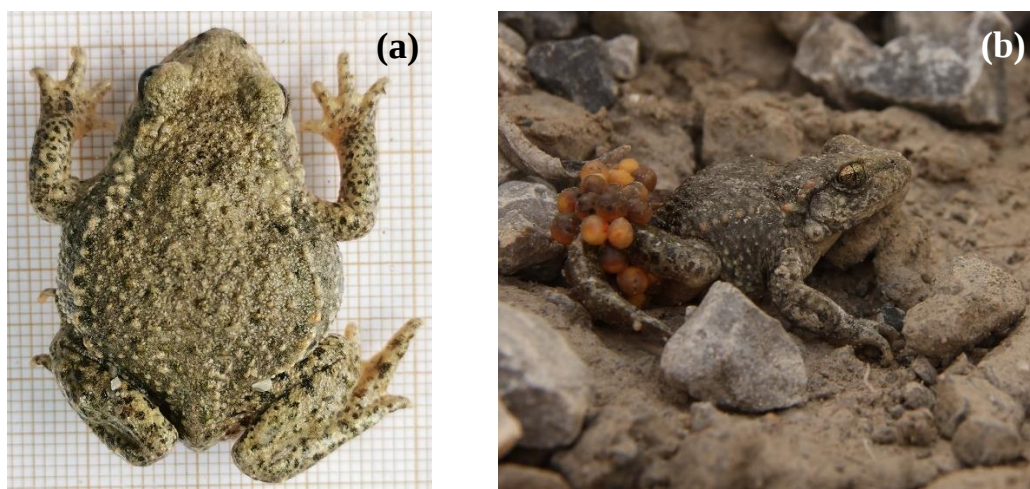


Figure 2 : Morphologie de l'Alyte accoucheur. (a) Vue dorsale ; (b) individu mâle porteur d'œufs

b. Biologie et écologie

Ces deux amphibiens ont une activité principalement crépusculaire et nocturne, passant leurs journées cachés dans divers types de refuges, tels que des tas de pierres, des murets ou toute autre anfractuosité. Lorsque le substrat le permet, le Crapaud calamite et l'Alyte accoucheur vivent dans un terrier creusé par un autre animal ou par leur propre soin, étant tous deux des espèces fouisseuses (Denton et al., 1993a; Titeux, 2000; Wells et al., 2015). A la tombée de la nuit, lorsque l'humidité de l'air et la température sont suffisantes, ils quittent leurs cachettes à la recherche de nourriture ou de partenaires (Laudelout, 2016; Denton et al., 1992; Günther et al., 1996 cité par Uthleb, 2012).

En Wallonie, la période de reproduction du Crapaud calamite débute aux environs du mois d'avril et s'achève au début du mois de juillet (Graitson et al., 2007). Selon Denton et al. (1993a), ces crapauds mâles ont recours à deux stratégies de reproduction : certains restent dans des abris à proximité directe des mares durant toute la période de reproduction, tandis que d'autres font l'aller-retour chaque nuit entre leurs caches et leurs sites de reproduction, sur une distance allant jusqu'à 300 m. Les œufs sont pondus sous forme de chapelets, contenant une à deux rangées d'œufs (Barlas, 2014; Miaud et al., 2018). Le développement larvaire est très rapide, environ 5 semaines séparent la ponte de la sortie d'eau des juvéniles (Laudelout, 2016), d'autant plus si la température des mares est élevée (Sanuy et al., 2008). Durant leur première année, les juvéniles sont majoritairement terrestres et diurnes (Graitson et al., 2007). Les mâles atteignent la maturité sexuelle entre 2 à 3 ans, alors que les femelles l'atteignent entre 3 à 4 ans (Denton et al., 1993b). Après la période de reproduction, les crapauds gagnent leurs sites d'estivage, généralement les mêmes que ceux d'hivernage (Denton et al., 1993a).

En ce qui concerne l'Alyte accoucheur, les premiers mâles chanteurs peuvent être entendus entre début mars et mi-avril. Ils commencent généralement à chanter après le coucher du soleil, bien qu'ils puissent être entendus dès l'après-midi (de Wavrin et al., 2007). Son mode de reproduction est unique face aux autres amphibiens retrouvés en Wallonie : l'accouplement est terrestre et c'est le mâle qui porte les œufs, enroulés autour des pattes postérieures (de Wavrin et al., 2007; Speybroeck et al., 2018). Il n'est pas rare que le mâle porte les pontes de plusieurs femelles (Böll et al., 1998). Pendant l'élevage de la portée, le mâle se réfugie dans un abri chaud et humide durant 20 à 50 jours. Arrivés à maturité, les œufs sont déposés dans l'eau et les larves éclosent après seulement quelques minutes (Uthleb, 2012). En cas de ponte tardive, les têtards peuvent passer l'hiver dans l'eau, pour seulement se métamorphoser au printemps suivant. Ceci explique pourquoi les larves mesurent parfois jusqu'à 9 cm (Lüscher, 2005; de Wavrin et al., 2007; Mermoud et al., 2010). Les sites d'hivernage de l'Alyte sont généralement les mêmes que les estivaux, il n'y a donc pas de migration vers les sites de reproduction (Meisterhans, 1969). Il s'agit en effet d'une espèce grégaire, qui se trouve rarement à plus de 100 mètres de son lieu de reproduction (Schlupmann, 2009), auquel les individus sont très fidèles (de Wavrin et al., 2007).

c. Habitats

Comme pour la plupart des amphibiens, deux aspects différents de l'habitat sont à considérer, selon leurs stades de développement et les périodes de l'année (INULA, 2014; Speybroeck et al., 2018). Tout d'abord, la disponibilité d'habitats terrestres adéquats, où les adultes et juvéniles passent la majorité de leur temps, leur est nécessaire (Titeux, 2000). Ces habitats sont constitués d'abris saisonniers et de refuges d'hivernage, à l'abri du gel ou d'éventuelles crues (Boissier et al., 2012). Ensuite, la présence de sites aquatiques est également essentielle, notamment pour le développement larvaire, ainsi que pour la reproduction du Crapaud calamite.

Le Crapaud calamite privilégie les biotopes terrestres chauds et ouverts, à végétation clairsemée, voire des terrains dénudés (Denton et al., 1994; Bosman et al., 1996). Cette préférence provient de son caractère héliophile, ainsi que de son mode de chasse à vue, nécessitant un déplacement qui pourrait être entravé par une végétation trop dense (Denton et al., 1994; Laudelout, 2016). A ces critères s'ajoutent ceux du milieu de reproduction, à savoir des plans d'eau ensoleillés, de faible profondeur (< 50 cm), temporaires et pauvres en végétation (Beebee, 1985; Banks et al., 1987). Ce caractère pionnier et temporaire permet de réduire les risques de prédation et de compétition interspécifique (Banks et al., 1988). L'habitat primaire du Crapaud calamite correspond aux landes, plaines alluviales et dunes, cette espèce étant inféodée aux substrats sableux en Belgique (Titeux, 2000). En Wallonie, il a néanmoins disparu de ces habitats et n'est plus que présent à l'échelle de petites populations, réparties dans une aire d'occupation fragmentée en cinq noyaux (**Annexe 1**) (Graitson et al., 2007; Laudelout, 2016).

L'Alyte accoucheur est une espèce plus généraliste que le Crapaud calamite, notamment pour ses sites de reproduction (Barrios et al., 2012; Uthleb, 2012). Il est en effet capable de se reproduire dans des mares peu profondes et ensoleillées, ainsi que dans des plans d'eau profonds et froids, qu'ils soient riches ou pauvres en végétation (Kordges, 2003; Schlüpmann, 2009). Son habitat aquatique peut donc aller des rivières et ruisseaux à écoulement lent, jusqu'aux étangs et mares de petite taille (Barrios et al., 2012). L'Alyte est cependant plus exigeant quant à son habitat terrestre, devant être à proximité des plans d'eau et contenir suffisamment de cachettes, telles que des murs riches en crevasses ou des éboulis rocheux. Il affectionne particulièrement les habitats ensoleillés, au substrat sableux ou pierrenx et à végétation éparse (de Wavrin et al., 2007; Schlüpmann, 2009; Barrios et al., 2012). En Wallonie, les populations d'Alytes sont nettement plus répandues que celles du Crapaud calamite, particulièrement dans le secteur compris entre le sillon Sambre-et-Meuse et le nord de la Semois (**Annexe 2**) (de Wavrin et al., 2007).

Néanmoins, ces habitats à caractère temporaire et pionnier sont devenus extrêmement rares en Wallonie, notamment dû au non-renouvellement des milieux. Ce phénomène se traduit par une recolonisation de la végétation, créant un environnement non propice au développement des espèces. Le Crapaud calamite et l'Alyte accoucheur sont dès lors principalement retrouvés dans des biotopes

secondaires (Titeux, 2000; de Wavrin et al., 2007; Graitson et al., 2007), tels que les sites extractifs, initiant continuellement la succession naturelle et offrant une constante disponibilité en habitats pionniers, analogues à leurs habitats primaires (INULA, 2014).

B. Le projet Life in Quarries

Source de perturbations et de destruction d'habitats, l'exploitation de carrières semble être antagoniste de la conservation de la nature. En effet, l'extraction modifie considérablement le paysage et la couverture terrestre, détruisant les habitats initiaux et laissant un sol nu, à priori non propice au développement de la nature (Gabory, 2014). Pourtant, ces nouveaux habitats anthropiques peuvent favoriser l'établissement d'espèces pionnières emblématiques (Faucher et al., 2017). De fait, l'extraction des matériaux ainsi que le passage d'engins lourds, perturbant le sol, ne permettent pas au processus de succession de se remettre en route, restant bloqué aux premiers stades de la colonisation, appelés pionniers (Flavenot et al., 2015). Les carrières et les gravières sont dès lors devenues d'importants biotopes relais, appelés *stepping stones*, dans nos paysages de plus en plus urbanisés (Rademacher, 2014 ; Graitson, 2000).

C'est sur ce constat qu'est né le projet *Life in Quarries* (LIFE14 NAT/BE/000364). Ce projet a comme objectif de mettre en place des actions en faveur de la biodiversité, au sein de 27 carrières wallonnes en activité, afin de promouvoir et pérenniser leur capacité d'accueil. Celui-ci a débuté en 2015 et prendra fin en décembre 2021. Le projet est financé par la Commission européenne à hauteur de 56% et est issu d'une collaboration entre FEDIEX (Fédération de l'Industrie Extractive et Transformatrice de Belgique), le DNF (Département Nature et Forêt), l'unité Biodiversité et Paysage de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège), l'ASBL Natagora, ainsi que le Parc Naturel des Plaines de l'Escaut (Life in Quarries, 2021b).

Le projet *Life in Quarries* est fondé sur un concept innovant de gestion dynamique, permettant une coexistence entre l'homme et la nature. Une telle gestion assure une continue disponibilité de milieux propices à la biodiversité, au travers d'une gestion d'habitats temporaires, mobiles dans le temps et l'espace. En effet, lorsque des zones refuges se voient affectées par l'exploitation en cours, de nouveaux habitats sont recréés dans des zones temporairement ou définitivement inactives. Différentes actions visant ces milieux sont mises en place par le projet, chacune étant destinée à plusieurs espèces pionnières. Quelques exemples sont la gestion de mares pionnières - favorables au Crapaud calamite et à l'Alyte accoucheur, de pelouses pionnières pouvant accueillir le petit gravelot (*Charadrius dubius*) mais aussi une grande diversité de plantes, ou encore la gestion des falaises meubles abritant l'hirondelle de rivage (*Riparia riparia*). En plus des actions temporaires, des mesures de nature permanente sont également assurées par le projet, visant à démontrer la possibilité d'anticiper la réhabilitation finale du

site durant la période d'activité. Ces actions permanentes concernent entre autres le placement de plateformes flottantes bénéfiques à diverses espèces d'oiseaux, telles que la Sterne pierregarin (*Sterna hirundo*), ou encore la gestion de plans d'eau permanents profitant au Triton crêté (*Triturus cristatus*) (Life in Quarries, 2021a).

Par ailleurs, dans l'optique de favoriser la capacité d'accueil des amphibiens en carrières, le projet *Life in Quarries* suggère et propose de mettre en place des abris, associés aux mares et pelouses pionnières, dans les zones lissées par l'exploitation, manquant de refuges pour la petite faune présente en carrières (Mercken, 2020).

C. Les abris

i. *Etat des lieux de la question : rôle des abris artificiels dans le soutien à la biodiversité*

Au vu de l'écologie de nombreuses espèces d'amphibiens, la disponibilité de caches et d'abris dans leur habitat terrestre est essentielle (Sutherland, 2006). C'est notamment le cas du Crapaud calamite et de l'Alyte accoucheur qui passeraient 90% de leur vie cachés dans des refuges (de Wavrin et al., 2007; Graitson et al., 2007; Laudelout, 2016; Lange et al., 2020). Ces derniers constituent des lieux de protection contre les prédateurs et les conditions climatiques extrêmes (Denton et al., 1993a; Baker et al., 2011; Shoo et al., 2011), et sont utilisés tant bien en été qu'en hiver (Denton et al., 1993a; Meisterhans, 1969).

Pour cette raison, à des fins de protection et de conservation des amphibiens, il est fréquemment suggéré de mettre en place des abris artificiels en vue d'améliorer leurs habitats terrestres (Funcken, n.d.; Baker et al., 2011; Meyer et al., 2011a; Boissier et al., 2012). Cependant, à l'heure d'aujourd'hui, encore très peu d'études permettent d'en démontrer les réels intérêts (Latham et al., 2008; Shoo et al., 2011). Plusieurs études, réalisées sur des gîtes d'hiver, appelés *hibernacula*, ont toutefois pu démontrer leur fréquentation par des amphibiens (Neave et al., 2007; Latham et al., 2008; Dervo et al., 2018). Diverses espèces y ont été recensées, telles que le Triton crêté (*Triturus cristatus*), la Grenouille rousse (*Rana temporaria*), le Crapaud commun (*Bufo bufo*), ou encore le Triton ponctué (*Lissotriton vulgaris*). Des études supplémentaires sont néanmoins nécessaires afin d'en savoir davantage quant aux exigences des amphibiens en matière de micro-habitats (Shoo et al., 2011).

La plus-value des abris artificiels dépend de la qualité de l'habitat terrestre : si ce dernier est de qualité, la mise en place de gîtes ne sera pas indispensable, les amphibiens étant capables de trouver des cachettes naturelles aisément (Latham et al., 2008). Celles-ci peuvent être des souches d'arbres, des galeries de mammifères, des murs de pierres, ou toute autre cavité (Denton et al., 1993a; Seebacher et al., 2002; Baker et al., 2011). De plus, il est important que la taille des abris soit proportionnelle à celle de l'habitat terrestre. L'utilité de ces structures peut être remise en question si celles-ci représentent une petite proportion de l'habitat potentiel du site (Baker et al., 2011).

ii. Conception des abris artificiels

Les principaux types de refuges artificiels qui peuvent être créés en faveur des amphibiens sont les abris hivernaux, *hibernacula* (**Figure 3a**), ainsi que les estivaux, tels que les pierriers ou autre amas de matériaux (**Figure 3b**).

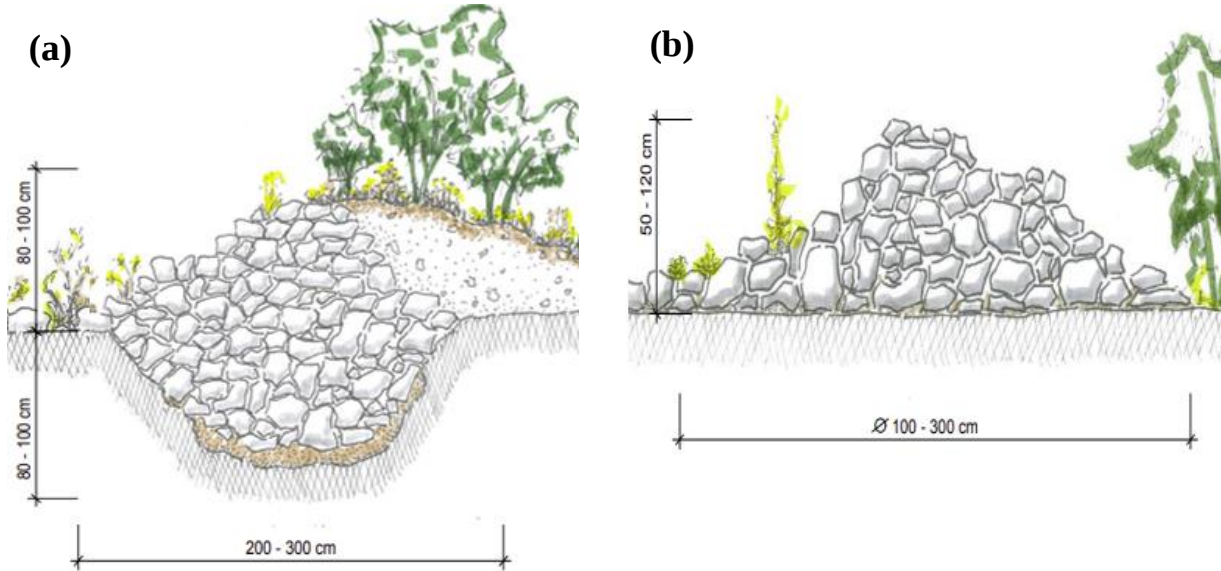


Figure 3 : Schématisation de deux types d'abris artificiels en faveur des amphibiens (Meyer et al., 2011b). (a) Hibernaculum ; (b) pierrier

La principale caractéristique différenciant ces deux structures est que, pour les abris hivernaux, une partie du gîte est enterrée afin de protéger les individus du gel (Baker et al., 2011; Boissier et al., 2012; SHNVSL, 2015; Dervo et al., 2018). Les *hibernacula* peuvent également être adossés à des talus, orientés vers le nord, afin de limiter les vents froids (Meyer et al., 2011b; Mercken, 2020). Sa configuration est très importante, puisque celle-ci peut non seulement impacter la survie des amphibiens, mais aussi le début de leur migration printanière, à la recherche de sites de reproduction (Dervo et al., 2018). En effet, la profondeur de l'abri sous le sol, son exposition au soleil ou encore les matériaux les constituant ont un impact plus ou moins favorable sur le métabolisme des individus et, *in fine*, sur le risque de dessiccation et de mortalité due au gel (SHNVSL, 2015).

Une grande diversité de matériaux est utilisée lors de la construction de ces gîtes d'été et d'hiver : branches taillées, troncs, souches, feuilles mortes, pierres, etc. (Boissier et al., 2012; SHNVSL, 2015). Les amphibiens étant des vertébrés ectothermes à la peau perméable (Wells, 2007; Cox et al., 2008; Stuart et al., 2008), le choix du matériau est néanmoins à prendre en considération selon l'espèce et le milieu : des abris plus humides, par exemple constitués de bois, seront davantage propices aux amphibiens forestiers, alors que des abris plus secs, composés de pierres, attireront essentiellement des reptiles (SHNVSL, 2015) ou d'autres espèces d'amphibiens plus spécifiques, tels que l'Alyte accoucheur (Schlupmann, 2009). Concernant la taille des abris, les avis sont partagés. Baker et al. (2011)

suggèrent que de grandes structures seraient à privilégier puisqu'elles possèderaient une plus grande diversité de micro-habitats et permettraient dès lors de maintenir des conditions plus stables que de petites structures. Boissier et al. (2012) suggèrent, au contraire, que plusieurs abris de plus petite taille et groupés sont préférables à un gîte plus important.

La taille des matériaux représente également un élément important, afin d'offrir un maximum d'interstices et de cavités. Il est pour cela conseillé d'utiliser des matériaux de différentes tailles, allant de 20 à 40 cm de diamètre (Meyer et al., 2011b; Boissier et al., 2012; SHNVSL, 2015). Finalement, la proximité des abris aux sites de reproduction est un facteur clé (Denton et al., 1993a; Baker et al., 2011). Plus les refuges sont proches, plus les distances de migration, ainsi que les risques de dessiccation et de prédation sont réduits (Dervo et al., 2018). Denton et al. (1993a) ont également mentionné que la disponibilité en eau oriente les amphibiens dans leur choix de refuges, et ce, particulièrement pour les milieux très arides.

D. Evaluation du succès des abris : les méthodes de piégeage

Fouisseurs, de nature cryptique, nocturnes ou diurnes, terrestres et aquatiques (Wells, 2007; Cox et al., 2008), les amphibiens présentent une grande variété de comportements (Todd et al., 2007; Miaud et al., 2018). Par ailleurs, les conditions météorologiques influencent fortement leurs déplacements et activités (Gibbons et al., 1974). Ces deux traits ont conduit au développement d'une série de techniques de capture, aucune méthode ne s'avérant être efficace pour l'ensemble des espèces (Miaud et al., 2018).

Les techniques de piégeage peuvent être caractérisées en deux catégories : les pièges actifs et passifs (Willson et al., 2009; Ali et al., 2018). Les premiers font référence aux techniques de capture pour lesquelles les individus entrent dans le piège de leur propre gré, le but étant de les concentrer à un endroit donné. Les méthodes passives retiennent quant à elles l'animal, pris au piège. Bien que les captures passives soient généralement chronophages et fastidieuses, elles conduisent à des taux de captures plus élevés et des échantillonnages plus standardisés que les inventaires visuels (Willson et al., 2009).

i. Barrières anti-retour

L'utilisation de barrières anti-retour est une méthode très employée lors d'études sur l'écologie des amphibiens (Oldham et al., 1995), mais également à des fins de conservation lors d'opérations de sauvetage de batraciens (Aresco, 2005; Laudelout, 2014). Elles sont le plus souvent utilisées afin d'intercepter les amphibiens durant leurs migrations saisonnières, entre leurs milieux de reproduction et terrestres (Oldham et al., 1995; Willson et al., 2009).

Les barrières anti-retour sont des barrières verticales, qui permettent d'intercepter le mouvement des individus, et de les diriger vers des pièges (tel que piège à fosse ou à entonnoir), afin d'augmenter

le taux de capture (**Figure 4**) (Corn, 1994). Elles constituent des outils puissants pour les herpétologistes de terrain (Maritz et al., 2007). Pour leurs constructions, une grande variété de matériaux peuvent être utilisés, tels que des toiles synthétiques, de type polyéthylène (Weddeling et al., 2004; Dervo et al., 2018), des bandes d'aluminium (Todd et al., 2007), ou encore des grillages galvanisés et clôtures anti-érosion (Enge, 1997a; Ali et al., 2018). Chacun des matériaux ayant ses avantages et inconvénients (Enge, 1997b; Laudelout, 2014), le choix dépend des objectifs et de la longévité de l'étude, de la taille et du comportement des espèces ciblées, des moyens financiers, etc. (Willson et al., 2009).

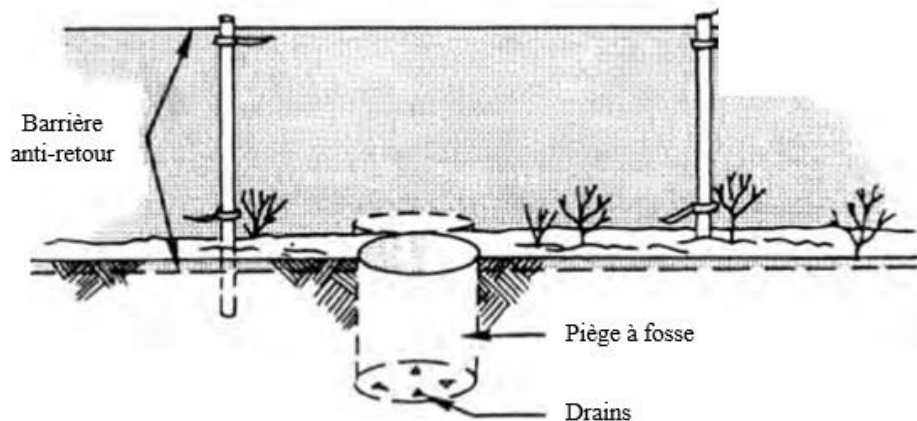


Figure 4 : Représentation schématique d'une barrière anti-retour, associée à un piège à fosse (Gibbons et al., 1982)

Le recours aux barrières anti-retour n'est toutefois pas sans biais. Un premier inconvénient est que les individus peuvent réussir à passer outre (Halliday, 2006). Ce problème peut néanmoins être réduit en prévoyant un rebord au sommet (Weddeling et al., 2004; Halliday, 2006), ou encore en enterrant la barrière sur quelques dizaines de centimètres (Oldham et al., 1995; Sutherland, 2006). La hauteur est également à ajuster en fonction des espèces ciblées. Pour les crapauds, une hauteur minimale de 25 cm est conseillée, contre 40 à 60 cm pour les grenouilles et tritons (Laudelout, 2014). D'autres désavantages sont que sa mise en place et sa construction sont relativement chronophages et coûteuses (Sutherland, 2006). En contrepartie, les barrières anti-retour permettent d'inventorier en continu une grande variété d'espèces d'amphibiens, sur une longue période de temps (Corn, 1994; Enge, 1997b; Halliday, 2006; Ali et al., 2018).

ii. Pièges à fosse

Les pièges à fosse sont l'un des systèmes de piégeages passifs les plus utilisés lors des inventaires herpétologiques (Jenkins et al., 2003; Sutherland, 2006). Il s'agit de récipients, pouvant être des boîtes à café métalliques ou encore des seaux en plastique, enterrés dans le sol et dont le bord supérieur se situe à la surface (Ali et al., 2018). Ce dispositif est placé le long des barrières anti-retour. En les longeant, les individus finissent par rencontrer le récipient et y tomber, se retrouvant pris au piège (Willson et al.,

2009). Pour le bon fonctionnement de cette technique, il est dès lors primordial que les pièges soient accolés aux barrières, au risque que les individus longent la barrière sans jamais tomber dans le trou de capture (Laudelout, 2014). La taille des récipients dépend des espèces ciblées et des objectifs (Maritz et al., 2007). S'il s'agit de tritons ou de salamandres, des pièges de la taille de petites boîtes de conserve peuvent suffire. Pour les Anoures, tels que les crapauds, il est conseillé d'opter pour de larges seaux, afin de limiter les risques de fuite (Oldham et al., 1995; Willson et al., 2009).

Cette technique de piégeage n'est toutefois pas sans risque et présente différentes sources de mortalité dues à la dessiccation (Jenkins et al., 2003) ou même à la noyade (Gibbons et al., 1982). La prédation constitue également un problème majeur (Ferguson et al., 2008; Kaczmariski et al., 2020). Des solutions peuvent toutefois être apportées afin de limiter ces risques de mortalité. Il est avant tout important que les pièges soient contrôlés fréquemment et régulièrement (Gibbons et al., 1982; Corn, 1994; Halliday, 2006). Il est également recommandé que les récipients soient recouverts d'une structure anti-prédateur, n'affectant pas le taux de capture (Ferguson et al., 2008; Willson et al., 2009). Finalement, les pièges peuvent être percés en leur base afin que l'eau ne stagne. Inversement, pour prévenir tout risque de dessiccation, des éponges humides sont couramment placées au fond des pièges (Jenkins et al., 2003; Todd et al., 2007; Willson et al., 2009).

iii. Plaques refuges

Également appelées plaques d'inventaire, les plaques refuges sont des planches ou panneaux, posés à même le sol, offrant des micro-habitats favorables à diverses espèces (Graitson et al., 2005; Miaud et al., 2018).

Contrairement aux deux autres systèmes de piégeage, les plaques refuges sont des méthodes actives, puisqu'elles permettent le recensement des individus sans pour autant les capturer. De fait, le principe de ces plaques est de concentrer les individus à un endroit donné, afin d'en faciliter l'inventaire. Elles sont particulièrement efficaces pour les espèces fouisseuses, recherchant activement des abris (Graitson et al., 2005; Willson et al., 2009). Divers matériaux peuvent être utilisés, tels que des planches en bois, en caoutchouc ou encore des tôles galvanisées. Le choix dépendra de l'espèce-cible et de ses exigences hydriques et thermiques en termes d'habitat terrestre (Lange et al., 2020).

3. Objectifs

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet *Life in Quarries* (LIFE14 NAT/BE/000364) et a comme principal objectif de déterminer si des abris temporaires sont utilisés comme abris de jour par les amphibiens, et en particulier par le Crapaud calamite et l'Alyte accoucheur. Ce premier objectif est scindé en trois sous-objectifs :

1. Etudier quelles espèces d'amphibiens sont présentes dans les abris, ainsi que déterminer si leur utilisation diffère selon le sexe et le stade des individus.
2. Evaluer si les individus sont fidèles à leurs gîtes au cours du temps, à l'aide d'identifications photographiques des patrons ventraux et/ou dorsaux.
3. Déterminer les environnements les plus propices à la mise en place de ces refuges, par caractérisation de variables environnementales avoisinant les abris.

Parallèlement, un second objectif consiste en une analyse critique des méthodes de piégeages d'amphibiens utilisées lors de ce travail. En effet, le milieu dans lequel l'étude se déroule ne permet pas une utilisation standardisée des pièges à fosse, étant impossible de creuser. Il a dès lors été nécessaire d'adapter les techniques de piégeage au milieu carrier.

4. Matériels et méthodes

A. Sites d'étude

Lors de cette étude, cinq sites carriers ont été sélectionnés. Il s'agit des carrières suivantes : **Jemelle** (Lhoist), **Hermalle** (Lhoist), **Frasnes** (Carmeuse), Les **Petons** (Solvay) et **Quenast** (Sagrex) (**Figure 5**).

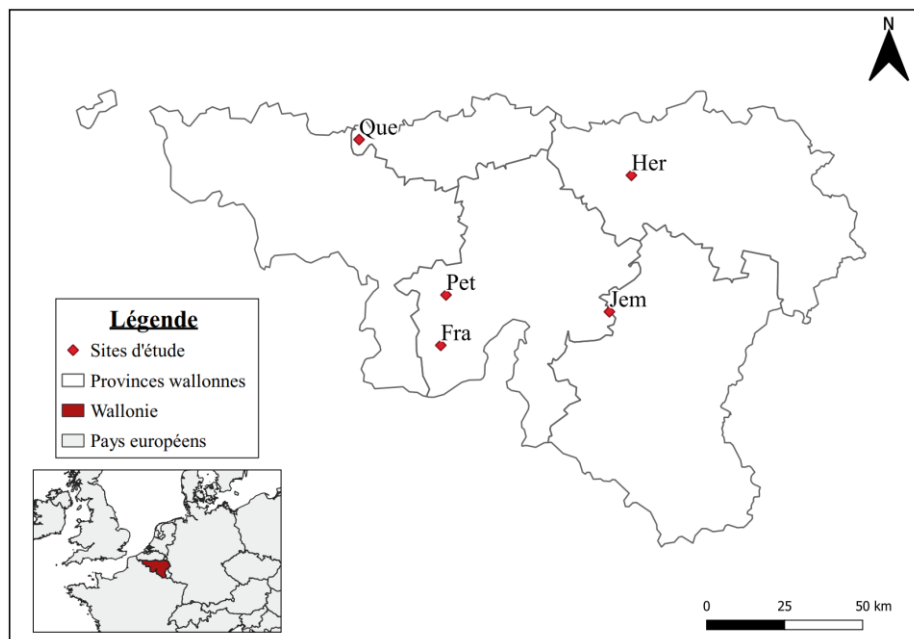


Figure 5 : Localisation des 5 carrières étudiées, situées en Wallonie. Que : Quenast, Her : Hermalle, Pet : Les Petons, Fra : Frasnes, Jem : Jemelle

Quatre des sites d'étude se trouvent en région continentale, *Que* se trouvant en région atlantique. Par ailleurs, le type d'extraction de ce dernier est le porphyre, alors qu'il s'agit de calcaire pour les autres. L'Alyte accoucheur et le Crapaud calamite sont tous deux présents sur l'ensemble des cinq sites, ce dernier ayant fait l'objet de translocations dans trois d'entre eux (Deflandre, 2021) (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Synthèse des cinq sites carriers

Site d'étude	Code	Domaine biogéographique	Superficie (ha)	Roche exploitée	Population de calamites
Jemelle	Jem	Continental	211.0	Calcaire	Introduite
Hermalle	Her	Continental	231.4	Calcaire	Introduite
Les Petons	Pet	Continental	86.0	Calcaire	Introduite
Quenast	Que	Atlantique	329.6	Porphyre	Etablie
Frasnes	Fra	Continental	59.9	Calcaire	Etablie

La sélection des sites a été réalisée en fonction de la présence des deux espèces-cibles de l'étude, l'accessibilité en termes de sécurité, la présence de grands fonds de fosses (d'au moins 8 ha) permettant la mise en place d'abris pouvant rester intacts jusqu'à la fin de l'étude, ou encore du type d'exploitation (sélection de milieux pierreux uniquement).

B. Mise en place des abris et du dispositif de piégeage

i. Position des abris

Pour l'étude, 42 abris ont été mis en place durant le mois de mars. Dans chacun des cinq sites, trois zones ont été définies, dans lesquelles trois abris ont été construits. Pour *Que*, seules deux zones, situées en fond de fosse, ont pu être sélectionnées. Ce sont donc six abris qui ont été étudiés, contre neuf pour les autres sites (**Annexes 3 à 10**). Les zones ont été définies de sorte à couvrir diverses situations environnementales présentes dans chacune des carrières. Ce sont trois environnements-types qui ont été ciblés : milieu de fond de fosse où les cachettes naturelles sont absentes, bord de falaise offrant de nombreux refuges naturels et zone intermédiaire à ces deux milieux.

La sélection des zones a également été réalisée en fonction de la présence de mares pionnières, afin de maximiser les chances que le Crapaud calamite et l'Alyte accoucheur y soient présents. Dans le cas des sites sujets à la translocation du Crapaud calamite, c'est-à-dire *Jem*, *Her* et *Pet*, la sélection des mares s'est concentrée sur celles où des œufs et têtards de cette espèce avaient été réintroduits les années précédentes. Par ailleurs, en émettant l'hypothèse que – plus les abris sont proches des sites de reproduction, moins les risques de mortalité (dus à la prédation, dessiccation, etc.) sont élevés lors des déplacements nocturnes (Dervo et al., 2018) – les abris ont été placés à proximité directe des mares pionnières, soit à moins de 5 m. La position des abris a d'abord été établie sur base de l'orthophotoplan 2020 et des données d'inventaire du projet *Life in Quarries*, pour ensuite être confirmée sur le terrain.

ii. Conception des abris

Les abris consistent en des tas de pierres, de taille variée, afin de maximiser les interstices (**Figures 6 et 7**). Bien qu'il soit généralement recommandé de privilégier l'utilisation de pierres de 20 à 40 cm de diamètre (Meyer et al., 2011b; Boissier et al., 2012), ce critère de taille n'a pas pu être homogène et respecté pour chacun des abris. Cela dépendait en effet des pierres présentes à proximité de la zone concernée : plusieurs centaines de mètres séparant certaines zones, il n'était pas toujours possible d'utiliser le même type de pierre pour chacune d'entre-elles. Il en est de même pour la taille des abris : ceux-ci ont été mis en place par des chargeuses, qui ne permettent pas une grande précision quant aux conformations des abris. Les tas de pierres mesurent 1.5 à 3.5 m de long, 1.0 à 2.1 m de large et 0.5 à 1.0 m de haut.

iii. Dispositif de piégeage

En vue de pouvoir inventorier les individus utilisant les abris, ces derniers ont été entourés d'une barrière anti-retour, de forme rectangulaire (**Figure 6a**). Celle-ci consiste en une bâche d'étanchéité, de 90 cm de large et de 10 ou 13 m de long selon la dimension des tas de pierres. La barrière mesure 60 cm de haut et le tout est maintenu par des pieds en bois autoportants, au nombre de quatre (**Figure 6b**). Afin d'éviter que les individus ne passent en dessous de la bâche, un repli à la base et vers l'intérieur de l'abri a été créé avec le restant de la bâche. Celui-ci a ensuite été recouvert d'un mélange de sable, de cailloux et de pierres. De plus, quatre tendeurs, partant du sommet de chaque pied, permettent de maintenir la bâche tendue. Ceux-ci sont maintenus à l'aide d'une pierre (**Figure 6c**).

Concernant le piégeage à proprement dit, deux types de pièges ont été testés. Le premier consiste en quatre pièges à fosse, disposés à l'intérieur de la barrière et placés aux quatre coins, accolés aux pieds autoportants (**Figure 7a**). Il s'agit de pots de fleurs, de 20 cm de hauteur et 25 cm de diamètre. Comme expliqué précédemment, le principe premier de ces pièges est que, en longeant la barrière, l'individu finisse par tomber dans le pot et se retrouve pris au piège. Il n'a néanmoins pas été possible de creuser afin d'enterrer les pots dans le sol, du fait du substrat rocheux. Ceux-ci ont dès lors été dissimulés dans des tas de sable ou de gravier, en fonction de la matière présente à proximité des zones. Par ailleurs, en vue d'éviter que les individus ne les contournent, un maximum de matière a été utilisé, de sorte que les pentes ne soient pas trop abruptes. Le choix de la hauteur des pots résultait donc du compromis entre les risques de fuite et de la taille des buttes, permettant de dissimuler les pièges. Pour quatre pots de 20 cm de hauteur, l'équivalent de 10 brouettes de sable était nécessaire.

Le deuxième piège se présente quant à lui sous la forme de bandes de bitume, de 28x50 cm. Une bande par abri a été disposée à l'intérieur de la barrière, au niveau d'un des côtés du rectangle (**Figure 7a**). Les plaques refuges sont en effet régulièrement utilisées lors d'inventaires herpétologiques, servant d'abri artificiel, sous lesquelles les amphibiens se réfugient à la recherche de chaleur.

Une vue d'ensemble d'une zone de trois abris, entourés des dispositifs de piégeage, est présentée à la **Figure 7b**. Au total, neuf barrières et 36 pieds ont été installés et transportés au sein des cinq sites étudiés. Le temps de construction et le prix du matériel n'ont pas permis d'en construire pour chacun des 42 abris et d'ainsi les laisser sur place. Les pots et bandes de bitume ont quant à eux été laissés sur place.

Par ailleurs, afin d'éviter toute propagation de pathogènes, tel que le *Batrachochytrium*, l'ensemble du matériel fut désinfecté par pulvérisation d'une solution de Virkon® à 1% et rincé à l'eau claire, entre chaque session de capture. Les individus ont également été manipulés avec des gants non poudrés (Miaud, 2014).



Figure 6 : Abri entouré du dispositif de capture. (a) Barrière anti-retour de forme rectangulaire, (b) maintenue par quatre pieds autoportants et (c) tendue à l'aide de tendeurs

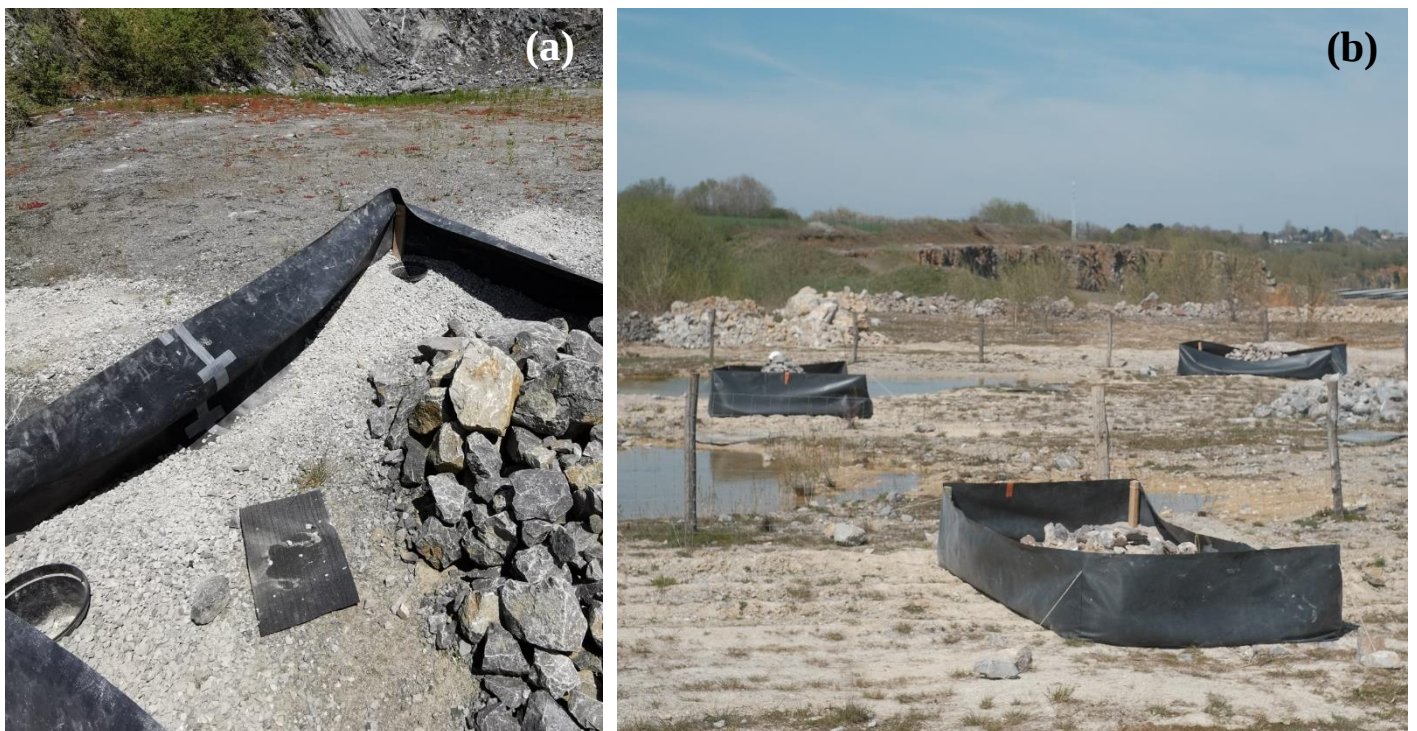


Figure 7 : Dispositif de capture. (a) Plaque refuge et deux pièges à fosse dissimulés dans des tas de cailloux ; (b) vue d'ensemble de trois systèmes de piégeage entourant les abris

C. Acquisition des données

i. Relevé des individus

La collecte des données a été organisée sur cinq périodes de deux semaines (débutant le 19/04 et terminant le 22/06). Au sein de chaque période, les cinq sites ont été échantillonnés les uns à la suite des autres par une session de capture d'une nuit (**Tableau 2**). Comme beaucoup d'amphibiens, le Crapaud calamite et l'Alyte accoucheur sont des espèces nocturnes (Beebee et al., 1996; Graitson et al., 2007; Speybroeck et al., 2018). Le dispositif de piégeage (barrières anti-retour, pièges à fosse et plaques de bitume) a dès lors été installé en journée, avant le coucher du soleil, et les pièges ont été relevés le lendemain matin, avant 9 h. Au total, chacun des 42 abris a donc été inventorié cinq fois.

Tableau 2 : Organisation des cinq périodes de piégeage. am : matinée, relevé et démontage des systèmes de piégeage ; pm : après-midi, montage des systèmes de piégeage

Période 1	19-avr	20-avr	21-avr	22-avr	23-avr	24-avr	25-avr
am		Her			Fra		Pet
pm	Her			Fra		Pet	
	26-avr	27-avr	28-avr	29-avr	30-avr	01-mai	02-mai
am		Que	Jem				
pm	Que	Jem					
Période 2	03-mai	04-mai	05-mai	06-mai	07-mai	08-mai	09-mai
am		Her			Fra		Pet
pm	Her			Fra		Pet	
	10-mai	11-mai	12-mai	13-mai	14-mai	15-mai	16-mai
am		Que	Jem				
pm	Que	Jem					
Période 3	17-mai	18-mai	19-mai	20-mai	21-mai	22-mai	23-mai
am		Her	Jem	Fra	Pet		
pm	Her	Jem	Fra	Pet			
	24-mai	25-mai	26-mai	27-mai	28-mai	29-mai	30-mai
am		Que					
pm	Que						
Période 4	31-mai	01-juin	02-juin	03-juin	04-juin	05-juin	06-juin
am		Her	Jem	Fra	Pet		
pm	Her	Jem	Fra	Pet			
	07-juin	08-juin	09-juin	10-juin	11-juin	12-juin	13-juin
am		Que					
pm	Que						
Période 5	14-juin	15-juin	16-juin	17-juin	18-juin	19-juin	20-juin
am		Jem	Pet	Fra			Her
pm	Jem	Pet	Fra			Her	
	21-juin	22-juin	23-juin	24-juin	25-juin	26-juin	27-juin
am		Que					
pm	Que						

Chaque individu piégé a été dénombré et identifié selon l'espèce, le sexe et le stade (juvénile ou adulte). Ils ont ensuite été relâchés de l'autre côté de la barrière, sous une cache se trouvant à proximité de l'abri, telle qu'un interstice sous une grosse pierre.

Les Crapauds calamites ont été sexés sur base de la couleur de la gorge, ainsi que de la présence/absence de callosités nuptiales. Pour les Alytes accoucheurs, ce sont les critères de taille et de présence d'œufs, ou d'ovaires visibles, qui ont été déterminants. Concernant les Tritons alpestres, la

couleur du dos ainsi que la présence/absence de crête ont été pris en compte et finalement, pour les Tritons ponctués, il s'agit de la taille des taches sur le ventre.

La caractérisation du stade a été définie sur base de la distance du bout du museau au cloaque de chaque individu piégé, mesurée à l'aide d'une latte. Dès lors, tout individu de Crapaud calamite mesurant plus de 4 cm (Denton et al., 1994) et d'Alyte accoucheur mesurant plus de 3 cm (Kordges, 2003) a été considéré comme adulte. Pour les tritons, les individus mesurant plus de 7 cm ont été considérés comme adulte (Denoël, 2007).

ii. *Fidélité des individus*

Au sein de chacune des zones, la fidélité des individus aux abris a été évaluée afin de déterminer si leur présence est ponctuelle, ou s'ils trouvent un réel intérêt à la construction de ces abris.

La fidélité a été analysée par identification photographique de chaque individu piégé. Par ailleurs, tout élément caractéristique permettant de distinguer l'individu, tel qu'un bout de queue coupé chez un triton, a également été relevé.

Pour le Crapaud calamite, les individus ont été identifiés sur base de leurs patrons ventraux et dorsaux. Lors de la prise en photo, les crapauds ont été placés dans une boîte de pétri, dont le fond a été recouvert d'une feuille de papier millimétré afin d'uniformiser l'arrière-plan des images (**Figure 8a**).

Concernant l'Alyte accoucheur, l'identification a été réalisée selon plusieurs éléments : taille des individus, photo du patron dorsal, ainsi qu'une photo de leur iris gauche (**Figure 8b**). Une étude utilisant cette méthode d'identification pour une espèce de Gecko (*Tarentola boettgeri bischoffi*) s'est révélée être fiable (Carrilho et al., 2013).

Finalement, les Tritons alpestres et ponctués ont été identifiés grâce à leur patron ventral. La disposition des taches noires sur la gorge, ainsi que sur la face inférieure de la queue, a permis de reconnaître les individus de Tritons alpestres (**Figure 8c**). Pour les Tritons ponctués, il s'agit de la position des taches sur le ventre qui a été déterminante (**Figure 8d**). Afin de pouvoir prendre leur face inférieure en photo, les individus ont été disposés dans une boîte de CD, dont le fond a également été recouvert d'une feuille de papier millimétré.

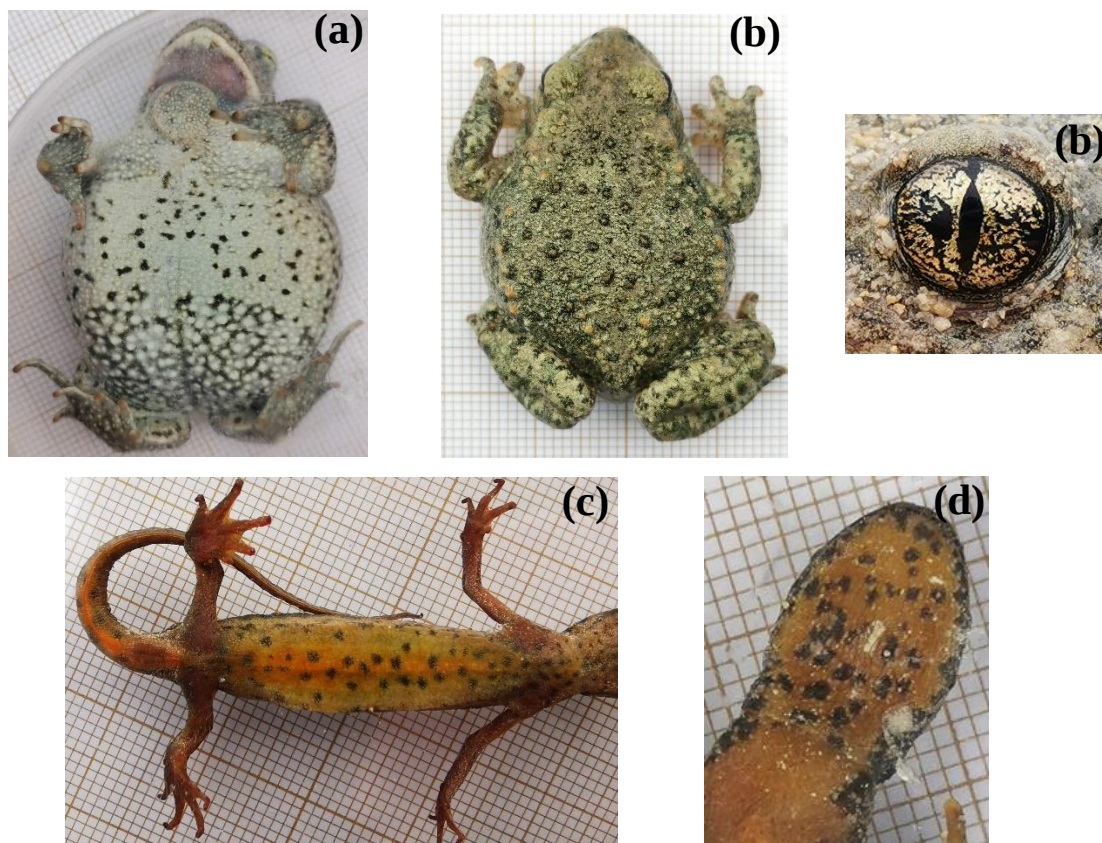


Figure 8 : Identifications photographiques des différents individus. (a) Patron ventral d'un *Crapaud calamite* ; (b) patron dorsal et œil gauche d'un *Alyte accoucheur* ; (c) patron ventral d'un *Triton ponctué* ; (d) gorge d'un *Triton alpestre*

iii. Caractérisation de la présence du *Crapaud calamite* et de l'*Alyte accoucheur*

Lors des cinq périodes de capture, chaque zone contenant les abris a été inventoriée afin de confirmer la présence d'individus de *Crapauds calamites* et d'*Alytes accoucheurs*. L'intérêt étant de déterminer à posteriori si leur absence au sein des abris est due à leur absence dans les environs, ou au fait qu'ils n'y soient pas attirés.

Le **Tableau 3** reprend l'ensemble des méthodes d'inventaire utilisées dans le but de confirmer la présence, ou non, des deux espèces au sein des 14 zones d'étude.

Tableau 3 : Méthodes utilisées permettant de confirmer la présence des deux espèces de crapauds au sein des différentes zones à abris. Le nom des zones est repris de la façon suivante : « nom du site_numéro de la zone ». P : présence, A : absence

Méthode	Site et zone concernés	Fréquence	Sp ciblée	Paramètre	Description
Pontes	Tous	Au cours des 5 passages, le jour de la mise en place des pièges	Crapaud calamite	P/A	Présence de pontes
Distribution spatiale des individus (Deflandre, 2021)	Her Pet Jem	Etude réalisée d'avril à juin 2021	Crapaud calamite	P/A	Présence de l'espèce
Chants	Tous	Au cours des 5 passages, le jour du montage et démontage des pièges	Alyte accoucheur	P/A	Présence de mâles chanteurs
Plaques inventaire	Her_1 Pet_1, 2, 3 Jem_1, 3	Au cours des 5 passages, le jour de la mise en place des pièges	Crapaud calamite Alyte accoucheur	P/A Abondance	Présence des espèces sous plaques Nombre d'individus sous plaques
Observation ponctuelle	Tous	Au cours des 5 passages, le jour du montage et démontage des pièges	Crapaud calamite Alyte accoucheur	P/A Abondance	Présence d'individus sous bâche et tas de sable Nombre d'individus sous bâche et tas de sable

Tout d'abord, chaque mare se trouvant dans un rayon de 50 m autour des abris étudiés a été prospectée afin de déterminer si des pontes de Crapauds calamites s'y trouvaient. Par ailleurs, pour trois des cinq sites, les données, concernant la distribution spatiale des individus de Crapauds calamites au sein des sites (Deflandre, 2021), ont également été utilisées afin de confirmer la présence/absence de l'espèce au sein des zones d'abris. La détection de la présence d'Alytes a en partie été possible par l'écoute des mâles chanteurs, entendus de jour durant la mise en place et la déconstruction des dispositifs de piégeage.

En ce qui concerne les plaques d'inventaire, cinq plaques se trouvaient dans six des 14 zones étudiées. Ces plaques correspondent à des bandes transporteuses en caoutchouc d'environ 50x80 cm. Lors de chaque session de capture, le jour de la mise en place des pièges, les plaques ont été relevées et les individus s'y trouvant inventoriés. Finalement, lors du montage et démontage des systèmes de piégeage, tout individu retrouvé sous le rebord de la bâche ainsi que dans les tas de sable, servant à dissimuler les pièges, a été inventorié. Pour ces deux dernières méthodes, l'abondance (nombre de crapauds, si présents) a été prise en compte. Dès lors, en plus de confirmer la présence des deux espèces, les plaques d'inventaire et toute autre observation ponctuelle ont été utilisées afin de caractériser **l'utilisation d'autres refuges** par le Crapaud calamite et l'Alyte accoucheur.

Le **taux de succès minimal des abris** a également pu être déterminé, sachant le nombre de zones dans lesquelles la présence des espèces est avérée, ainsi que le nombre d'abris où des individus ont été capturés.

iv. *Variables environnementales caractérisant les zones d'abris*

Afin de déterminer les environnements favorables à la construction d'abris pour le Crapaud calamite et l'Alyte accoucheur, deux paramètres abiotiques ont été étudiés (**Tableau 4**). Ces derniers ont été établis sur base de l'orthophotoplan 2020 et confirmés sur le terrain.

Tableau 4 : Paramètres abiotiques caractérisant les zones d'abris

Variable	Signification	Valeur
Proximité abris	Distance des abris par rapport aux autres caches potentielles	3 classes, m
Activité extractive	Présence de passages réguliers d'engins dans le secteur carrier où se trouve la zone d'abris	Présence/absence

Les différentes zones comprenant les abris ont été classées selon trois classes, définissant la variable *proximité abris* :

1. Conformation « fond de fosse » : zone très isolée, où aucun autre abri potentiel ne se trouve dans un **rayon minimal de 50 m (Annexe 11)** ;
2. Conformation « intermédiaire » : zone présentant d'autres abris potentiels dans un **rayon de 20 à 50 m (Annexe 12)** ;
3. Conformation « bord de falaise » : zone non isolée d'autres refuges, se trouvant à **moins de 20 m** des abris étudiés (**Annexe 13**).

Tout tas de pierres possédant des interstices suffisants afin d'accueillir des individus (pierres de diamètres supérieurs à 20 cm (Meyer et al., 2011b; Boissier et al., 2012)) est considéré comme étant un abri potentiel. Les tas de sable sont également pris en compte, connaissant le caractère fouisseur du Crapaud calamite et de l'Alyte accoucheur (Titeux, 2000; Wells et al., 2015).

Concernant la deuxième variable, *activité extractive*, les différentes zones ont été classées selon deux classes : présence ou absence de passages réguliers d'engins dans le secteur carrier où se trouve la zone d'abris. Cela permet de caractériser si ces zones se situent dans un secteur actif de la carrière.

Ces deux variables ont été mises en relation avec le nombre de Crapauds calamites et accoucheurs capturés. Seules les zones dans lesquelles leur présence est avérée ont été prises en compte.

5. Résultats

A. Relevé des individus piégés

Sur les 210 visites, soit 42 abris et cinq passages par abri, un total de 27 individus a été capturé. Tous étaient adultes et quatre espèces ont été recensées : huit Alytes accoucheurs (*Alytes obstetricans*), neuf Crapauds calamites (*Epidalea calamita*), neuf Tritons alpestres (*Ichthyosaura alpestris*) et un Triton ponctué (*Lissotriton vulgaris*).

En fonction des espèces, la proportion de mâles et de femelles capturés diffère. Le sex-ratio est de 8.0 pour le Crapaud calamite, de 0.6 pour l'Alyte accoucheur et de 0.3 pour le Triton alpestre. Le seul Triton ponctué capturé était une femelle (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Nombre d'individus mâles et femelles capturés, selon les espèces. Le sex-ratio correspond au rapport mâles:femelles

Espèce \ Sexe	Sexe		Total	Sex-ratio
	Mâle	Femelle		
Crapaud calamite	8	1	9	8.0
Alyte accoucheur	3	5	8	0.6
Triton alpestre	2	7	9	0.3
Triton ponctué	0	1	1	-
Total	13	14	27	-

Selon les sites d'études, la proportion d'individus piégés par espèce est différente. Alors que six Crapauds calamites ont été piégés à *Que*, aucun n'a été retrouvé à *Jem* et un seul dans les trois autres sites. L'Alyte accoucheur a quant à lui été piégé dans chaque carrière, mise à part celle de *Fra*. Des tritons ont uniquement été retrouvés à *Pet* (six Tritons alpestres et un ponctué) et *Her* (trois Tritons alpestres). Par ailleurs, le nombre maximal d'individus piégés au sein du même site est de 10 (*Pet*), alors qu'un seul individu a été recensé à *Jem* et *Fra* (**Figure 9**).

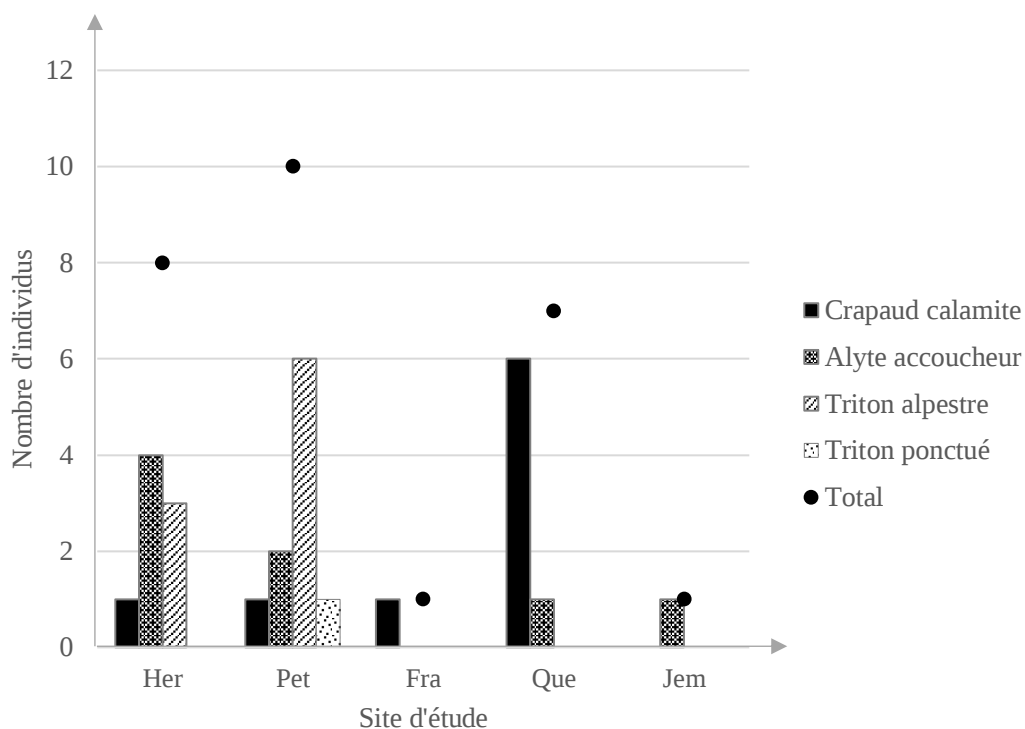


Figure 9 : Nombre d'individus piégés, par espèce et sites carriers

Concernant les deux méthodes de piégeage testées, il s'est avéré qu'aucun individu n'a été observé sous les **plaques de bitume** présentes à l'intérieur des barrières anti-retour. En revanche, les 27 individus ont été capturés dans les **pièges à fosse** (Tableau 6).

Tableau 6 : Synthèse des deux méthodes de piégeage utilisées et du nombre d'individus capturés par type de piège

Type de piège	Nombre par abri	Nombre d'individus piégés
Piège à fosse	4	27
Plaque bitume	1	0

B. Fidélité des individus

Lors des cinq périodes de capture, seul un individu s'est montré fidèle à son abri. Celui-ci a été piégé à deux reprises, lors de deux passages successifs (27/04 et 11/05) à Que. Il s'agit d'un Crapaud calamite mâle adulte. Son identification a été rendue possible grâce à son patron dorsal. Cet individu n'a néanmoins plus été aperçu lors des trois passages suivants (**Figure 10**).

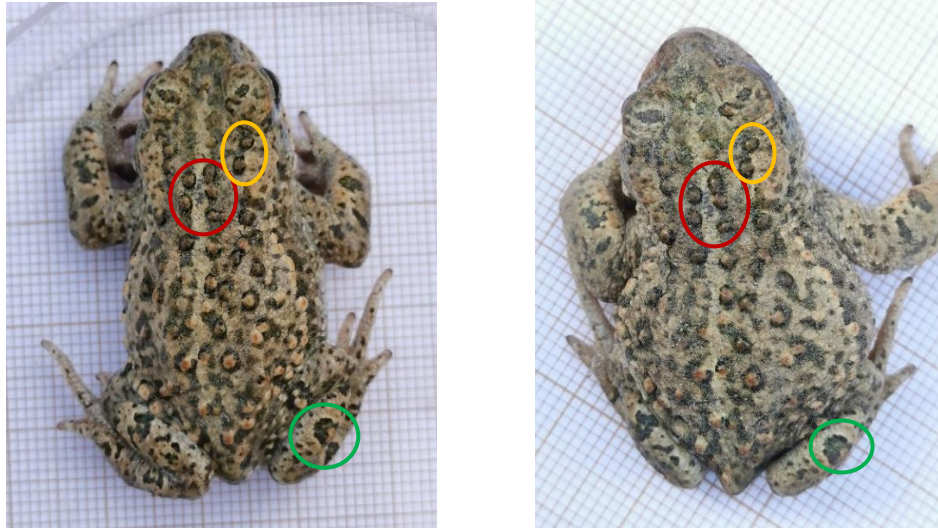


Figure 10 : Photos du patron dorsal d'un Crapaud calamite capturé à deux sessions successives à Que (27/04 et 11/05). Les cercles de couleurs mettent en évidence la similitude des pustules permettant la reconnaissance de l'individu

Bien qu'aucun autre individu n'ait été capturé à plusieurs reprises au sein d'une même zone, six tas de pierres (sur les 14 où au moins un individu a été piégé) se sont vu abriter des amphibiens plusieurs fois au cours des sessions. A la suite des cinq périodes de capture, le nombre maximal d'individus piégés au sein d'un même abri est de six : cinq Tritons alpestres et un Alyte. Ces cinq tritons ont par ailleurs été retrouvés le même jour. En ce qui concerne les Crapauds calamites, le nombre maximal d'individus piégés au sein d'un même abri, le même jour, est de deux, et un maximum d'un individu pour le Crapaud accoucheur.

C. Caractérisation de la présence du Crapaud calamite et de l'Alyte accoucheur

Après avoir prospecté chacune des zones étudiées, le Crapaud calamite et l'Alyte accoucheur ont tous deux été observés dans 12 des 14 zones à abris. Aucune trace des deux espèces n'a été notée dans les zones *Fra_3* et *Pet_3*.

i. Taux de succès minimal des abris

Sur les 36 abris se trouvant dans des zones où la présence du Crapaud calamite a été confirmée, des individus ont été capturés dans six d'entre eux, soit 17%. Concernant l'Alyte accoucheur, celui-ci a été retrouvé dans 22% des abris étudiés, soit huit des 36 abris se trouvant dans des zones où la présence de l'espèce est avérée (**Tableau 7**). Il est à noter que ces deux espèces n'ont été retrouvées que dans deux mêmes abris.

Tableau 7 : Taux de succès minimal des abris pour le Crapaud calamite et Alyte accoucheur (nombre d'abris où au moins un individu a été capturé par rapport au nombre d'abris se trouvant dans des zones où la présence de l'espèce est avérée)

Espèce	Nombre d'abris où la présence de l'espèce est avérée	Nombre d'abris où l'espèce a été capturée	Taux de succès minimal
Crapaud calamite	36	6	17%
Alyte accoucheur	36	8	22%

ii. Utilisation d'autres refuges

Lors des différentes sessions de capture, des individus ont été retrouvés sous divers refuges, autres que les 42 tas de pierres étudiés (**Tableau 8**).

Tableau 8 : Nombre d'Alytes accoucheurs et de (Crapauds calamites) retrouvés dans trois types de refuges, autres que les abris étudiés, au cours des différentes sessions de capture. A : adulte, J : juvénile

Type de refuge	Stade		Total
	A	J	
Rebord bâche	12 (1)	- (5)	12 (6)
Tas de sable	4 (2)	- (-)	4 (2)
Plaques inventaire	6 (55)	1 (> 20)	7 (>75)

Tout d'abord, durant le démontage des systèmes de capture, un total de 18 individus a été dénombré **sous le rebord de la bâche**, placée autour des abris : 12 Alytes accoucheurs adultes et six Crapauds calamites - dont une femelle adulte et cinq crapelets.

Ensuite, à côté de chaque abri étudié se trouvait **un tas de sable** (ou de cailloux), utilisé afin de dissimuler les pots de piégeage. Dès lors, au moment de la mise en place du système de piégeage, et donc du déplacement des tas de sable autour des pièges, des individus y ont été aperçus : quatre Alytes mâles, tous portant des œufs, ainsi que deux Crapauds calamites adultes.

Finalement, lors du relevé des **plaques d'inventaire** se trouvant à proximité des abris étudiés, sept Alytes, 55 Crapauds calamites adultes ainsi que plus de 20 juvéniles ont été comptabilisés.

D. Variables environnementales caractérisant les zones à abris

La première variable analysée concerne la proximité des zones à d'autres refuges potentiels, présents avant la mise en place des abris étudiés. Aucun crapaud, deux espèces confondues, n'a été capturé dans les zones très isolées (classe 1). Il s'agit notamment des zones *Fra_2* et *Jem_3*. Par ailleurs, six Alytes ont été retrouvés dans des abris de situation intermédiaire (classe 2) – c'est-à-dire où d'autres caches sont disponibles dans un rayon de 20 à 50 m – et seulement deux ont été piégés dans des abris se trouvant à moins de 20 m d'autres refuges (classe 3). Les résultats sont similaires concernant le Crapaud calamite, pour lequel sept individus ont été piégés dans des zones intermédiaires et deux dans des zones riches en cachettes (**Figure 11**).

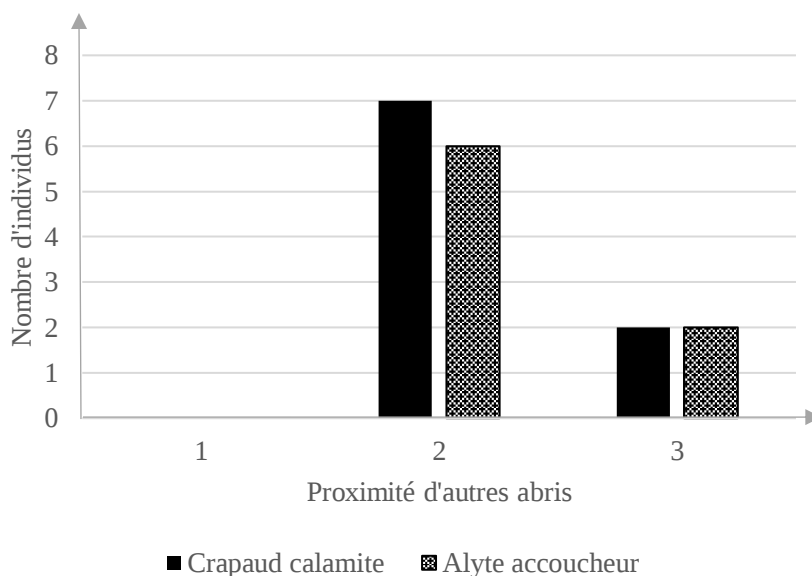


Figure 11 : Nombre de Crapauds calamites et/ou accoucheurs capturés par zone, en fonction de leur proximité à d'autres abris. 1 (n=3) : rien à moins de 50 m, 2 (n=5) : autres abris entre 20 et 50 m, 3 (n=4) : abris à moins de 20 m. n étant le nombre de zones par classe

La deuxième variable porte sur l'activité extractive des zones. Dans ce cas, les résultats sont contraires selon l'espèce. Alors que six Alytes ont été recensés dans des zones sujettes à une activité extractive, seuls trois Crapauds calamites l'ont été. Au contraire, six Crapauds calamites ont été piégés en zones inactives, contre deux Alytes (**Figure 12**).

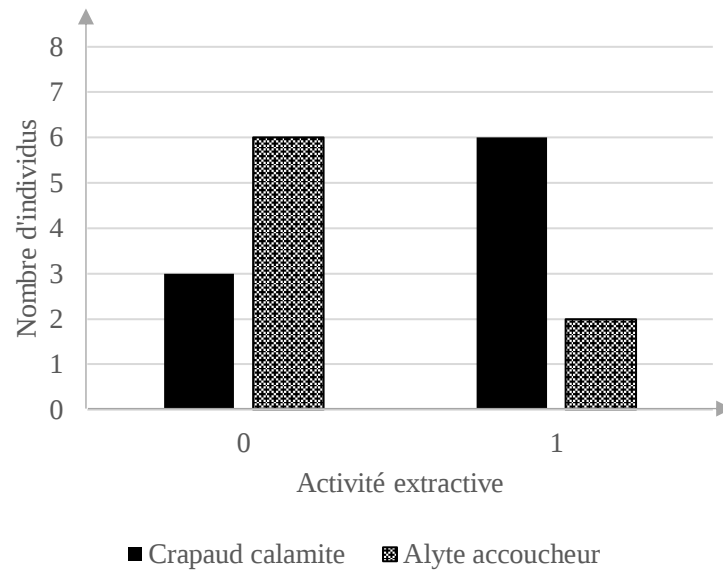


Figure 12 : Nombre de Crapauds calamites et/ou accoucheurs capturés par zone, en fonction de l'activité extractive. 0 (n=6) : non-actif, 1 (n=6) : actif. n étant le nombre de zones par classe

6. Discussion

Partie 1 : Analyse critique de la méthode de piégeage

Avant toute chose, il est important d'insister sur le fait que cette étude est l'une des premières à s'intéresser au succès d'abris artificiels et estivaux pour les amphibiens, utilisés comme abri de jour. Et ce, d'autant plus en milieux carriers. Plusieurs études ont déjà permis d'évaluer l'utilisation d'abris artificiels, mais se sont concentrées sur des gîtes d'hivernage, appelés *hibernacula* (Neave et al., 2007; Latham et al., 2008; Dervo et al., 2018). Le dispositif de piégeage en a d'ailleurs été inspiré, à savoir le placement de **barrières anti-retour** autour des abris et de **pièges à fosse** adossés à la barrière. La principale différence est que, à cause du substrat rocheux, il était impossible de creuser afin d'enterrer les pièges. Une adaptation a dès lors été nécessaire : dissimuler les pots dans des tas de sable et de cailloux. Or, le risque que cette modification influence le taux de capture n'est pas nul. En effet, ces buttes, entourant les pièges, représentent une contrainte non négligeable et pourraient restreindre les individus à les grimper et, *in fine*, être piégés. Une deuxième différence est que, lors de ces études s'intéressant aux *hibernacula*, les dispositifs de piégeage restaient en place durant plusieurs mois, contrairement à l'étude ci-présente où les barrières et pièges ont été placés le temps d'une seule nuit. La capture dépendait dès lors du déplacement des individus hors des abris et il est fort probable que des individus étaient présents à l'intérieur des abris mais n'en soient pas sortis la nuit du piégeage. Deux derniers éléments à prendre en considération avec cette méthode de piégeage sont les risques de fuite et de prédation des individus piégés dans les pots, qui peuvent induire une sous-estimation de l'effectif occupant réellement les abris. Un héron a notamment été aperçu à deux reprises le matin des relevés des pièges dans la zone *Her_2*.

En tenant compte de l'ensemble de ces facteurs, il est impossible de conclure quant au nombre exact d'individus qui a réellement occupé les abris durant ces trois mois d'étude. La méthode de capture pourrait, en effet, fortement sous-estimer leur abondance, ou au contraire, donner une bonne approximation de la réalité. Néanmoins, les 27 individus capturés par les pièges à fosse témoignent de leur succès, bien que les probabilités de capture restent inconnues.

Par ailleurs, les **plaques de bitume**, placées à l'intérieur des barrières, n'ont quant à elles permis de piéger aucun individu. Une explication serait que ces plaques n'étaient placées que le temps d'une nuit et retirées le lendemain matin, lors du relevé des pièges. L'idéal aurait été de ne pas les enlever, afin qu'un micro-habitat s'y crée. En effet, il est conseillé de placer les plaques au moins deux mois avant le début de l'étude, leur efficacité augmentant avec le temps (Naulleau, 2002 cité par Graitson et al., 2005). Néanmoins, laisser ces plaques à proximité des abris risquait de biaiser les résultats. De fait, des individus auraient pu s'y réfugier, au détriment des refuges étudiés. Il est également à noter que l'effort de capture par plaques était inférieur à celui des pièges à fosse : seule une plaque se trouvait à l'intérieur des barrières, alors que quatre pièges à fosse étaient installés par abri.

Partie 2 : Utilisation des abris

A. Relevé des individus

i. Nombre d'individus capturés et diversité des espèces

Durant les mois d'avril à juin 2021, ce sont 27 individus, de quatre espèces différentes (huit *Alytes* accoucheurs (*Alytes obstetricans*), neuf Crapauds calamites (*Epidaleae calamita*), neuf Tritons alpestres (*Ichthyosaura alpestris*) et un ponctué (*Lissotriton vulgaris*)), qui ont été capturés. Ce résultat est la preuve que ces abris sont bien utilisés, et ce, par différentes espèces d'amphibiens. Néanmoins, l'effectif d'individus recensés reste relativement faible. A titre de comparaison, la taille estimée des populations de Crapauds calamites sur les sites de *Jem*, *Pet* et *Her* est respectivement de 80, 56 et 50 individus (Deflandre, 2021). En contrepartie, aucun individu n'a été capturé dans le premier site, et un seul dans chacun des deux autres. Par ailleurs, à *Pet_1*, un total de 44 individus a été comptabilisé dans la zone (Deflandre, 2021), alors qu'un seul crapaud a été capturé, occupant un des abris. Ce nombre relativement faible d'individus piégés pourrait en partie être expliqué par le fait qu'il s'agit d'abris très jeunes (en omettant l'hypothèse de sous-estimation induite par la méthode de piégeage). Les abris ont en effet été mis en place au courant du mois de mars, soit moins d'un mois avant le début des sessions de capture. Croak et al. (2010) ont déterminé que le potentiel d'utilisation d'abris artificiels par les reptiles et invertébrés augmentait avec le temps. Il en est de même pour Dervo et al. (2008) qui ont pu mettre en évidence que le nombre d'individus occupant les *hibernacula* (Tritons crêtés (*Triturus cristatus*) et ponctué) avait triplé en trois ans. Il pourrait donc être supposé que ces abris soient davantage attractifs avec le temps.

L'utilisation des abris par ces quatre espèces était espérée, leur biologie s'y prêtant. Néanmoins, la mise en place des abris était principalement destinée aux deux espèces de crapauds ciblées par l'étude, à savoir le Crapaud calamite et l'Alyte accoucheur. Ceux-ci sont en effet connus pour être nocturnes, passant leur journée cachés sous des pierres ou toute autre cachette, n'en sortant qu'à la tombée de la nuit pour se reproduire ou encore se nourrir (Laudelout, 2016; Denton et al., 1992; Günther et al., 1996 cité par Uthleb, 2012). Ces abris pourraient également être attractifs pour le Crapaud commun (*Bufo bufo*), du moins durant sa période de reproduction au vu de la localisation des abris. Cependant, celle-ci touchait à sa fin lors du début des prises de données (mi-avril). Les adultes devaient, pour la plupart, déjà avoir rejoint leurs quartiers d'été, différents des sites de reproduction (Percsy et al., 2007). Cela pourrait expliquer le fait qu'aucun crapaud n'ait été capturé, sa présence était pourtant avérée sur au moins six zones, où des têtards et juvéniles ont été observés. Lors d'études antérieures, le Crapaud commun avait effectivement été inventorié dans des *hibernacula* artificiels, de même que la Grenouille rousse (*Rana temporaria*), le Triton ponctué ou encore le Triton crêté (Neave et al., 2007; Latham et al., 2008; Dervo et al., 2018). Ces études ont d'ailleurs pu démontrer que la construction d'abris artificiels avait permis d'améliorer la qualité de l'habitat terrestre des amphibiens et qu'ils pouvaient être utilisés

avec succès pour la conservation de ces vertébrés, en leur procurant des refuges à l'abri du gel et des prédateurs (Neave et al., 2007; Latham et al., 2008; Dervo et al., 2018). Il serait dès lors intéressant d'étudier les abris sur une plus longue période et à différentes périodes de l'année, afin de déterminer si leur attractivité diffère selon les saisons et les espèces.

En réalité, ces gîtes n'ont pas uniquement été utilisés par les amphibiens. Au cours des différentes sessions de capture, 3 Lézards des murailles (*Podarcis muralis*) ont été piégés et plus d'une trentaine ont été observés sortant des abris ou encore « prenant le soleil », au sommet de pierres. En plus d'être des refuges contre les prédateurs, ces structures bien ensoleillées sont également propices à leur thermorégulation, les reptiles étant tout comme les amphibiens des vertébrés à sang-froid (Webb et al., 2000; Croak et al., 2010; Lelièvre et al., 2010).

ii. Stades de développement

Bien qu'uniquement des individus adultes aient été capturés, il ne peut pour autant être conclu que ces abris ne sont pas utilisés par les juvéniles. Deux éléments peuvent être avancés afin d'expliquer ce propos.

Tout d'abord, en ce qui concerne les juvéniles de Crapauds calamites, il semblerait que le système de piégeage ne leur soit pas adapté, ceux-ci étant principalement diurnes (contrairement aux adultes) jusqu'à la fin de leur premier été (Graitson et al., 2007). Le dispositif de piégeage a été conçu pour les espèces nocturnes, utilisant les abris de jour. Les abris semblaient toutefois leur être attractif : environ 40 crapelets de Crapauds calamites ont été observés lors de la dernière session de capture à Que. Ces juvéniles mesuraient moins de 2 cm et venaient de sortir de l'eau. Ils ont été aperçus le jour du relevé des pièges, en mouvement hors de l'abri, mais retenus par la barrière anti-retour entourant l'abri. Par ailleurs, sachant que les juvéniles sont encore dépendants des milieux aquatiques et restent à leur proximité durant les premiers jours et semaines suivant leur métamorphose (Sinsch, 1997), la disponibilité de caches à proximité des mares semblerait être un élément important pour les jeunes de cette espèce.

Une autre explication est que la période de capture (soit de mi-avril à mi-juin) correspondait davantage à la période de reproduction et de ponte des deux espèces de crapauds, qu'à celle de la métamorphose des larves en juvéniles, qui est plus tardive. En effet, dans nos régions, les premiers crapelets de Crapauds calamites sortent généralement de l'eau aux alentours des mois de mai et juin, selon les conditions météorologiques et la température de l'eau (Graitson et al., 2007). Dans le cadre de cette étude, les premiers juvéniles observés dataient du 8 juin. Les températures relativement faibles des mois d'avril et mai (IRM, 2021a, 2021b) ont pu, en plus de retarder la période de reproduction, ralentir le développement des larves (Sanuy et al., 2008).

En ce qui concerne les tritons, la disponibilité de refuges pour les juvéniles semble également être importante lors de leur phase terrestre. Dervo et al. (2018) ont en effet montré que tant les adultes que les juvéniles étaient retrouvés dans les *hibernacula* étudiés. Un plus grand ratio de juvéniles avait d'ailleurs été observé : 301 juvéniles pour 169 adultes. Cela a également été confirmé par Müllner (2001) qui a observé que les juvéniles avaient les mêmes préférences en termes d'habitats terrestres que les adultes.

iii. Sexe

Les résultats de l'étude ont montré que ces abris seraient davantage utilisés par les Crapauds calamites mâles que femelles : sur les neuf individus capturés, seul un était une femelle. Ce résultat correspondrait à la biologie de l'espèce. En effet, alors que certains mâles peuvent séjourner dans leurs abris jusqu'à 10 semaines à proximité des mares de reproduction, les femelles ne s'y rendent généralement que pour se reproduire et retournent à leurs lieux d'été immédiatement après (Denton et al., 1993a). Un autre élément serait la distance des abris aux mares (moins de 5 m) : il se pourrait que les femelles privilégient les abris plus éloignés des mares. De fait, Deflandre (2021) a pu mettre en évidence que les femelles étaient systématiquement retrouvées plus loin des mares de reproduction que les mâles.

En ce qui concerne le sex-ratio des *Alytes* capturés, celui-ci est de 0.6, soit cinq femelles pour trois mâles. La différence est donc moins marquée que pour le Crapaud calamite. Une fois de plus, ce résultat correspond à ceux d'études postérieures. Il est en effet documenté que les deux sexes se retrouvent généralement dans les mêmes endroits tout au long de la saison et, pour la plupart des individus, durant plusieurs années consécutives (Meisterhans, 1969; Schmiedehausen, 1990 cité par Uthleb, 2012).

Ces résultats sont néanmoins à nuancer avec le sex-ratio des populations présentes au sein des différents sites. En effet, si davantage de mâles sont présents, les probabilités d'en retrouver dans les abris seront plus élevées. Il aurait dès lors été intéressant de connaître les sex-ratios des différentes populations comme élément de comparaison avec les résultats de capture obtenus.

B. Fidélité des individus

Sur l'ensemble des cinq périodes de capture, seul un Crapaud calamite a été capturé à deux reprises. Celui-ci devait avoir adopté la stratégie des « résidents », selon Denton et al. (1993a), en s'étant installé à proximité directe de la mare de reproduction, durant un minimum de 2 semaines (temps séparant deux périodes de capture). Comme expliqué précédemment, il n'est pas étonnant qu'aucune femelle n'ait été retrouvée plusieurs fois au sein d'une même zone. Selon Justen et al. (2017), les femelles n'y resteraient pas plus de 10 jours, ce qui est effectivement inférieur à la durée séparant deux périodes de capture successives. Au contraire, le fait de n'avoir capturé qu'un seul mâle à de multiples reprises amène à la réflexion. Une première explication serait que les Crapauds calamites mâles ne soient pas fidèles à leur

site de reproduction et qu'ils aient visité plusieurs mares au cours de la saison (Denton et al., 1993b). Cette affirmation serait néanmoins réfutée par Husté et al. (2006) et Sinsch (1992b), qui ont observé une grande fidélité des mâles envers leurs sites de reproduction. Dès lors, si les individus sont effectivement fidèles à leur site de reproduction, d'autres hypothèses peuvent être soutenues : d'autres abris leur étaient davantage attractifs que ceux étudiés (notamment dû à leur distance aux mares ou à leur conformation), ou encore que le dispositif de piégeage n'ait pas permis de recenser l'ensemble des individus utilisant les abris.

Concernant les Alytes, aucun même individu n'a été identifié plusieurs fois au sein d'une même zone. Les résultats ne sont cependant pas suffisamment fiables pour confirmer cela avec certitude. En effet, l'identification des individus à partir de leur iris a été inspirée d'une étude réalisée sur une espèce de gecko et s'était avérée être une méthode fiable (Carrilho et al., 2013). Néanmoins, le cas de l'Alyte n'a pas encore été étudié. Dès lors, bien qu'en associant les différentes données recueillies (photos du patron dorsal et de l'iris, taille de l'individu et sexe), aucune similitude entre individus n'a été observée : une incertitude reste présente. Par ailleurs, sachant qu'il s'agit d'une espèce grégaire, très fidèle à son site de reproduction et qui ne se déplace rarement à plus de 100 m de celui-ci (Schlupmann, 2009), il aurait pu être attendu que plusieurs mêmes individus soient capturés au cours des différentes sessions au sein d'une même zone. Ils ne semblent néanmoins pas fidèles à leurs refuges, puisque les individus changent fréquemment de cachettes au cours de l'année et les mâles pourraient même changer d'abris plusieurs fois au cours de la nuit (Schmiedehausen, 1990 & Buchholz, 1989 cités par Uthleb, 2012).

Finalement, les tritons ne se sont pas non plus montrés fidèles à leurs abris. Pourtant, les adultes sont connus pour retourner au même site d'hibernation (Müllner, 2001), mais également pour être fidèles à leurs sites de reproduction, du moins le Triton alpestre (Joly et al., 1989).

C. Caractérisation de la présence du Crapaud calamite et de l'Alyte accoucheur

i. *Taux de succès minimal des abris*

En tenant uniquement compte des zones dans lesquelles le Crapaud calamite et l'Alyte étaient présents, il a pu être déduit qu'au moins 17% des abris étudiés fonctionnent et ont abrité des Crapauds calamites au moins une fois, contre 22% pour l'Alyte accoucheur. Néanmoins, pour les refuges où aucun amphibien n'a été piégé, il ne peut pour autant pas être conclu avec certitude qu'ils n'aient abrité aucun individu au cours de la saison de capture. Comme mentionné précédemment, ces résultats sont plutôt concluants et encourageants, sachant que ces abris étaient âgés de 3 mois à la fin de l'étude et qu'il est fort probable que leur succès augmente au cours du temps.

ii. *Nombre d'individus capturés par abri*

Durant une même période de capture, le nombre maximal de Crapauds calamites capturés au sein d'un même abri est de deux, alors que le nombre d'Alytes piégés dans un même abri n'a jamais été supérieur à un. Or, selon Browne et al. (2000), ces derniers s'agrègeraient en groupe de deux à cinq individus sous terre. Cette vie communautaire est également confirmée par Wells et al. (2015) qui affirme que les Alytes auraient tendance à se regrouper sous un refuge, en contact étroit les uns avec les autres, éventuellement pour maintenir leur taux d'humidité. La comparaison de ces informations avec les résultats obtenus laisserait penser que le nombre d'individus, du moins d'Alytes, soit sous-estimé par la méthode de capture.

iii. *Utilisation d'autres refuges*

Au cours de l'étude, des refuges autres que les tas de pierres se sont également montrés favorables pour les deux espèces de crapauds, et plus particulièrement les tas de sable et les plaques d'inventaire en caoutchouc.

Quatre Alytes et deux Crapauds calamites ont été retrouvés enfuis dans le sable, utilisé pour dissimuler les pièges. Connaissant le caractère fouisseur de ces deux espèces, ce résultat n'est pas étonnant (Titeux, 2000; Wells et al., 2015). Lors d'une étude réalisée sur les refuges d'été du Crapaud calamite, Denton et al. (1992) ont observé que, lorsque le substrat le permet, le Crapaud calamite était principalement retrouvé terré dans le sol. Dans le cas contraire, les crapauds se réfugiaient sous pierres ou autres débris. Ce comportement fouisseur leur permet d'être protégés contre les températures extrêmes et la dessiccation (Hoffman et al., 1989). Par ailleurs, les quatre Alytes présents dans les tas de sable étaient tous porteurs d'œufs, de même que deux des cinq individus adultes retrouvés sous le rebord de la bâche. Sous ce rebord, le sol était recouvert d'une couche de sable, datant de la session de piégeage précédente, ce qui permettait également aux individus de s'y enfuir. En contrepartie, aucun Alyte portant des œufs n'a été capturé dans les tas de pierres. Une hypothèse serait que ces abris ne leur procurent suffisamment d'humidité, nécessaire au bon développement de leurs œufs (Uthleb, 2012). Il se pourrait que des abris de plus grande dimension permettent de maintenir des conditions thermiques et hydriques plus stables selon les variations météorologiques (Baker et al., 2011), les amphibiens étant particulièrement sensibles aux risques de dessiccation (Schwarzkopf et al., 1996). Néanmoins, aucune étude n'a encore été menée afin de caractériser la taille optimale des abris artificiels (Baker et al., 2011).

En ce qui concerne les plaques d'inventaire, 53 Crapauds calamites et 16 tritons ont été inventoriés sous les cinq plaques de la zone *Pet_1*, placées à moins de 5 m des abris. En revanche, seul un Crapaud calamite, un Alyte et sept tritons ont été capturés, utilisant les abris de cette zone. Bien que l'effort et le type de piégeage ne soient pas similaires, ces observations montrent que l'abondance sous plaques était supérieure au nombre d'individus utilisant les abris, capturés. Ce résultat laisserait donc penser que ces plaques en caoutchouc seraient plus attractives pour les amphibiens que les tas de pierres. L'utilisation

des plaques d'inventaire est néanmoins saisonnière : les adultes s'y réfugient principalement durant le printemps et l'automne, et privilégient les terriers durant les mois d'été les plus chauds et secs (Denton et al., 1992). Ces plaques, étant épaisses et de couleur noire, contribuent à la thermorégulation des amphibiens, restituant le soir la chaleur accumulée durant la journée. Par ailleurs, il est à noter que ces plaques ont certainement influencé les résultats et, sans leur présence, il se pourrait que les individus soient plus nombreux au sein des abris.

Ces résultats sont intéressants, car dans le cadre des actions de nature temporaire du projet *Life in Quarries* et de sa gestion dynamique, le déplacement de tas de sable et de plaques refuges serait peut-être moins destructeur pour les individus s'y réfugiant, que celui des tas de pierres. Néanmoins, l'utilisation des plaques refuges présente également des risques de mortalité, notamment induits par le passage d'engins et le piétinement, ou encore par la dessiccation des individus lors de fortes chaleurs (Denton et al., 1992).

D. Variables environnementales caractérisant les zones à abris

Lors de l'analyse des résultats, il a pu être mis en évidence que sur les 12 zones où la présence des deux espèces est avérée, le Crapaud calamite n'a été piégé que dans quatre zones et l'Alyte accoucheur dans six. Ce nombre important de zones dans lesquelles aucun individu n'a été piégé dans un abri amène donc à la réflexion.

Cette différence de succès pourrait être expliquée par la variabilité des paramètres environnementaux caractérisant les différentes zones. En effet, alors que certaines d'entre elles se trouvaient isolées au centre d'un large fond de fosse, où l'activité extractive était bien présente et aucune autre cache ne s'y trouvait, d'autres étaient dans des milieux moins isolés, ou encore non exploités.

À la suite de la caractérisation des zones possédant les abris, il ressort que les abris fortement isolés de tout autre refuge ne seraient utilisés par aucune des deux espèces de crapauds. Au contraire, les abris se trouvant dans des zones non loin (≤ 50 m) d'autres refuges semblent être préférés. A première vue, ce résultat est quelque peu contraire à l'hypothèse initiale de l'étude, étant que des abris à proximité directe des mares de reproduction seraient favorables aux individus, réduisant leurs migrations nocturnes. Pourtant, afin de rejoindre les mares présentes dans ces trois zones isolées (*Jem_1*, *Jem_3* et *Fra_2*), les individus sembleraient continuer à parcourir de grandes distances depuis leurs refuges. Une explication serait que la disponibilité d'abris dans ces zones isolées soit encore trop faible pour que des mâles de Crapauds calamites, voir même des colonies d'Alytes s'y établissent. Il semblerait en effet que la disponibilité de nombreuses caches de jour à proximité des sites de reproduction soit un critère déterminant à l'établissement de populations d'Alytes (Mermod et al., 2010; Barbadilla et al., 1999 cité par Uthleb, 2012). Par ailleurs, Sinsch et al. (2012) ont émis l'hypothèse que l'aire de migration du

Crapaud calamite pouvait tripler selon la disponibilité ou non d'abris favorables. Un autre élément permettant d'appuyer cette hypothèse est que, durant les cinq sessions de capture, aucun individu n'a été retrouvé sous les cinq plaques d'inventaire présentes dans les deux zones isolées *Jem_1* et *Jem_3*. Au contraire, la zone *Pet_1*, où les sites de reproduction sont proches d'autres refuges, des individus se cachaient sous les plaques lors de chaque passage. Face à ces constatations, il pourrait être suggéré d'optimiser la disponibilité d'abris dans les zones fortement isolées d'autres caches, afin d'améliorer la qualité d'habitat pour les amphibiens à proximité directe des sites de reproduction.

En ce qui concerne la présence ou non d'activité extractive, les résultats sont contraires selon l'espèce. En effet, alors que davantage de Crapauds calamites ont été retrouvés dans des zones actives, l'Alyte l'a été dans celles reculées de toute exploitation. Cela rejoint en partie la biologie des espèces, le Crapaud calamite étant restrictif en termes d'habitats, préférant les milieux pionniers (Beebee, 1985; Schlüpmann, 2009). La présence ou non d'activité au sein de la zone va en effet de pair avec le caractère temporaire/pionnier ou à tendance permanent de celle-ci (Flavenot et al., 2015). Par ailleurs, en émettant l'hypothèse que le succès d'utilisation des abris augmente avec le temps, il semblerait préférable de privilégier leur mise en place dans des zones non actives ou du moins qui ne seront pas perturbées dans un futur proche.

Il est néanmoins important d'insister sur le fait que ces résultats ont vraisemblablement été influencés par divers paramètres, dont la différence d'abondance des individus selon les zones, mais aussi de manière plus générale, des tailles de populations variables en fonction des sites d'étude. De plus, l'effort d'échantillonnage des différentes classes concernant la variable « *proximité à d'autres abris* » s'est vu être réduit pour la première classe. En effet, la zone *Fra_3* (classe 1) n'a pas été prise en compte dans l'analyse, la présence des deux espèces n'étant pas avérée dans cette zone. Dès lors, seules trois zones ont représenté cette classe, contre cinq et quatre respectivement pour les classes 2 et 3.

7. Conclusion et perspectives

L'objectif principal de cette étude consistait à évaluer le succès d'utilisation d'abris temporaires, mis en place en carrières dans le cadre du *Life in Quarries*, par les amphibiens. Bien que le nombre d'individus capturés utilisant les abris soit relativement faible, il est la preuve que ces tas de pierres sont bien utilisés, et ce, par au moins quatre espèces d'amphibiens. Ces résultats sont d'autant plus encourageants étant donné qu'il s'agit d'abris jeunes, récemment construits. Après 3 mois, 17% des abris ont été occupés par au moins un Crapaud calamite et 22% par au moins un Alyte accoucheur. Néanmoins, le nombre d'individus de Crapauds calamites capturés au sein des abris est faible par rapport à la taille estimée de leurs populations, laissant penser que ces abris ne leur sont pas (encore) très attractifs. Par ailleurs, au cours de l'étude, un nombre important d'individus a été retrouvé enfui dans du sable et sous des plaques d'inventaire en caoutchouc. Cet élément devrait être pris en compte et davantage étudié lors de la mise en place d'abris futurs, notamment en faveur de ces deux espèces de crapauds.

La caractérisation des abris selon leur proximité à d'autres refuges a permis de mettre en évidence que les abris qui se trouvaient dans des zones extrêmement isolées (> 50 m à d'autres refuges) n'ont abrité aucun individu, ou du moins, aucun n'y a été piégé. Une hypothèse serait que la disponibilité d'un plus grand nombre de caches soit nécessaire à l'établissement des espèces. Il serait dès lors préférable d'optimiser le nombre d'abris dans ces zones isolées afin d'en améliorer la qualité de l'habitat terrestre des amphibiens. Par ailleurs, en émettant l'hypothèse que l'utilisation de ces abris augmente avec le temps, il serait judicieux de privilégier les zones qui ne seront pas exploitées dans un futur proche lors de la mise en place d'abris.

Concernant la méthode de piégeage, l'utilisation des plaques de bitume s'est révélée être inefficace, contrairement aux pièges à fosse qui ont permis de capturer les 27 individus. Il n'est cependant pas exclu que le nombre d'individus occupant réellement les abris ait été sous-estimé par ce dispositif de piégeage.

Cette étude, réalisée sur des abris de jour, est l'une des pionnières en son domaine. Elle présente, certes, des limites mais ouvre de nouvelles pistes à approfondir. Les résultats étant représentatifs d'une courte période, il serait intéressant de poursuivre le suivi de ces abris afin de déterminer si leur utilisation diffère selon les saisons et augmente effectivement au cours du temps.

8. Contribution de l'étudiante

Ma contribution à ce travail a été de mener le suivi de 42 abris, depuis la conception du dispositif de piégeage, jusqu'à la rédaction du rapport. Cela a impliqué :

- La sélection des cinq carrières répondant aux critères attendus ;
- La prise de contact avec l'ensemble des gestionnaires de sites afin de leur présenter le projet et d'obtenir leur accord ;
- Le choix de l'emplacement des abris (tout d'abord sur base des orthophotoplans et ensuite par la confirmation sur le terrain), leur construction avec l'aide des carriers, ainsi que la préparation des tas de sable servant à dissimuler les pièges ;
- La partie administrative (signatures des cahiers de charges, tests de sécurité propres à chaque société et demande de dérogation de capture d'espèces protégées) ;
- Le développement et la construction du système de piégeage permettant de capturer les individus occupant les abris. Le défi était de trouver une façon de faire tenir les barrières sans enfoncer de piquets et de piéger les individus sans creuser afin d'y placer les pièges ;
- L'établissement du planning de terrain permettant d'optimiser les trajets et la durée d'une période de capture ;
- L'organisation avec les carriers pour les jours de passage et pour le transport du matériel sur les sites où l'entrée avec le véhicule privé était interdite ;
- L'encadrement d'une étudiante jobbiste, aidant à la mise en place des dispositifs durant 4 semaines ;
- Une fois l'ensemble des données acquises, l'analyse et l'interprétation des résultats, et la rédaction du travail.

Bibliographie

- Ali W., Javid A., Bhukhari S.M., Hussain A., Hussain S.M. & Rafiue H., 2018. Comparison of different trapping techniques used in herpetofaunal monitoring: A review. *Punjab Univ. J. Zool.* **33**(1), 57–68, DOI:10.17582/pujz/2018.33.1.57.68.
- Andersen L.W., Fog K. & Damgaard C., 2004. Habitat fragmentation causes bottlenecks and inbreeding in the European tree frog (*Hyla arborea*). *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* **271**(1545), 1293–1302, DOI:10.1098/rspb.2004.2720.
- Aresco M.J., 2005. Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpetofauna at north Florida Lake. *J. Wildl. Manage.* **69**(2), 549–560, DOI:10.2193/0022-541x(2005)069[0549:mmtrhm]2.0.co;2.
- Baker J., Beebee T., Buckley J., Gent T., Orchard D., Teacher A., Bennett A., Bernhard T., Brady L., Coward D., Driver B., Foster J., Gleed-owen C., Herder J., Holmes F., King P., Mcgrath A., Reynolds A., Shaw B. & Woodhead D., 2011. *Amphibian Habitat Management Handbook*, Amphibian and Reptile Conservation, Bournemouth.
- Banks B. & Beebee T.J.C., 1987. Factors influencing breeding site choice by the pioneering amphibian *Bufo calamita*. *Ecography (Cop.)*. **10**(1), 14–21, DOI:10.1111/j.1600-0587.1987.tb00733.x.
- Banks B. & Beebee T.J.C., 1988. Reproductive Success of Natterjack Toads *Bufo calamita* in Two Contrasting Habitats. *J. Anim. Ecol.* **57**(2), 475–492, DOI:10.2307/4919.
- Barlas A., 2014. Sauvegarde du Crapaud calamite (*Epidalea calamita*) dans les zones agricoles du Canton de Genève en Suisse.
- Barrios V., Olmeda C., Ruiz E., Ayres C., Bentata V., Borgula A., Bosch J., Bosman W., Duguet R., Goffart P., Kordges T., Schley L., Schmidt B.R., Teixeira J., Uthleb H. & Verbist V., 2012. Action Plan for the Conservation of the Common Midwife Toad (*Alytes obstetricans*) in the European Union.
- Beebee T. & Denton J., 1996. *Natterjack toad Conservation Handbook*, English Nature, Peterborough.
- Beebee T.J.C., 1985. Geographical variations in breeding activity patterns of the Natterjack toad *Bufo calamita* in Britain. *J. Zool.* **205**(1), 1–8, DOI:10.1111/j.1469-7998.1985.tb05608.x.
- Beebee T.J.C. & Griffiths R.A., 2005. The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? *Biol. Conserv.* **125**(3), 271–285, DOI:10.1016/j.biocon.2005.04.009.
- Boissier G. & Cedex P., 2012. Aménagement pour les reptiles et les amphibiens 1–6.
- Böll S. & Linsenmair K., 1998. Size-dependent male reproductive success and size-assortative mating in the midwife toad *Alytes obstetricans*. *Amphib. Reptil.* **19**(1), 75–89, DOI:10.1163/156853898x00340.
- Bosman W., Van Gelder J.J. & Strijbosch H., 1996. Hibernation sites of the toads *Bufo bufo* and *Bufo calamita* in a river floodplain. *Herpetol. J.* **6**(3), 83–86.
- Browne R.K., Odum R.A., Herman T. & Zippel K., 2007. Facility design and associated services for the study of amphibians. *ILAR J.* **48**(3), 188–202, DOI:10.1093/ilar.48.3.188.
- Carrilho T., Rocha R. & Rebelo R., 2013. Iris photo-identification: A new methodology for the individual recognition of *Tarentola* geckos. *Amphib. Reptil.* **34**(4), 590–596, DOI:10.1163/15685381-00002918.
- Chanson J., Hoffmann M., Cox N. & Stuart S., 2008. The state of the world's amphibians. In:

Threatened Amphibians of the World. 33–44.

- Corn P.S., 1994. Standard Techniques for Inventory and Monitoring. In: *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Standard Methods for Amphibians.
- Corn P.S., 2005. Climate change and amphibians. *Anim. Biodivers. Conserv.* **28**(1), 59–67.
- Cox N., Stuart S., Chanson J., Hoffmann M., Gower D., Wilkinson M., Church D. & Moore R., 2008. An introduction to the Amphibians. In: *Threatened Amphibians of the World*. 2–23.
- Croak B.M., Pike D.A., Webb J.K. & Shine R., 2010. Using artificial rocks to restore nonrenewable shelter sites in human-degraded systems: Colonization by fauna. *Restor. Ecol.* **18**(4), 428–438, DOI:10.1111/j.1526-100X.2008.00476.x.
- Cushman S.A., 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biol. Conserv.* **128**(2), 231–240, DOI:10.1016/j.biocon.2005.09.031.
- de Wavrin H. & Graitson E., 2007. L’alyte accoucheur, Alytes obstetricans (Laurenti, 1768). In: *Amphibiens et Reptiles de Wallonie*. 104–115.
- Deflandre A., 2021. Industrial sites as opportunities for the conservation of endangered amphibians: translocation of natterjack toads (*Epidalea calamita*) in active quarries.
- Denoël M., 2007. Le Triton alpestre, *Triturus alpestris* (Laurenti, 1768). In: *Amphibiens et Reptiles de Wallonie*. 62–71.
- Denton J.S. & Beebee T.J.C., 1992. An evaluation of methods for studying natterjack toads (*Bufo calamita*) outside the breeding season. *Amphib. Reptil.* **13**(4), 365–374, DOI:10.1163/156853892X00067.
- Denton J.S. & Beebee T.J.C., 1993a. Summer and winter refugia of natterjacks (*Bufo calamita*) and common toads (*Bufo bufo*) in Britain. *Herpetol. J.* **3**, 90–94.
- Denton J.S. & Beebee T.J.C., 1993b. Density-related features of natterjack toad (*Bufo calamita*) populations in Britain. *J. Zool. London* **229**(1), 105–119, DOI:10.1111/j.1469-7998.1993.tb02624.x.
- Denton J.S. & Beebee T.J.C., 1994. The basis of niche separation during terrestrial life between two species of toad (*Bufo bufo* and *Bufo calamita*): competition or specialisation? *Oecologia* **97**(3), 390–398, DOI:10.1007/BF00317330.
- Dervo B.K., Museth J. & Skurdal J., 2018. Assessing the use of artificial Hibernacula by the great crested Newt (*Triturus cristatus*) and smooth newt (*Lissotriton vulgaris*) in cold climate in Southeast Norway. *Diversity* **10**(3), 1–12, DOI:10.3390/d10030056.
- Enge K.M., 1997a. Use of Silt Fencing and Funnel Traps for Drift Fences. *Herpetol. Rev.* **28**(1), 30–31.
- Enge K.M., 1997b. A standardized protocol for drift-fence surveys, Technical Report No. 14, Tallahassee, 69.
- Faucher L., Hénocq L., Vanappelghem C., Rondel S., Quevillart R., Gallina S., Godé C., Jaquier J. & Arnaud J.F., 2017. When new human-modified habitats favour the expansion of an amphibian pioneer species: Evolutionary history of the natterjack toad (*Bufo calamita*) in a coal basin. *Mol. Ecol.* **26**(17), 4434–4451, DOI:10.1111/mec.14229.
- Ferguson A.W., Weckerly F.W., Baccus J.T. & Forstner M.R.J., 2008. Evaluation of predator attendance at pitfall traps in Texas. *Southwest. Nat.* **53**(4), 450–457, DOI:10.1894/CLG-05.1.
- Ficetola G.F., Rondinini C., Bonardi A., Baisero D. & Padoa-Schioppa E., 2015. Habitat availability for amphibians and extinction threat: A global analysis. *Divers. Distrib.* **21**(3), 302–311,

DOI:10.1111/ddi.12296.

- Flavenot T., Fellous S., Abdelkrim J., Baguette M. & Coulon A., 2015. Impact of quarrying on genetic diversity: an approach across landscapes and over time. *Conserv. Genet.* **16**(1), 181–194, DOI:10.1007/s10592-014-0650-8.
- Funcken P., n.d. Comment favoriser les amphibiens et les reptiles?
- Gabory O., 2014. La vie là où on ne l'attend pas... Biodiversité et sites d'extraction de matériaux. *Pour* **223**(3), 247–253, DOI:10.3917/pour.223.0247.
- Gibbons J.W. & Bennett D.H., 1974. Determination of Anuran Terrestrial Activity Patterns by a Drift Fence Method. *Copeia* **1974**(1), 236–243, DOI:10.2307/1443029.
- Gibbons J.W. & Semlitsch J., 1982. Terrestrial drift fences with pitfall traps: An effective technique for quantitatively sampling for animal populations. *Bnmleyana*. **7**, 1–16.
- Graitson E. & Denoël M., 2007. Le Crapaud calamite, *Bufo calamita* (Laurenti, 1768). In: *Amphibiens et Reptiles de Wallonie*. 142–151.
- Graitson E. & Naulleau G., 2005. Les abris artificiels : un outil pour les inventaires herpétologiques et le suivi des populations de reptiles. *Bull. la Société Herpétologique Fr.* **115**, 5–22.
- Halliday T., 2006. Amphibians. In: *Ecological Censur Techniques: A Handbook*. Cambridge, 278–293.
- Hoffman J. & Katz U., 1989. The ecological significance of burrowing behaviour in the toad (*Bufo viridis*). *Oecologia* **81**(4), 510–513, DOI:10.1007/BF00378961.
- Husté A., Clobert J. & Miaud C., 2006. The movements and breeding site fidelity of the natterjack toad (*Bufo calamita*) in an urban park near Paris (France) with management recommendations. *Amphib. Reptil.* **27**(4), 561–568, DOI:10.1163/156853806778877130.
- INULA, 2014. *Amphibians and reptiles in quarries and gravel pits*. Rademacher ed.
- IRM, 2021a. Bilan climatique mensuel d'avril 2021. <https://www.meteo.be/fr/climat/climat-de-la-belgique/bilans-climatologiques/2021/avril>, (25/09/2021).
- IRM, 2021b. Bilan climatique mensuel de mai 2021. <https://www.meteo.be/fr/climat/climat-de-la-belgique/bilans-climatologiques/2021/mai>, (25/09/2021).
- IUCN, 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org>, (20/09/2021).
- Jacob J.-P., 2006. L'érosion de la biodiversité : les amphibiens et les reptiles, 12.
- Jacob J.-P., 2007. Les Amphibiens. *La faune, la flore les habitats*.
- Jenkins C.L., McGarigal K. & Gamble L.R., 2003. Comparative effectiveness of two trapping techniques for surveying the abundance and diversity of reptiles and amphibians along drift fence arrays. *Herpetol. Rev.* **34**(1), 39–42.
- Johnson S.A., 2003. Orientation and migration distances of a pond-breeding salamander (*Notophthalmus perstriatus*, Salamandridae). *Alytes* **21**(1–2), 3–22.
- Joly P. & Miaud C., 1989. Fidelity to the breeding site in the Alpine newt *Triturus alpestris*. *Behav. Processes* **19**, 47–56.
- Justen H., Altemüller M. & Sinsch U., 2017. Are call and visual count surveys suitable surrogate measures for capture-mark-recapture population size assessment in the natterjack toad (*Epidalea calamita*)? *Zeitschrift für Feldherpetologie* **24**(1), 45–62.

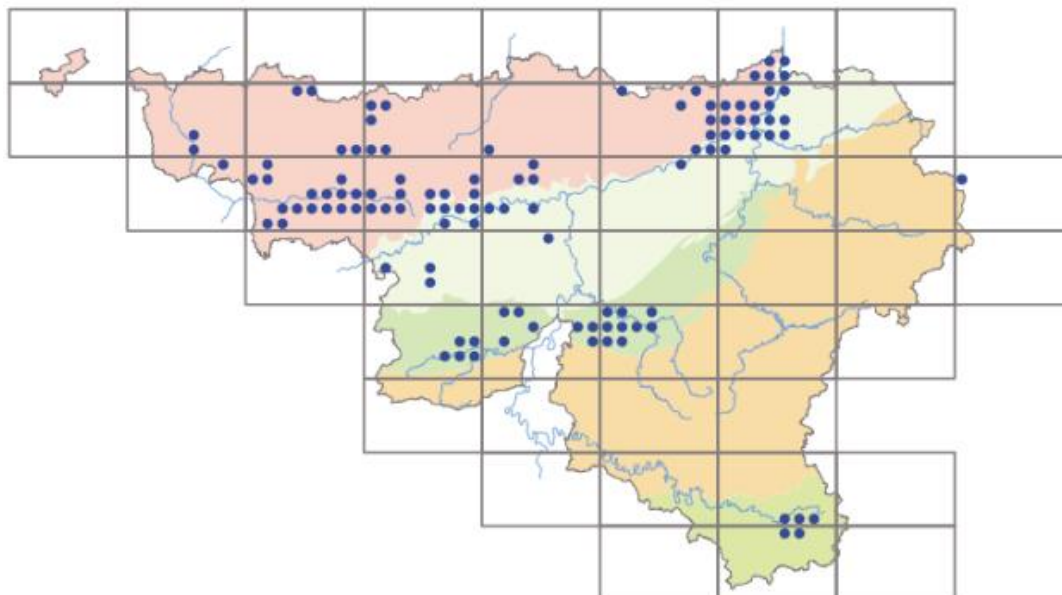
- Kaczmarzski M., Michlewicz M. & Tryjanowski P., 2020. Ants biting amphibians: A review and new observations. *Eur. J. Ecol.* **5**(2), 118–125, DOI:10.2478/eje-2019-0018.
- Kordges T., 2003. Zur Biologie der Geburtshelferkröte (*Alytes obstetricans*) in Kalksteinbrüchen des Niederbergischen Landes (Nordrhein-Westfalen). *Zeitschrift für Feldherpetologie* **10**(1), 105–128.
- La Biodiversité en Wallonie, 2021. Amphibiens. <http://biodiversite.wallonie.be/fr/amphibiens.html?IDC=317&highlighttext=amphibiens+>, (12/04/2021).
- Lange L., Brischoux F. & Lourdais O., 2020. Midwife toads (*Alytes obstetricans*) select their diurnal refuges based on hydric and thermal properties. *Amphib. Reptil.* **41**(2), 275–280, DOI:10.1163/15685381-20201246.
- Latham D. & Knowles M., 2008. Assessing the use of artificial hibernacula by great crested newts *Triturus cristatus* and other amphibians for habitat enhancement ,. *Conserv. Evid.* **5**, 74–79.
- Laudelout A., 2014. *Préparer une opération de sauvetage de batraciens*. Renard, J. ed., Jambes.
- Laudelout A., 2016. *Actions pour le crapaud calamite en Wallonie*. DGARNE ed., Jambes.
- Lelièvre H., Blouin-Demers G., Bonnet X. & Lourdais O., 2010. Thermal benefits of artificial shelters in snakes: A radiotelemetric study of two sympatric colubrids. *J. Therm. Biol.* **35**(7), 324–331, DOI:10.1016/J.JTHERBIO.2010.06.011.
- Life in Quarries, 2021a. *Actions*. http://www.lifeinquarries.eu/actions/#_biodiversite, (20/06/2021).
- Life in Quarries, 2021b. *Partenaires*. http://www.lifeinquarries.eu/collaboration/#_partenaires, (20/06/2021).
- Lüscher B., 2005. Le Crapaud accoucheur.
- Maritz B., Masterson G., MacKay D. & Alexander G., 2007. The effect of funnel trap type and size of pitfall trap on trap success: Implications for ecological field studies. *Amphib. Reptil.* **28**(3), 321–328, DOI:10.1163/156853807781374746.
- Márquez R., Esteban M. & Castanet J., 1997. Sexual size dimorphism and age in the midwife toads *Alytes obstetricans* and *A. cisternasii*. *J. Herpetol.* **31**(1), 52–59, DOI:10.2307/1565328.
- Meisterhans K., 1969. Beiträge zur Fortpflanzungsbiologie und Ökologie der Geburtshelferkröte (*Alytes obstetricans* Laurenti). Diplom. Universität Zürich.
- Mercken K., 2020. Life in Quarries - Synthetic report on biological value of pilot actions after 3 years, 1–58.
- Mermod M., Zumbach S., Borgula A., Lüscher B., Pellet J. & Schmidt B., 2010. Notice pratique pour la conservation du crapaud accoucheur (*Alytes obstetricans*), Neuchâtel, Suisse.
- Meyer A., Dušej G., Monney J., Billing H., Mermod M., Jucker K. & Bovey M., 2011a. Notice pratique petites structures - Niches pierreuses, Neuchâtel, Suisse.
- Meyer A., Dušej G., Monney J., Billing H., Mermod M., Jucker K. & Bovey M., 2011b. Notice pratique petites structures - Murgiers, Neuchâtel, Suisse.
- Miaud C., 2014. Protocole d'hygiène pour le contrôle des maladies des amphibiens dans la nature à destination des opérateurs de terrain, 7.
- Miaud C. & Muraret J., 2018. *Les amphibiens de France. Guide d'identification des oeufs et des larves*. Quae ed.

- Müllner A., 2001. Spatial patterns of migrating Great Crested Newts and Smooth Newts : The importance of the terrestrial habitat surrounding the breeding pond. *RANA*, 279–293.
- Neave D.W. & Moffatt C., 2007. Evidence of amphibian occupation of artificial hibernacula. *Herpetol. Bull.* **99**(99), 20–22.
- Oldham R.S., Latham D.M. & Arntzen J.W., 1995. Cost effective drift fences for toads and newts. *Amphib. Reptil.* **16**(2), 137–145, DOI:10.1163/156853895X00316.
- Percsy C. & Percsy N., 2007. Le Crapaud commun Bufo bufo (Linnaeus, 1758). In: *Amphibiens et Reptiles de Wallonie*. Namur, 134–141.
- Remacle A., 2005. L’inventaire des carrières de Wallonie (Belgique) : présentation générale et aspects entomologiques. *Notes fauniques de Gembloux* **57**(1), 73–79.
- Sanuy D., Oromí N. & Galofré A., 2008. Effects of temperature on embryonic and larval development and growth in the natterjack toad (Bufo calamita) in a semi-arid zone. *Anim. Biodivers. Conserv.* **31**(1), 41–46.
- Schlüpmann M., 2009. Ökologie und Situation der Geburtshelferkröte (Alytes obstetricans) im Raum Hagen (NRW). *Zeitschrift für Feldherpetologie* **16**(1), 45–84.
- Schwarzkopf L. & Alford R., 1996. Desiccation and Shelter-Site Use in a Tropical Amphibian : Comparing Toads with Physical Models **10**(2), 193–200.
- Seebacher F. & Alford R.A., 2002. Shelter microhabitats determine body temperature and dehydration rates of a terrestrial amphibian (Bufo marinus). *J. Herpetol.* **36**(1), 69–75, DOI:10.1670/0022-1511(2002)036[0069:SMDBTA]2.0.CO;2.
- SHNVSL, 2015. *Guide de conservation des amphibiens, des reptiles et de leurs habitats en milieu agricole*, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec.
- Shoo L.P., Olson D.H., Mcmenamin S.K., Murray K.A., Van Sluys M., Donnelly M.A., Stratford D., Terhivuo J., Merino-Viteri A., Herbert S.M., Bishop P.J., Corn P.S., Dovey L., Griffiths R.A., Lowe K., Mahony M., Mccallum H., Shuker J.D., Simpkins C., Skerratt L.F., Williams S.E. & Hero J.M., 2011. Engineering a future for amphibians under climate change. *J. Appl. Ecol.* **48**(2), 487–492, DOI:10.1111/j.1365-2664.2010.01942.x.
- Sinsch U., 1992a. Structure and dynamic of a natterjack toad metapopulation (Bufo calamita). *Oecologia* **90**(4), 489–499, DOI:10.1007/BF01875442.
- Sinsch U., 1992b. Sex-biased site fidelity and orientation behaviour in reproductive natterjack toads (Bufo calamita). *Ethol. Ecol. Evol.* **4**(1), 15–32, DOI:10.1080/08927014.1992.9525347.
- Sinsch U., 1997. Postmetamorphic dispersal and recruitment of first breeders in a Bufo calamita metapopulation. *Oecologia* **112**(1), 42–47, DOI:10.1007/s004420050281.
- Sinsch U., Oromi N., Miaud C., Denton J. & Sanuy D., 2012. Connectivity of local amphibian populations: Modelling the migratory capacity of radio-tracked natterjack toads. *Anim. Conserv.* **15**(4), 388–396, DOI:10.1111/j.1469-1795.2012.00527.x.
- Skerratt L.F., Berger L., Speare R., Cashins S., McDonald K.R., Phillott A.D., Hines H.B. & Kenyon N., 2007. Spread of chytridiomycosis has caused the rapid global decline and extinction of frogs. *Ecohealth* **4**(2), 125–134, DOI:10.1007/s10393-007-0093-5.
- Speybroeck J., Beukema W., Bok B. & Van der Voort J., 2018. *Guide Delachaux des amphibiens et reptiles de France et d'Europe*, Paris.
- Stuart S., Hoffmann M., Chanson J., Cox N., Berridge R., Ramani P. & Young B., 2008. *Threatened Amphibians of the World*, Barcelona.

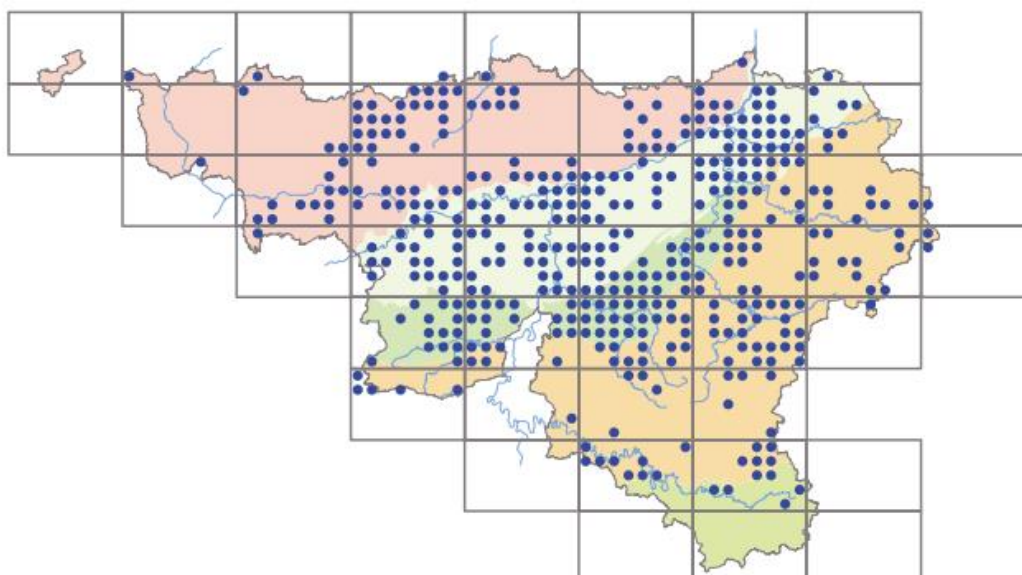
- Stuart S.N., Chanson J.S., Cox N.A., Young B.E., Rodrigues A.S.L., Fischman D.L. & Waller R.W., 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* (80-.). **306**(5702), 1783–1786, DOI:10.1126/science.1103538.
- Sutherland W., 2006. *Ecological Censur Techniques: A Handbook*, Cambridge.
- Temple H.J. & Cox N.A., 2009. European Red List of Amphibians, Luxembourg.
- Titeux N., 2000. Écologie comportementale du crapaud calamite (*Bufo calamita* Laurenti) et caractérisation démographique d'une population isolée en Brabant wallon.
- Todd B.D., Winne C.T., Willson J.D. & Gibbons J.W., 2007. Getting the drift: Examining the effects of timing, trap type and taxon on herpetofaunal drift fence surveys. *Am. Midl. Nat.* **158**(2), 292–305.
- Uthleb H., 2012. Individualentwicklung: Viele Wege führen nach Rom. In: *Die Geburtshelferkröte: Brutpflege Ist Männlich*. Bielefeld.
- Voyles J., Young S., Berger L., Campbell C., Voyles W.F., Dinudom A., Cook D., Webb R., Alford R.A., Skerratt L.F. & Speare R., 2009. Pathogenesis of chytridiomycosis, a cause of catastrophic amphibian declines. *Science* (80-.). **326**(5952), 582–585, DOI:10.1126/science.1176765.
- Webb J.K. & Shine R., 2000. Paving the way for habitat restoration: Can artificial rocks restore degraded habitats of endangered reptiles? *Biol. Conserv.* **92**(1), 93–99, DOI:10.1016/S0006-3207(99)00056-7.
- Weddeling K., Hachtel M., Sander U. & Tarkhnishvili D., 2004. Bias in estimation of newt population size: A field study at five ponds using drift fences, pitfalls and funnel traps. *Herpetol. J.* **14**(1), 1–7.
- Wells E., Garcia-Alonso D., Rosa G.M., García G. & Tapley B., 2015. Amphibian taxon advisory group best practice guidelines for midwife toads (*Alytes* sp.), Chicago: The University of Chicago Press., 1–53.
- Wells K.D., 2007. *The ecology and behaviour of amphibians*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Willson J.D. & Whitfield Gibbons J., 2009. Drift fences, coverboards, and other traps. In: *Amphibian Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. Oxford: Oxford University Press., 229–245.

Annexes

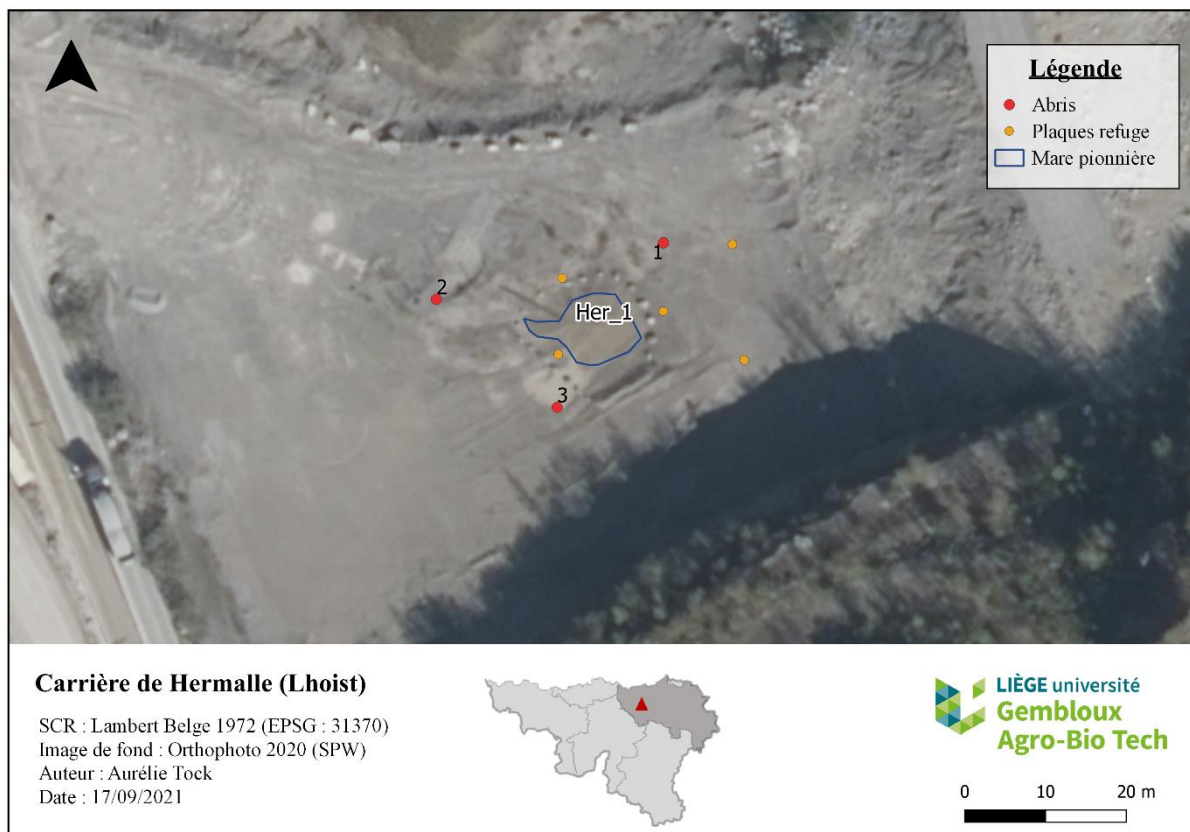
Annexe 1 : Répartition des populations de Crapauds calamites en Wallonie (Graitson et al., 2007)



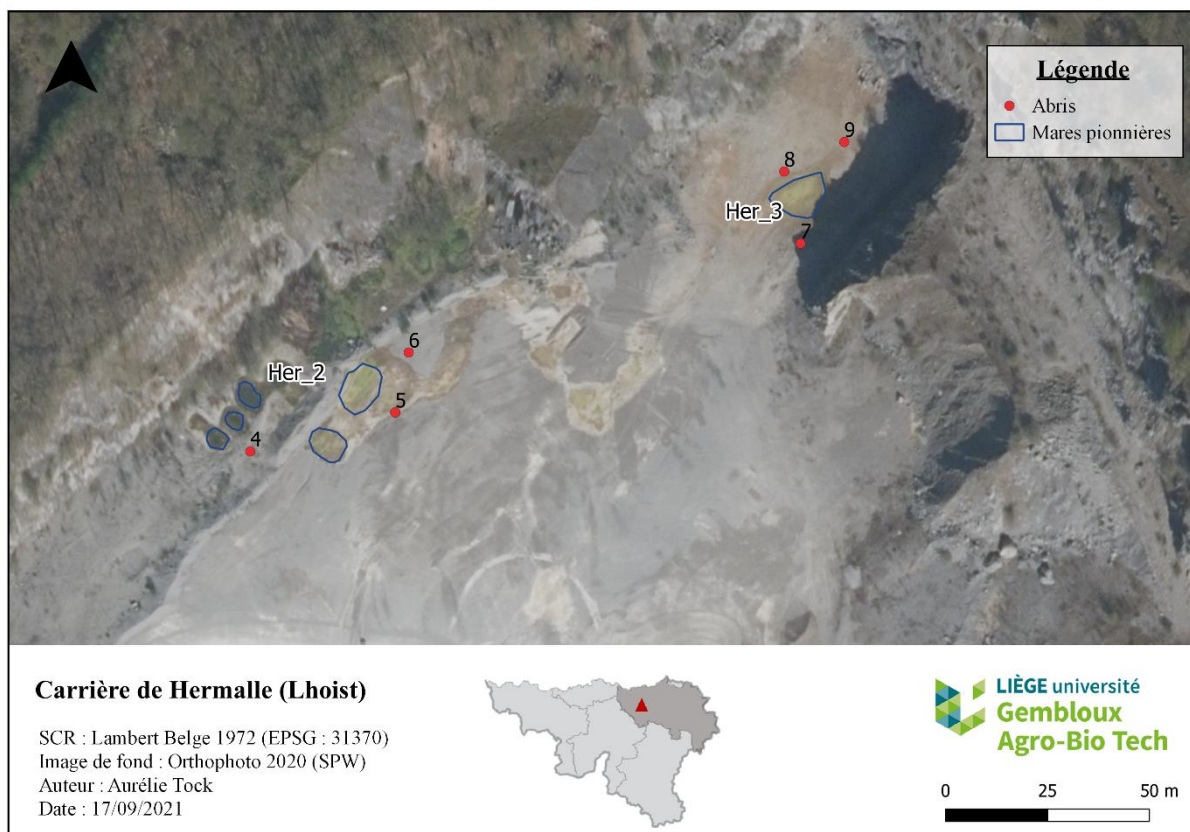
Annexe 2 : Répartition des populations d'Alytes accoucheurs en Wallonie (de Wavrin et al., 2007)



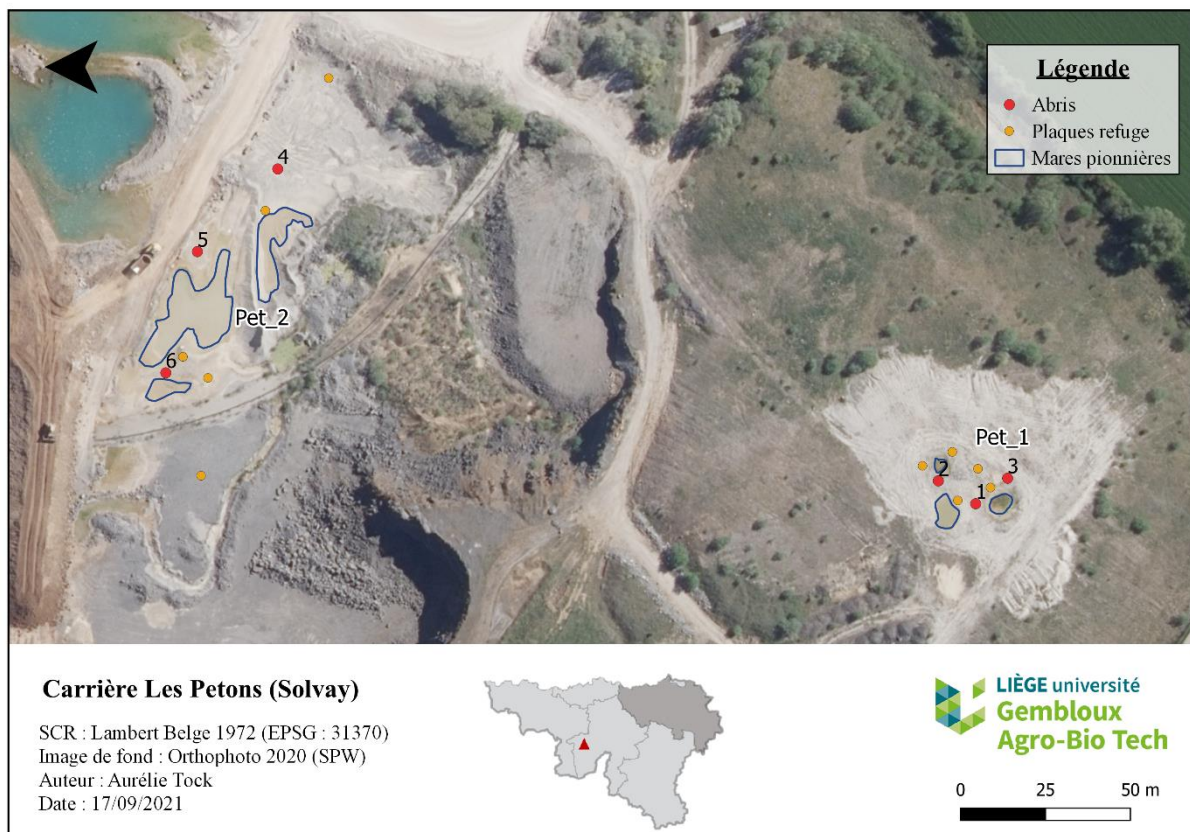
Annexe 3 : Localisation des abris situés à Her_1



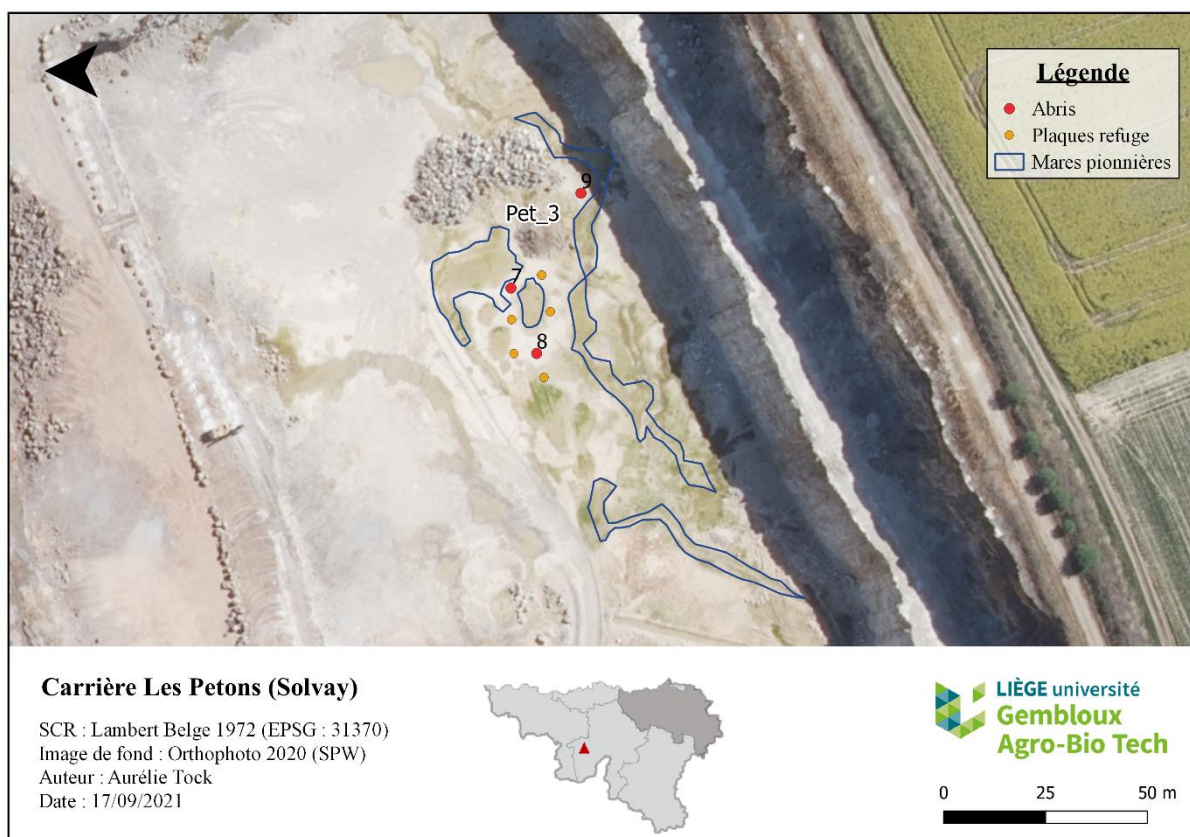
Annexe 4 : Localisation des abris situés à Her_2 et Her_3



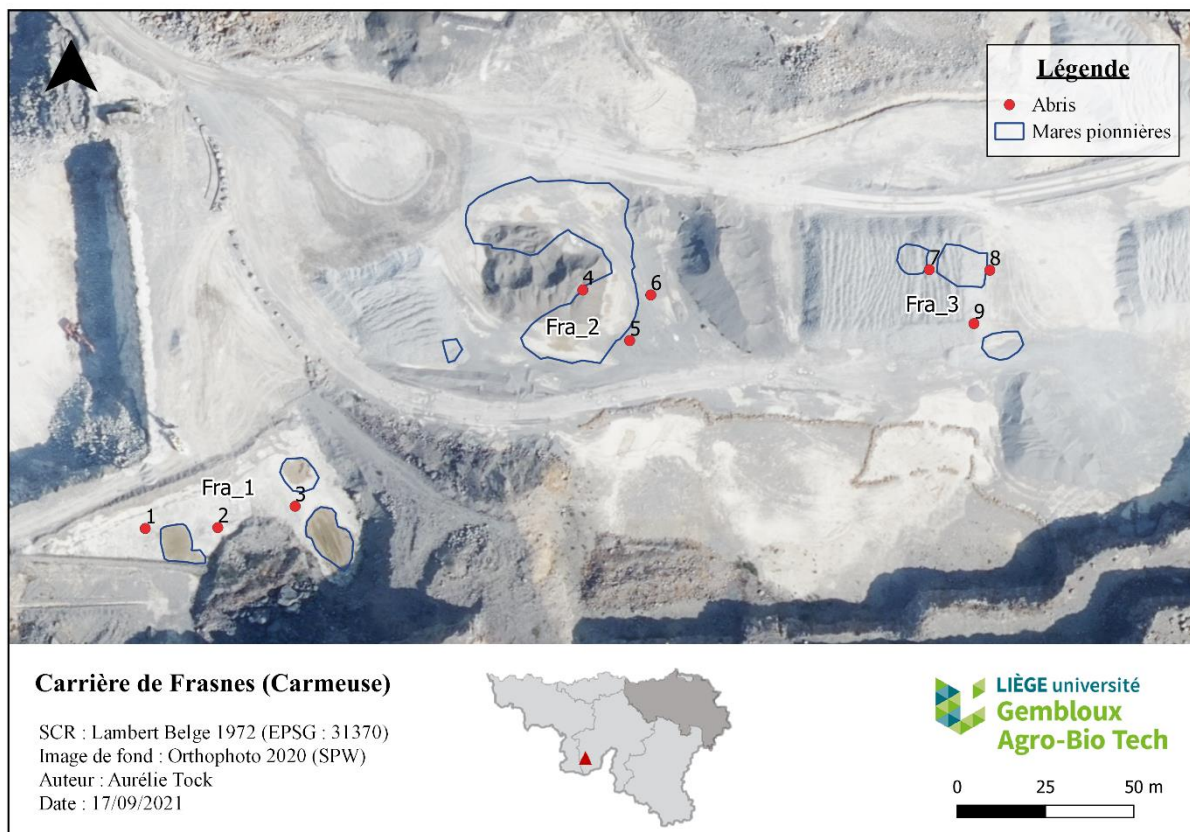
Annexe 5 : Localisation des abris situés à Pet_1 et Pet_2



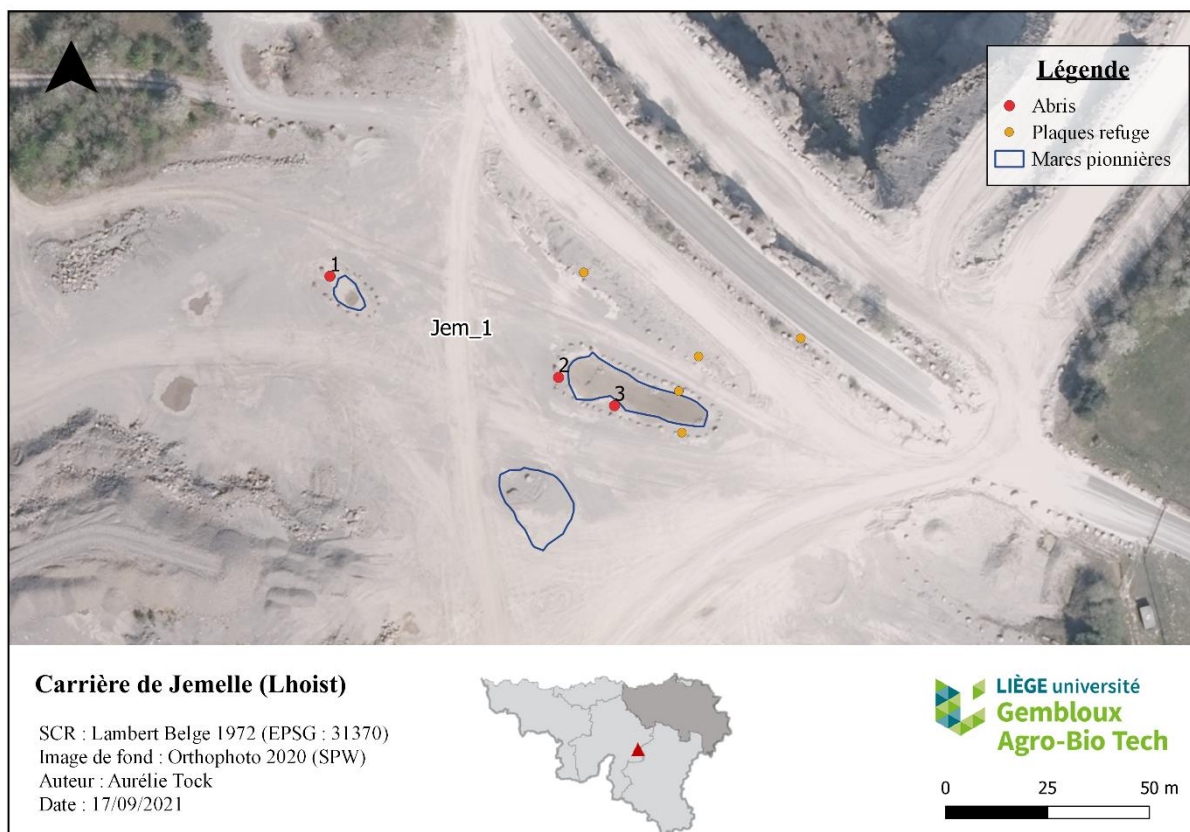
Annexe 6 : Localisation des abris situés à Pet_3



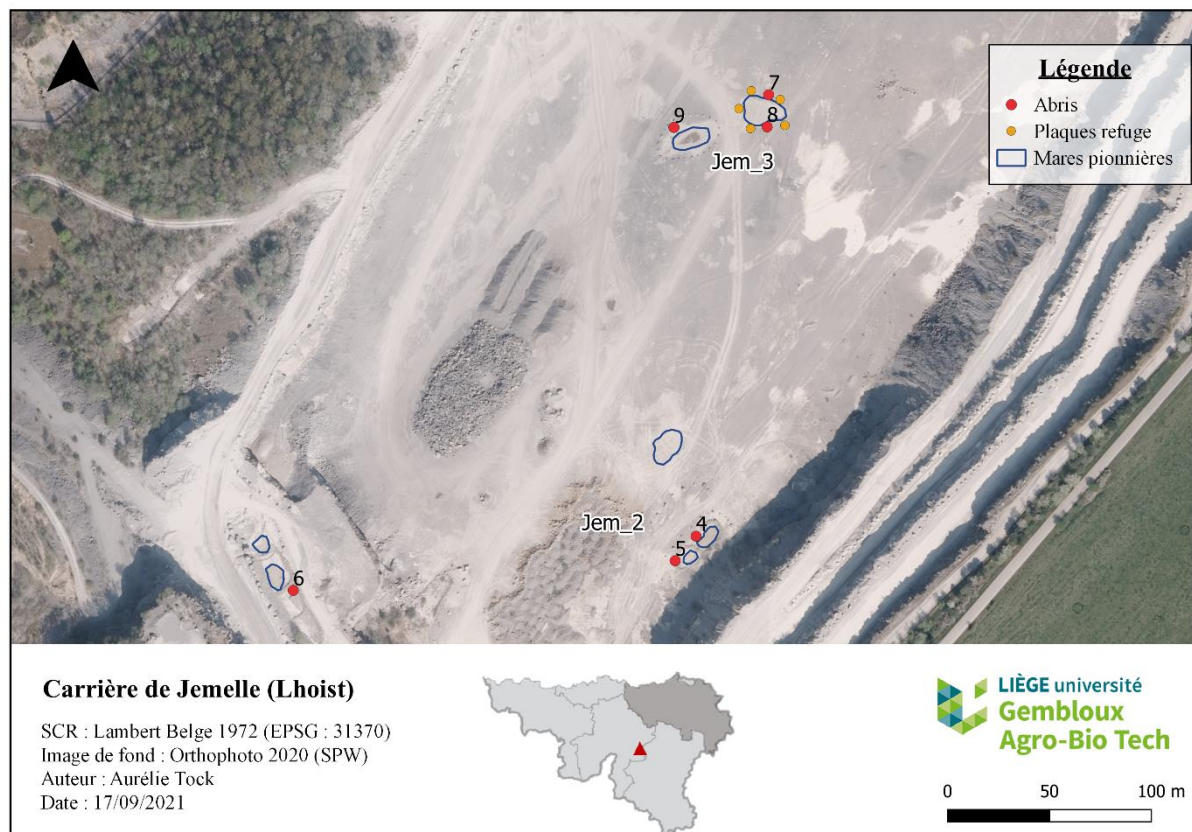
Annexe 7 : Localisation des abris situés à Fra_1, Fra_2 et Fra_3



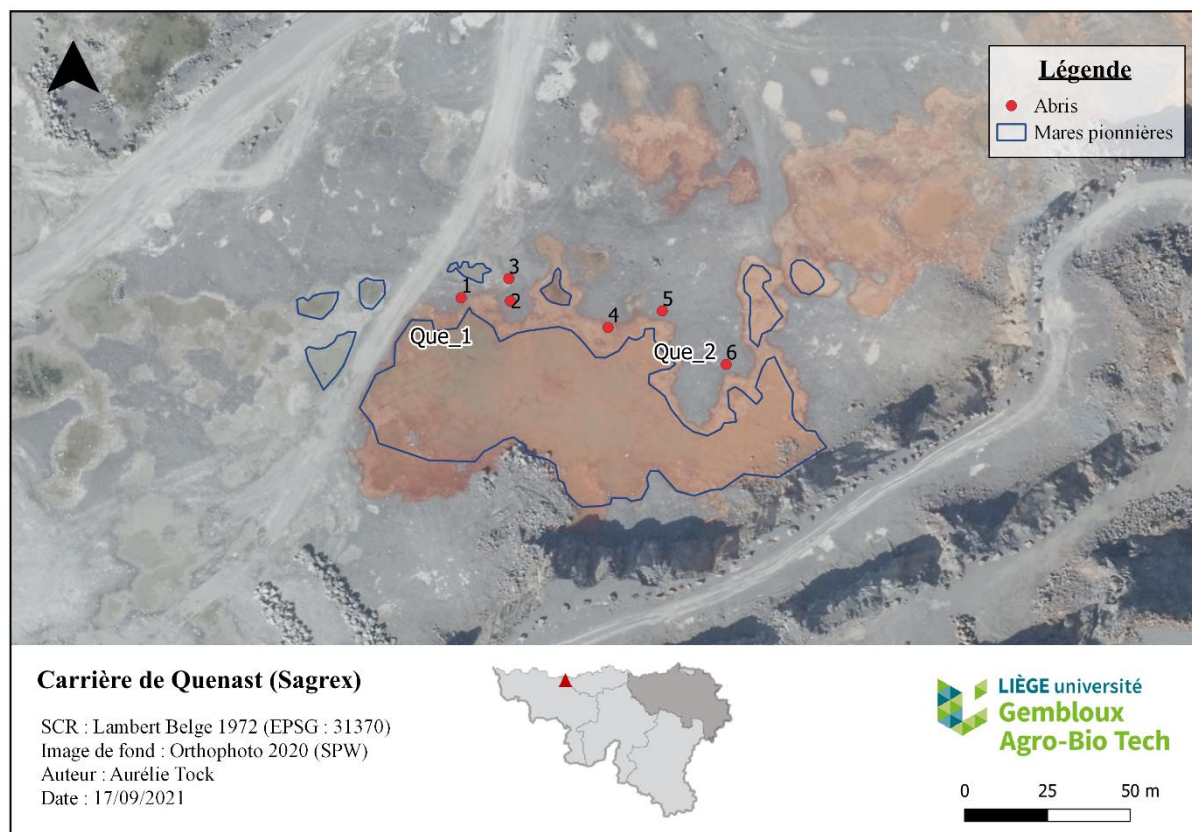
Annexe 8 : Localisation des abris situés à Jem_1



Annexe 9 : Localisation des abris situés à Jem_2 et Jem_3



Annexe 10 : Localisation des abris situés à Que_1 et Que_2



Annexe 11 : Abris situés à *Fra_2* (haut) et *Fra_3* (bas) dans la conformation « fond de fosse ». Zone très isolée, où aucun autre abri potentiel ne se trouve dans un rayon minimal de 50 m



Annexe 12 : Abris situés à *Her_1* dans la conformation « intermédiaire ». Zone présentant d'autres abris potentiels dans un rayon de 20 à 50 m



Annexe 13 : Abris situés à *Her_3* dans la conformation « bord de falaise ». Zone non isolées d'autres refuges se trouvant à moins de 20 m des abris étudiés

