

« Effets de l’empoisonnement sur les communautés d’amphibiens des Préalpes vaudoises »



Travail de Bachelor présenté par :

Khalil Outemzabet

pour l’obtention du titre Bachelor of Science HES-SO en Gestion de la nature

Août 2022

Répondant HEPIA

Franck Cattaneo (Professeur HES)

Conseiller scientifique

**Jérôme Pellet (Correspondant régional
du karch pour le canton de Vaud)**

Responsable de la filière

Gestion de la nature

Patrice Prunier

Déclaration

Ce travail de Bachelor est réalisé dans le cadre de l'examen final de la Haute École du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève, en vue de l'obtention du titre de Bachelor HES-SO en Gestion de la nature.

L'étudiant assume la responsabilité du travail et accepte, le cas échéant, la clause de confidentialité. Par contre, les conclusions et les recommandations qu'il y formule, sans préjuger de leur valeur, n'engagent ni les responsabilités de l'auteur, ni celle du répondant HEPIA, ni celle du conseiller scientifique, des experts et de HEPIA.

« J'atteste avoir réalisé seul le présent travail, sans avoir utilisé des sources autres que celles citées dans la bibliographie. »

Fait à Lullier, le 13 août 2022

Khalil OUTEMZABET



Remerciements

Mes remerciements à :

- M. Pellet pour ses conseils, sa grande disponibilité, son aide et sa confiance lors de la réalisation de ce travail de Bachelor
- M. Cattaneo pour l'encadrement et le suivi de ce travail ainsi que ses corrections et ses réponses claires et précises
- Mme Coullery et M. Sonnay pour leur aide avec le travail de terrain
- Mme Megali et les stagiaires du Parc naturel régional Gruyères-Pays d'Enhaut, Mme Berdoz et M. Steiner, pour leur aide sur le terrain
- M. Rojard pour les informations sur la situation actuelle de la pêche dans les Préalpes vaudoises
- M. Penchard pour la transmission des cartes de la couverture neigeuse
- Yonathan pour la relecture de mon travail et ses précieux conseils
- Anne-Christine et Jan pour m'avoir hébergé quelques nuits orageuses lors de mon travail de terrain
- Elias pour son soutien, sa bonne humeur et surtout sa légèreté de tous les instants
- Mes parents et mes sœurs pour leur soutien et la relecture de mon travail

Résumé

Ce travail a pour but de mesurer l'impact de l'empoissonnement sur les communautés d'amphibiens dans les Préalpes vaudoises et de proposer des mesures de gestion adaptées aux résultats.

Pour ce faire, un travail de terrain a été réalisé en deux fois entre mai et juillet. Ce terrain a consisté à relever tous les plans d'eau de la région d'étude susceptible d'abriter des amphibiens, de les visiter lors de deux passages, d'y recenser exhaustivement le nombre d'amphibiens présents, de définir la présence ou non de poissons et, pour finir, de relever différentes variables environnementales.

Les résultats ont ensuite été analysés et traités et ont permis de répondre aux objectifs mis en place et de confirmer/infirmes les différentes hypothèses. Deux espèces d'amphibiens, *Rana temporaria* et *Ichthyosaura alpestris* sont effectivement impactés par la présence de poissons, la deuxième espèce de manière significative. De plus, 6 des 9 variables relevées influencent significativement au moins une des trois espèces de batraciens.

Ces résultats permettent donc de mettre en lumière la situation d'empoissonnement dans les Préalpes vaudoises et de proposer des mesures de gestion adaptées. Ces mesures sont : éradiquer les poissons des plans d'eau où la pêche est interdite, adapter les méthodes d'empoissonnement dans les plans d'eau de pêche, et repenser la manière de créer et d'aménager de nouveaux plans d'eau dans la région d'étude.

Abréviations

Exemple :

BUBU *Bufo bufo*

DGE Direction générale de l'environnement

KARCH Centre de coordination pour la protection des amphibiens et reptiles de Suisse

LFSP Loi fédérale sur la pêche

LPN Loi sur la protection de la nature

OPAn Ordonnance sur la protection des animaux

OPN Ordonnance sur la protection de la nature et du paysage

RATE *Rana temporaria*

TRAL *Ichthyosaura alpestris*

UNIL Université de Lausanne

Glossaire

- Anoure : Vertébré amphibien dont la larve est aquatique (têtard) et dont l'adulte, dépourvu de queue, souvent apte au saut, peut vivre hors de l'eau (Larousse, 2022).
- Halieutique : Qui relève de la pêche (Larousse, 2022)
- Dessiccation : Action de dessécher (Larousse, 2022)

Table des matières

Déclaration.....	i
Remerciements.....	ii
Résumé	iii
Abréviations.....	iv
Glossaire	iv
Liste des tableaux	vii
Liste des figures.....	viii
1 Introduction.....	1
1.1 Problématique	1
1.2 Hypothèses	2
1.3 Objectifs	2
2 État de la connaissance.....	3
2.1 Zone d'étude	3
2.2 Amphibiens.....	3
2.2.1 Crapaud commun (<i>Bufo bufo</i>).....	4
2.2.2 Grenouille rousse (<i>Rana temporaria</i>)	5
2.2.3 Triton alpestre (<i>Ichthyosaura alpestris</i>).....	6
2.3 Empoisonnement des lacs.....	8
2.3.1 Historique et situation actuelle dans les Préalpes vaudoises.....	8
2.3.2 Bases légales.....	9
2.3.3 Espèces utilisées	9
2.3.4 Effets sur les amphibiens	10
2.3.5 Effets sur les écosystèmes aquatiques.....	11
2.3.6 Moyens de lutte.....	12
3 Matériel et méthodes.....	13
3.1 Site d'étude	13
3.2 Démarche méthodologique.....	13
3.3 Méthode de collecte des données	14
3.3.1 Amphibiens	14
3.3.2 Poissons	14
3.3.3 Caractéristiques des plans d'eau.....	15
3.4 Traitement et analyse des données	16
4 Résultats	17
4.1 Occurrence des amphibiens et des poissons.....	17

4.2 Relation amphibiens-poissons	19
4.3 Relations amphibiens – variables	21
4.3.1 Permanent ou temporaire.....	21
4.3.2 Pâture	22
4.3.3 Altitude	22
4.3.4 Surface et périmètre.....	22
4.3.5 Couverture neigeuse	23
4.3.6 Aire forestière.....	23
4.3.7 Végétation.....	23
4.3.8 Connectivité	24
4.4 Relations entre variables	25
5 Discussion	27
5.1 Interprétation des résultats	27
5.1.1 Relations amphibiens- poissons	27
5.1.2 Relations amphibiens-variables.....	28
5.2 Recommandations et méthodes d'éradications	31
5.3 Biais observés et perspectives	35
6 Conclusion	36
7 Bibliographie	37
7.1 Références bibliographiques	37
7.2 Autres sources d'information	41
8 Annexes	37

Page de couverture :

Lac lioson : @Outemzabet Khalil

Triton alpestre : @Nature-isère.fr

Truite arc-en-ciel : @sites.google.com

Toutes les photos non sourcées de ce travail ont été prises par K.Outemzabet

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification du Crapaud commun	4
Tableau 2 : Classification de la Grenouille rousse	5
Tableau 3 : Classification du Triton alpestre	6
Tableau 4 : Classes d'abondance des amphibiens.....	14
Tableau 5 : Variables environnementales.....	15
Tableau 6 : Classes de végétation	15
Tableau 7 : Caractéristiques générales des plans d'eau	17
Tableau 8 : Résultats de la variable « poissons ».....	19
Tableau 9 : Résultats des variables.....	21
Tableau 10 : Plans d'eau empoisonnés de manière indéterminée	31
Tableau 11 : Plans d'eau empoisonnés par l'état de Vaud	31

Liste des figures

Figure 1 : Crapaud commun.....	4
Figure 2 : Grenouille rousse.....	5
Figure 3 : Triton alpestre	6
Figure 4 : Grand clé.....	17
Figure 5 : Charbonnières Est.....	17
Figure 6 : Lac de Nervaux	17
Figure 7 : Connectivité des plans d'eau.....	17
Figure 9 : Répartition des plans d'eau selon leur type	17
Figure 8 : Répartition des plans d'eau selon leur classe de végétation.....	17
Figure 11 : Gour de sazième.....	18
Figure 10 : Ciernes charbon.....	18
Figure 12 : Répartition des amphibiens selon leurs classes d'abondance.....	18
Figure 13 : Répartition des plans d'eau avec/sans poissons.....	19
Figure 17 : Comparaison des moyennes de classes de crapauds en fonction de la présence/absence de poisson.....	20
Figure 16 : Répartition des classes de crapauds en fonction de la présence/absence de poissons.....	20
Figure 14 : Répartition des classes de grenouilles en fonction de la présence/absence de poissons.....	20
Figure 15 : Comparaison des moyennes de classes de grenouilles en fonction de la présence/absence de poisson.....	20
Figure 19 : Comparaison des moyennes de classes de tritons en fonction de la présence/absence de poisson.....	20
Figure 18 : Répartition des classes de tritons en fonction de la présence/absence de poissons.....	20
Figure 19 : Crapaud commun.....	22
Figure 20 : Triton alpestre	22
Figure 21 : Répartition du Triton alpestre en fonction de la surface des plans d'eau	22
Figure 22 : Répartition du Crapaud commun en fonction de la durée de la couverture neigeuse	23
Figure 23 : Répartition du Crapaud commun en fonction des classes de végétation.....	23
Figure 24 : Moyenne des populations de grenouille en fonction du nombre de plans d'eau occupés à proximité	24
Figure 25 : Abondance des populations de triton en fonction de la présence de poissons et de la quantité de végétation du littoral	25
Figure 26 : Abondance des populations de Triton en fonction de la présence de poissons et de l'altitude	26

Figure 27 : Abondance des populations de Grenouille en fonction de la présence de poissons et de l'altitude	26
Figure 28 : Moyenne de l'altitude des plans d'eau avec/sans poissons	29
Figure 29 : Relation entre la durée de la couverture neigeuse et l'altitude.....	30
Figure 30 : Golfe de Villars. Un des 7 plans d'eau où l'éradication des poissons est souhaitable. Source : karch	32
Figure 31 : Retenue d'Aï. Berges rectilignes et ne présentant aucune végétation. Source : karch	34
Figure 32 : Têtards de Crapaud commun	36

1 Introduction

Les poissons sont naturellement absents des lacs d'altitudes des Préalpes vaudoises. Cependant dans certains plans d'eau, des individus ont été introduits, notamment pour la pêche. Le karch en collaboration avec le parc naturel régional Gruyère Pays-d'Enhaut, souhaite déterminer les effets de cet empoisonnement sur les communautés d'amphibiens indigènes. 63 plans d'eau potentiellement empoisonnés ont déjà été identifiés par le karch dans les Préalpes vaudoises, dont 43 sur le périmètre du parc naturel régional.

1.1 Problématique

Un tiers des espèces d'amphibiens dans le monde sont en voie de disparition (Knapp et al., 2016). En Suisse, 70% des espèces d'amphibiens sont sur liste rouge et les populations de ces espèces sont, pour la plupart, en diminution sur tout le territoire (karch, 2022). Cette baisse résulte principalement de la destruction et la fragmentation des habitats favorables, de la pollution, ou encore des espèces introduites, principalement des poissons (Ventura et al., 2017). Ces derniers lorsqu'ils y sont introduits ont bien souvent un impact négatif écologiquement sur la faune et le fonctionnement des plans d'eau (Vitule, Freire, & Simberloff, 2009). Cet impact est amplifié lorsque les plans d'eau sont de petites tailles et sont naturellement dépourvus de poissons : des conditions retrouvées dans la plupart des lacs des étages subalpins et alpins à travers la planète.

En Europe, des poissons ont été introduits dans plus de 50% des lacs de plus de 0,5 ha des massifs montagneux (Ventura et al., 2017) et cette proportion est d'environ 41 % dans les Alpes (Jersabek, Brancelj, Stoch, & Schabetsberger, 2001). Ces introductions sont en grande majorité liées à des raisons socio-économiques, autrement dit la pêche (Tiberti & Cardarelli, 2021). Les Préalpes vaudoises ne sont pas épargnées par ce phénomène. Cependant, l'impact de ces introductions sur les communautés d'amphibiens y est encore peu connu, les études sur le sujet portant surtout sur le continent américain et les Pyrénées (Miro, Sabas, & Ventura, 2018). La finalité de ce projet est donc de déterminer dans quelle mesure la présence des poissons introduits porte atteinte aux amphibiens dans les lacs d'altitude des Préalpes vaudoises.

1.2 Hypothèses

Sur les bases des nombreuses études effectuées sur les continents américains et européens, quelques hypothèses ressortent concernant ce travail.

- Les poissons introduits dans les plans d'eau ont un impact négatif sur l'abondance des espèces d'amphibiens présentes
- Les conséquences de ces introductions sont moins importantes sur les espèces toxiques (*Bufo bufo*)
- Certaines caractéristiques du plan d'eau jouent un rôle dans l'ampleur de cet impact
 - o L'altitude est corrélée négativement avec les abondances
 - o Le taux de végétation est corrélé positivement avec les abondances
 - o La surface est corrélée positivement avec les abondances
 - o La pâture influence négativement les abondances
 - o Les plans d'eau temporaires abritent des abondances moins élevées
 - o La connectivité des plans d'eau occupés influence positivement les abondances

1.3 Objectifs

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Déterminer les espèces et l'abondance des communautés d'amphibiens dans les plans d'eau des Préalpes vaudoises lors de 2 visites à réaliser entre mai et juillet.
- Déterminer la présence de poissons dans ces plans d'eau
- Évaluer si la présence de poissons a une influence sur l'abondance des communautés d'amphibiens
- Évaluer si l'abondance des amphibiens est corrélée avec d'autres facteurs environnementaux
- Élaborer des recommandations de gestion de la faune halieutique présente

2 État de la connaissance

2.1 Zone d'étude

La zone étudiée correspond aux Préalpes vaudoises. Les Préalpes sont « un ensemble de massifs montagneux, essentiellement calcaires, constituant la bordure occidentale et septentrionale des Alpes centrales » (Larousse, 2022) dont les sommets ne dépassent pas 2500m d'altitude (Raymond, 2015). La partie vaudoise des Préalpes appartient à la région des Préalpes suisses occidentales. Elle est délimitée au Nord par les Préalpes fribourgeoises, à l'Est par la Sarine, au Sud-Ouest par la vallée du Rhône et au Sud par les Alpes vaudoises (Annexe 1). Plusieurs plans d'eau sont disséminés sur ce territoire et sont l'objet de cet inventaire. La plupart de ces plans d'eau sont d'origine glaciaire, mais une petite minorité sont artificiels ou ont été créés à la suite d'un phénomène naturel (éboulements par exemple). 43 des 63 plans d'eau étudiés se trouvent sur le territoire du Parc naturel Gruyères-Pays d'Enhaut. Celui-ci se situe à cheval sur une partie des Préalpes vaudoises et des Préalpes fribourgeoises (wikipedia, 2022). Son territoire s'étend sur 630km², 3 cantons et 17 communes (Parc naturel régional Gruyère Pays-d'Enhaut, 2022). Son altitude minimale est de 374m et son altitude maximale de 2548m.

2.2 Amphibiens

Seules trois espèces d'amphibiens sont communes dans les plans d'eau des Préalpes vaudoises. Le Crapaud commun (*Bufo bufo*, Linnaeus 1758), la Grenouille rousse (*Rana temporaria*, Linnaeus 1758) et le Triton alpestre (*Ichthyosaura alpestris*, Laurenti 1768). Elles sont décrites et présentées ci-dessous.

2.2.1 Crapaud commun (*Bufo bufo*)



Figure 1 : Crapaud commun.
Source : Gepat 2009

Tableau 1 : Classification du Crapaud commun

Règne	<i>Animalia</i>
Embranchement	<i>Chordata</i>
Classe	<i>Amphibia</i>
Ordre	<i>Anura</i>
Famille	<i>Bufo</i>
Genre	<i>Bufo</i>
Espèce	<i>Bufo bufo</i>

Description

Cet anoure mesure entre 6 à 7.5 cm pour les mâles, 7 à 10 cm pour les femelles et 0.7 à 1.2 cm pour les jeunes métamorphosés (Meyer, Zumbach, Schmidt, & Monney, 2009). Sa pupille horizontale, son iris orange-rouge et sa pigmentation brune, parfois rougeâtre, permettent de le différencier des autres espèces de crapauds.

Répartition

La répartition du Crapaud commun est vaste. Il est présent dans tout le paléarctique Occidental (LPO IDF, 2022). En Suisse, il est commun au nord des Alpes et se retrouve jusqu'à 2200m d'altitude, bien qu'il soit plus fréquent en dessous de 1500m (Grossenbacher, 1988).

Habitat

Le Crapaud commun apprécie les plans d'eau permanents, profonds et bien ensoleillés (Heusser, 2003). La présence de branches ou de végétaux dans l'eau est nécessaire pour attacher ses œufs (karch, 2022). Cependant, les plans d'eau envahis par trop de végétation ne semblent pas lui convenir (Grossenbacher, 1988). Ses habitats terrestres sont bien souvent forestiers, mais peuvent aussi être des carrières, zones agricoles ou encore des jardins.

Mœurs

Cet amphibien passe l'hiver dans ses habitats terrestres. C'est au début du printemps (mars-avril en plaine, mai – juin en altitude) qu'il commence son déplacement en direction des plans d'eau de reproduction (Heusser, 2003). Il y reste entre 2 à 3 semaines avant de se rendre dans ses zones d'estivages, situées encore plus loin que les sites d'hivernages (karch, 2022). Les œufs sont déposés dans les plans d'eau sous forme de cordons gélatineux composés de milliers d'individus.

Les embryons se développent pendant 1 à 2 semaines avant d'éclore et les larves évoluent pendant 7 à 16 semaines dépendant de l'altitude et de la température (Meyer et al., 2009). La maturité sexuelle est atteinte vers 2-3 ans sur le plateau, et 6-8 ans en montagne (Meyer et al., 2009). Le crapaud se nourrit essentiellement d'invertébrés (mollusques, lombrics, araignées ...) (Meyer et al., 2009). La capacité de dispersion du crapaud est de 1500 m (Meyer et al., 2009).

Protection et conservation

Le crapaud commun est considéré comme vulnérable (VU) en Suisse (Schmidt & Zumbach, 2005). Environ 2500 lieux de ponte sont connus dans le pays, ce qui est relativement élevé (Heusser, 2003). Malgré cela, les populations de crapauds régressent légèrement. La mortalité sur les routes lors de la migration et la destruction des plans d'eau de reproduction sont les deux menaces principales (Heusser, 2003). Les moyens de conservation les plus efficaces sont donc de protéger les lieux de pontes, et de sensibiliser les conducteurs tout en menant des actions sur le terrain pour déplacer les amphibiens lorsqu'ils traversent les routes.

2.2.2 Grenouille rousse (*Rana temporaria*)



Tableau 2 : Classification de la Grenouille rousse

Règne	<i>Animalia</i>
Embranchement	<i>Chordata</i>
Classe	<i>Amphibia</i>
Ordre	<i>Anura</i>
Famille	<i>Ranidae</i>
Genre	<i>Rana</i>
Espèce	<i>Rana temporaria</i>

Figure 2 : Grenouille rousse.
Source : Holger Krisp, 2011

Description

Cette grenouille de grande taille mesure environ 11cm pour le mâle. La femelle est légèrement plus grande. Les jeunes métamorphosés mesurent de 1 à 1.6 cm (Meyer et al., 2009). Cette grenouille présente des couleurs très variées (mais n'est jamais verte). Sa face dorsale est régulièrement tachetée.

Répartition

La Grenouille rousse est l'espèce d'amphibien la plus fréquente de Suisse. (Meyer et al., 2009). Elle est présente dans tout le pays, jusqu'à 2300 m d'altitude (observée jusqu'à 2750m)

Habitat

Cette espèce se retrouve dans toute eau stagnante ou calme, peu importe la taille et le milieu du plan d'eau. En revanche, elle est généralement absente des plans d'eau occupés par des poissons, ainsi que des eaux trop agitées (karch, 2022). Ses habitats terrestres sont tout aussi variés, cependant elle évite les milieux sèchards et les zones agricoles intensives (karch, 2022).

Mœurs

Les adultes se déplacent vers les sites de ponte dès leur dégel (complet ou partiel) (karch, 2022). Ce qui correspond à février-mars en plaine et à mai-juin en montagne. La ponte a lieu en quelques heures, voire quelques jours. La femelle pond entre 800 et 2500 œufs sous forme de grappes gélatineuses (Meyer et al., 2009). La plupart des adultes regagnent ensuite leurs habitats terrestres (karch, 2022). Le développement des œufs dure entre 8 à 14 jours, celui des larves entre 7 à 12 semaines dépendant de la température (Meyer et al., 2009). La capacité de dispersion de la grenouille est de 1500 m environ (Meyer et al., 2009).

Protection et conservation

La Grenouille rousse est considérée comme une espèce de préoccupation mineure (LC) en Suisse (Schmidt & Zumbach, 2005). Elle peut potentiellement être menacée localement par la présence de poissons dans les plans d'eau, et par la mortalité sur les routes lors de la migration. Comme pour le Crapaud commun, des campagnes de sensibilisations sont utiles pour diminuer ce phénomène.

2.2.3 Triton alpestre (*Ichthyosaura alpestris*)



Figure 3 : Triton alpestre
Source : Joxerra Aihartza, 2010

Tableau 3 : Classification du Triton alpestre

Règne	<i>Animalia</i>
Embranchement	<i>Chordata</i>
Classe	<i>Amphibia</i>
Ordre	<i>Urodela</i>
Famille	<i>Salamandridae</i>
Genre	<i>Ichthyosaura</i>
Espèce	<i>Ichthyosaura alpestris</i>

Description

Ce représentant de la famille des salamandridés mesure en 6-9cm pour le mâle, jusqu'à 11cm pour la femelle et 3 à 5 cm pour le juvénile (Meyer et al., 2009). Le ventre de cette espèce est orangé chez les deux sexes. Les mâles sont particulièrement flamboyants.

Répartition

Le Triton alpestre se retrouve dans toute l'Europe centrale. En Suisse, il est très fréquent au nord des Alpes, où il occupe des habitats entre la plaine et l'étage subalpin (Grossenbacher, 1999). Il est dominant entre 1800 et 2000m, mais des populations ont été retrouvées jusqu'à 2430m d'altitude dans les Grisons (Grossenbacher, 1988).

Habitat

Le Triton alpestre a des exigences écologiques quasi inexistantes. Tous les plans d'eau sont susceptibles d'être colonisés par cette espèce (karch, 2022). Elle semble néanmoins éviter les grands Lacs et les cours d'eau à fort courant.

Mœurs

Le Triton alpestre gagne les plans d'eau dès mars en plaine, et entre mai-juin en montagne (Meyer et al., 2009). Il pond entre 100 à 150 œufs sur des plantes aquatiques. Ce processus peut prendre plusieurs semaines (Grossenbacher, 1999). Lorsqu'elles éclosent, les larves restent surtout au fond de l'étang. Leur développement peut prendre 2 à 4 semaines dépendant de la température de l'eau (Meyer et al., 2009). Elles quittent généralement le plan d'eau 2 mois et demi après leur naissance (Grossenbacher, 1999). Les adultes sont prédateurs et se nourrissent généralement d'invertébrés (vers, mollusques...) Ils peuvent aussi s'attaquer à leurs congénères et aux œufs de Grenouilles rousSES (Meyer et al., 2009). En cas de trop forte densité de Triton dans un étang, une population de grenouilles peut être totalement décimée (karch, 2022). La capacité de dispersion du triton est d'environ 500 m (Meyer et al., 2009)

Protection et conservation

Le Triton alpestre est considéré comme une espèce de préoccupation mineure (LC) en Suisse (Schmidt & Zumbach, 2005). Il peut être menacé localement par la destruction de ses habitats, la pollution et l'introduction de poissons (karch, 2022). La préservation ou la création de plans d'eau riches en planctons et en végétation est une mesure permettant de favoriser cette espèce.

2.3 Empoisonnement des lacs

« L'empoisonnement consiste à déverser des poissons élevés en conditions artificielles dans une mer, un lac ou une rivière » (Aquaportail, 2010). Cette pratique est utilisée principalement pour la pêche, et plus rarement pour des projets de conservation. Il arrive aussi que des personnes relâchent leurs poissons de compagnie dans un plan d'eau lorsqu'ils ne veulent plus s'en occuper.

Les effets de l'empoisonnement varient selon la situation du milieu concerné (lac, étang, rivière...), mais ont bien souvent un impact négatif (Vitule et al., 2009). Cette pratique est utilisée dans le monde entier, y compris dans la plupart des massifs montagneux du globe (Ventura et al., 2017).

2.3.1 Historique et situation actuelle dans les Préalpes vaudoises

Historique

Bien que la pratique de l'empoisonnement existe depuis des siècles, son historique dans les Alpes, et notamment en Suisse, est très peu connu (Ventura et al., 2017). Les premières traces de lâchers de poissons remontent à la fin du 16^e siècle (Pechlaner, 1984). Cependant, c'est surtout durant la deuxième partie du 19^e siècle que cette pratique s'est multipliée et a eu lieu à grande échelle. , c'est dans les années 60 que la pêche s'est réellement popularisée, en premier lieu dans les Alpes italiennes (Ventura et al., 2017) puis dans tout le massif alpin.

Dans la région des Préalpes vaudoises, le lac Lioson a fait l'objet d'un premier empoisonnement en 1893 (Rubin, 1991). Les autres lacs de pêche ont probablement été empoisonnés autour de la même époque. Depuis, l'empoisonnement est quasi annuel et les moyens utilisés de plus en plus importants. De 2003 à 2020, c'est chaque année près de 3500 kg de poissons qui sont mis à l'eau dans les lacs de montagne du canton de Vaud (DGE, 2021). L'empoisonnement se fait avec un hélicoptère depuis 1989 dans le lac Lioson (Rubin, 1991). Les autres lacs sont empoisonnés via le transport routier.

Lacs empoisonnés

Les lacs des Préalpes vaudoises faisant l'objet d'un empoisonnement annuel sont au nombre de 5, dont 4 font partie du périmètre d'étude (Annexe 2). Ils sont empoisonnés plusieurs fois par année par l'état de Vaud. Néanmoins, cela ne signifie pas que ce sont les seuls lacs des Préalpes à être habités par des poissons. Des plans d'eau anciennement utilisés pour la pêche sont encore peuplés, et des lâchers illégaux sont également possibles.

2.3.2 Bases légales

Au niveau fédéral les amphibiens sont protégés par :

- L'article 18 de la loi sur la protection de la nature (LPN)
- L'article 20 de l'ordonnance sur la protection de la nature et du paysage (OPN)
- La convention de Berne de 1982

En ce qui concerne l'introduction d'espèces de poissons, l'article 3 de la loi fédérale sur la pêche de 1991 (LFSP ; RS 923.0) stipule que ce sont les cantons qui « édictent notamment des prescriptions sur l'empoissonnement des eaux exploitées ». Cependant, selon l'art. 6 LFSP, c'est la confédération qui octroie les autorisations pour introduire une espèce de poisson, et l'autorisation est seulement accordée si « la faune et la flore indigène ne seront pas mises en péril et qu'il n'en résultera pas une modification indésirable de la faune (LFSP ; RS 923.0).

2.3.3 Espèces utilisées

Les espèces utilisées pour l'empoissonnement des lacs alpins sont très similaires à travers le monde. Elles sont constituées principalement d'espèces de montagne affectionnant les eaux froides. Les espèces de la famille des salmonidés sont les plus utilisées pour l'empoissonnement (Tiberti & Von Hardenberg, 2012), car la plupart sont adaptées aux conditions des lacs alpins, et sont très appréciées par les pêcheurs. La Truite fario et la Truite arc-en-ciel sont les deux espèces les plus « populaires » (Ventura et al., 2017). Après les salmonidés, les espèces les plus présentes sont la Perche commune (*Perca fluviatilis*, Linnaeus 1758) et le Vairon (*Phoxinus phoxinus*, Linnaeus 1758). La présence en grand nombre du Vairon s'explique par le fait qu'il est souvent utilisé comme appât vivant par les pêcheurs (Miro et al., 2018). Lorsque ces derniers finissent leur journée de pêche, ils relâchent bien souvent les appâts qui leur restent, ce qui dans bien des cas permet l'implantation d'une population de Vairons (Museth, Hesthagen, Sandlund, & Thorstad, 2007). Cette pratique est désormais interdite en Suisse par l'ordonnance sur la protection des animaux de 2008 (OPAn ; RS455.1) à quelques exceptions près. La liste des poissons utilisés pour l'empoissonnement dans les Préalpes est disponible en Annexe 3. Celle-ci ne correspond pas exactement à la liste des poissons pêchés (Annexe 2), car certaines espèces sont présentes dans les lacs, mais ne sont que rarement capturées. C'est par exemple le cas du Cristivomer (*Salvelinus namaycush*, Welbaum 1792) qui se reproduit depuis 1972 dans le lac Lioson, mais n'a pas été capturé en 2021 (DGE, 2021).

2.3.4 Effets sur les amphibiens

Plusieurs études démontrent que les poissons introduits ont un impact sur les amphibiens (Finlay & Vredenburg, 2007; Pope, Garwood, Welsh, & Lawler, 2008; Ventura et al., 2017; Vitule et al., 2009).

La plupart des espèces de poissons peuvent s'attaquer aux œufs, aux larves ou même aux adultes d'amphibiens (Karch, 2022; Oosterheld, Dzukic, & Kalezic, 2005). Les truites par exemple chassent à vue (Tiberti, Brighenti, Lacobuzio, & Pasquini, 2014) et par conséquent s'attaquent volontiers aux adultes d'amphibiens, car ceux-ci sont plus facilement visibles (Knapp, Hawkins, Ladau, & McClory, 2005). Lorsque les individus de petite taille appartenant à des espèces prédatrices ne parviennent pas à s'attaquer aux adultes, ils se nourrissent volontiers d'œufs et de jeunes individus de grenouilles ou de tritons. Même les espèces dites « non prédatrices » comme la carpe peuvent se nourrir occasionnellement de têtards et mettre à mal des populations d'amphibiens (Kloskowski, 2009).

De plus, les poissons entrent en compétition avec les amphibiens pour les proies (Finlay & Vredenburg, 2007). Les vairons par exemple peuvent avoir un impact sur les amphibiens presque aussi important que les salmonidés en se nourrissant de leurs proies (Miro et al., 2018). La productivité des plans d'eau accentue cette compétition interspécifique, car elle est plus faible en montagne, et la période de productivité est plus courte, par conséquent le nombre de proies y est peu élevé (Pilliod & Peterson, 2001).

L'introduction des poissons dans les plans d'eau peut aussi favoriser la présence d'un prédateur commun avec les amphibiens ce qui augmenterait la pression sur ce dernier (Pope et al., 2008). Par exemple, une forte abondance de vairons, source de nourriture pour de nombreux salmonidés, peut favoriser les communautés de ces derniers. Or les salmonidés se nourrissent également d'amphibiens et donc l'augmentation de ces communautés entraînera une conséquence négative pour les batraciens présents dans les plans d'eau.

Les conséquences de cet impact sont généralement la diminution de l'abondance des amphibiens dans un plan d'eau (Sih, Kats, & Moore, 1992) ou l'extinction complète d'une population (Brönmark & Edenham, 1994). L'introduction de poissons peut aussi avoir un effet sur la taille et la croissance des amphibiens. En effet, la présence de poissons dans le plan d'eau incite les batraciens à moins se déplacer et par conséquent à moins se nourrir (Kats & Ferrer, 2003).

Cet impact varie selon l'espèce d'amphibien concernée. (Kats, Petranka, & Sih, 1988) classent les amphibiens selon trois types de plans d'eau :

- Ceux habitant les plans d'eau temporaires
- Ceux habitant les plans d'eau permanents, mais qui ne sont pas comestibles par les poissons
- Ceux habitant les plans d'eau permanents et qui sont comestibles par les poissons.

Le Crapaud commun appartient au deuxième groupe. En effet, les larves et les œufs contiennent un poison naturel, la bufotoxine et ne sont donc pas consommés par les poissons (Bruxelles environnement, 2020). En revanche, le crapaud peut être impacté par la concurrence avec les poissons. Le Triton alpestre et la Grenouille rousse appartiennent au troisième groupe. Les espèces appartenant à ce groupe sont bien souvent les plus touchées par l'introduction de poissons (Kats et al., 1988). Ce constat est encore plus vrai pour les communautés vivant à une certaine altitude. En effet, en montagne le développement des larves prend plus de temps. Les amphibiens doivent donc se reproduire dans les eaux permanentes pour éviter le gel ou la dessiccation et n'ont pas d'habitat alternatif, par exemple des mares temporaires, lorsque des poissons sont introduits (Knapp & Matthews, 2000). De plus, habitant dans des eaux originellement sans poissons, ils n'ont pas développé de systèmes de défense si ce n'est la fuite et la recherche de refuge dans les zones de végétation (Pilliod & Peterson, 2001). Or, contrairement aux plans d'eau de plaine, les zones de végétation refuge sont très peu présentes en altitude.

2.3.5 Effets sur les écosystèmes aquatiques

L'introduction des poissons a des impacts sur le ou les écosystèmes d'un plan d'eau et ceci à plusieurs niveaux (Vitule et al., 2009). Généralement, les poissons remplacent les prédateurs dominants déjà présents ou deviennent un nouveau maillon de la chaîne trophique (Eby, Roach, Crowder, & Stanford, 2006). De plus, l'introduction des poissons augmente l'abondance des prédateurs sans qu'une régulation naturelle puisse avoir lieu étant donné le caractère annuel des introductions (Johnson & Martinez, 2003). Ces changements entraînent plusieurs conséquences. L'abondance élevée des poissons diminue la richesse spécifique des espèces présentes à des étages trophiques plus bas, notamment les amphibiens et la macrozoobenthos (Epanchin, Knapp, & Lawler, 2010) et simplifie la chaîne trophique (Eby et al., 2006). La diminution de la macrozoobenthos a même un impact sur les écosystèmes terrestres présents en périphérie du plan d'eau (Baxter, Fausch, & Saunders, 2005).

En effet, les poissons se nourrissent d'invertébrés émergents, source d'alimentation pour de nombreux oiseaux et araignées. L'introduction de poissons peut entraîner la modification de la production primaire du plan d'eau en entraînant la diminution des grandes espèces de zooplanctons aux profits d'espèces plus petites (Sarnelle & Knapp, 2005). Finalement, l'introduction de poissons peut modifier les cycles de nutriments et les cycles biogéochimiques d'un plan d'eau, bien que les effets exacts soient encore peu étudiés (Eby et al., 2006).

L'impact des poissons ne se limite pas au plan d'eau où ils ont été introduits. Bien que de nombreux obstacles limitent leur migration en amont des plans d'eau alpins, ils n'ont aucun mal à descendre le courant et coloniser les rivières et les plans d'eau situés plus bas (Adams, Frissell, & Rieman, 2001). L'Ombre de fontaine peut par exemple dévaler des pentes de 80% et des cascades de 8m de haut (Adams et al., 2001).

2.3.6 Moyens de lutte

Les moyens pour lutter contre les effets négatifs de l'empoisonnement sont simples en théorie, mais compliqués à mettre en place. La première mesure à instaurer serait d'arrêter d'empoisonner des lacs, aussi bien ceux où les poissons sont déjà présents que les autres (Armstrong & Knapp, 2004). Ensuite, il faudrait éradiquer les poissons déjà présents dans le lac. En effet, même après l'arrêt de l'empoisonnement, des communautés de poissons peuvent s'implanter définitivement dans un lac. Dans le lac Lioson par exemple, l'Ombre chevalier est l'un des poissons les plus abondants alors qu'il n'y a été lâché que deux fois en 1966 et 1972 (Rubin, 1991). L'éradication des poissons est efficace dans les lacs alpins compte tenu de leur isolation (Tiberti et al., 2019). Ces deux mesures peuvent suffire à reconstituer des communautés d'amphibiens de taille similaires aux plans d'eau empoisonnés en seulement quelques années (Knapp, Matthews, & Sarnelle, 2001).

Malheureusement, ces mesures sont compliquées à mettre en place compte tenu des avantages socio-économiques apportés par la pêche dans les régions de montagne (Tiberti & Cardarelli, 2021). De plus, elles peuvent entraîner des conflits avec les pêcheurs locaux (Tiberti et al., 2019).

En Suisse, le gouvernement soutient les pratiques d'empoisonnement, et ce sont même les offices cantonaux qui se chargent de lâcher les poissons dans les lacs. Pourtant les bases légales sont explicites et vont plutôt dans le sens de l'interdiction de cette pratique (voir chapitre 2.3.2).

3 Matériel et méthodes

3.1 Site d'étude

Les plans d'eau échantillonnés sont situés dans les Préalpes vaudoises. (7°02'22.652"E - 7°12'40.625"E/46°16'34.823"N - 46°29'20.653"N). La zone d'étude a une superficie d'environ 430 km².

Les plans d'eau sont au nombre de 63 dont 43 sont situés dans le parc naturel régional Gruyères-Pays d'Enhaut (Annexe 4 et 5). Tous les plans d'eau de la zone d'étude assez grands pour apparaître sur les SIG ont été retenus. En revanche, les plans d'eau dépassant 7 ha n'ont pas été inventoriés, pour des raisons de pratique ainsi que pour garder une certaine homogénéité dans les plans d'eau à échantillonner. Pour cela, le lac de l'Hongrin et le lac du Vernex, présents tous les deux dans le périmètre d'étude n'ont pas été visités. L'échantillonnage s'est déroulé entre 1000m et 2100m d'altitude.

3.2 Démarche méthodologique

La démarche méthodologique a été pensée dans le but de répondre aux objectifs cités au chapitre 1.4. Elle est inspirée de nombreuses études faites sur le sujet (Hecnar & M'Closkey, 1997; Knapp & Matthews, 2000; Miro et al., 2018; Welsh, Pope, & Boiano, 2006) ainsi que de la méthodologie utilisée par le karch (Pellet, Borgula, Ryser, & Zumbach, 2012) et adaptée au contexte des Préalpes vaudoises.

Cette étude est encadrée par le karch et le parc naturel régional Gruyère-Pays d'Enhaut et effectuée en partie avec le karch. Le travail de terrain s'est déroulé sur deux passages entre mi-mai et mi-juillet. Les plans d'eau de basse altitude ont, dans la mesure du possible, été prospectés en premier. Entre 4 et 7 sites ont été inventoriés par jour. Au maximum, une heure a été consacrée par plan d'eau. La démarche méthodologique est séparée en trois parties :

- L'inventaire des amphibiens
- La détermination de la présence ou absence de poissons
- La caractérisation des plans d'eau

Ces trois parties ont été effectuées sur le terrain simultanément.

En préalable de cela a eu lieu la détermination des sites. Celle-ci s'est fait suite à une étude orthophoto, à la couche Vector 25 des plans d'eau provenant de l'office fédéral de la topographie, et a été complétée grâce à la prospection du terrain de la zone d'étude.

3.3 Méthode de collecte des données

3.3.1 Amphibiens

La détection des Tritons alpestres, des Grenouilles rousses et des Crapauds communs s'est faite visuellement depuis le bord du plan d'eau. Des jumelles ont été utilisées pour faciliter la détection des individus. Durant l'échantillonnage, le tour des plans d'eau a été effectué plusieurs fois afin de s'assurer de la présence ou absence d'amphibiens. Lorsqu'une présence a été détectée, les amphibiens ont été comptés de manière exhaustive en séparant les espèces. Le comptage des œufs, des têtards et des adultes a lui aussi été effectué séparément. Dans un premier temps un filet troubleau a été utilisé pour capturer les têtards afin de faciliter leur détermination. Avec un peu de pratique, ces derniers ont ensuite pu être déterminés visuellement. Tous les résultats ont été relevés sur une fiche de terrain (Annexe 6).

Le passage pris en compte pour les résultats est celui où le plus d'amphibiens a été observés. Le nombre d'amphibiens observés a ensuite été converti en différentes classes d'abondance, définies par le karch (cf. Tableau 4) (Pellet et al., 2012).

Tableau 4 : Classes d'abondance des amphibiens

Taille de la population	Petite (1)	Moyenne (2)	Grande (3)	Très grande (4)
Pontes				
Grenouille rousse	1 à 40	40 à 100	100 à 400	Plus de 400
Adulte				
Grenouille rousse	1 à 5	5 à 50	51 à 200	Plus de 200
Crapaud commun	1 à 5	5 à 50	51 à 200	Plus de 200
Triton alpestre	1 à 3	4 à 10	11 à 40	Plus de 40

3.3.2 Poissons

En ce qui concerne les poissons, seule leur présence/absence a été relevée. Les différentes espèces n'ont pas toutes le même impact sur les amphibiens. Cependant, comme expliqué au chapitre 2.3.4, il semblerait que tous les poissons présents dans le lac des Préalpes se nourrissent à un moment ou un autre d'un stade de développement des amphibiens (karch, 2022; Oesterheld et al., 2005), ou du moins, entrent en compétition avec les amphibiens pour les proies. Il est logique qu'une petite espèce comme le vairon ait un plus faible impact sur les amphibiens qu'une Truite arc-en-ciel par exemple. Cependant, le vairon est généralement arrivé dans les plans d'eau suite à son utilisation en tant qu'appât vivant (Miro et al., 2018). Sa présence est donc directement liée à celle des grands poissons prédateurs. Par conséquent, même en cas de détection de petits poissons seulement, il est possible d'assumer que des espèces se nourrissant d'amphibiens sont présentes dans le plan d'eau.

La détection des poissons s'est faite en partie visuellement. Cette méthode est très efficace pour les plans d'eau de moins de 0,5 ha et de moins de 3m de profondeur (Knapp et al., 2005). Pour les lacs de plus grandes dimensions, les données récoltées sur le terrain ont ensuite été complétées par les statistiques de la pêche ainsi qu'avec des entretiens avec des pêcheurs et des gardes-pêche de la région.

3.3.3 Caractéristiques des plans d'eau

La présence et l'abondance des amphibiens dans un plan d'eau peuvent aussi être corrélées avec la localisation et la morphologie du plan d'eau (Knapp et al., 2005; Miro et al., 2018; Orizaola & Braña, 2006; Pilliod et al., 2010; Pope et al., 2008). Les variables environnementales suivantes ont donc été relevées (cf. Tableau 5) :

Tableau 5 : Variables environnementales

Variable	Unité	Description
Altitude	m	Altitude du lac (m.s.m)
Superficie	ha	Surface du plan d'eau
Périmètre	m	Périmètre du plan d'eau
Taux de végétation du littoral	%	Pourcentage du littoral occupé par des macrophytes submergés et émergés
Type de plan d'eau	Permanent/temporaire	Présence d'eau ou non lors de la période estivale
Connectivité des plans d'eau	Nbr	Nombre de plans d'eau dans un rayon de 1500m
Connectivité par espèce	Nbr	Nombre de plans d'eau occupés par espèce dans un rayon prédéfini
Forêt	m ²	Superficie de forêt dans un rayon de 300m autour du plan d'eau
Durée de la couverture neigeuse	jour	Durée de la couverture neigeuse durant l'hiver 2021/2022
Pâturage	Oui/Non	Plan d'eau accessible au bétail

L'altitude, la superficie et le périmètre d'un plan d'eau sont des informations disponibles sur Swiss Geoportal. Pour la variable « taux de végétation » la mesure est prise sur le littoral qui est défini ici comme la partie submergée du plan d'eau située à moins d'1m de la berge. La végétation a ensuite été répartie dans 5 classes afin de limiter les différences entre observateurs (cf. Tableau 6).

Tableau 6 : Classes de végétation

Classes de végétation	Taux de recouvrement (%)
1	0 à 5
2	6 à 20
3	21 à 50
4	51 à 80
5	81 à 100

Le caractère temporaire ou permanent du plan d'eau a été évalué lors du deuxième passage, plus tardif, et confirmé par des orthophotos historiques. L'accès aux plans d'eau par le bétail a aussi été défini sur le terrain. La connectivité a été évaluée après les inventaires. Cette variable est séparée pas espèce. Les données récoltées pour cette variable sont :

- Le nombre de plans d'eau dans un rayon de 1500m
- Le nombre de plans d'eau occupés par les tritons dans un rayon de 500m
- Le nombre de plans d'eau occupés par les crapauds et/ou les grenouilles dans un rayon de 1500m.

Les données ont été récoltées sur une fiche de terrain (Annexe 7). La superficie des forêts a été calculée sur ArcGis avec la couche Vector 25 des forêts provenant de l'office fédéral de la topographie. Finalement, les données sur la durée de la couverture neigeuse ont été transmises par Thomas Panchard, qui les a relevées lors de son travail de master à l'UNIL en suivant la méthode Macander (Macander, Swingley, Joly, & Reynolds, 2015). Les relevés de la couverture neigeuse ont été effectués durant l'hiver 2021-2022.

3.4 Traitement et analyse des données

Le traitement et l'analyse des données statistiques ont été effectués avec les logiciels Xistats et Minitab.

Dans un premier temps, un résumé des différentes données de base (nombre de plans d'eau occupés, abondance des amphibiens...) a été effectué sous forme d'histogrammes. La relation entre l'abondance des amphibiens et les différentes variables (excepté la végétation et la connectivité) a ensuite été calculée avec un Test T de Student. Ce test compare les moyennes et les écarts-types des deux groupes en supposant que la variance est égale (H_0). Le résultat de cette comparaison est donné sous forme de p-value. Lorsque celle-ci est inférieure à 0.05, cela signifie que la corrélation entre les deux variables est significative. Lorsque la corrélation ne s'avère pas significative, la comparaison des différentes moyennes a été effectuée pour voir si des tendances pouvaient quand même être observées.

Les comparaisons entre l'abondance des amphibiens et les variables de la connectivité et de la végétation ont été calculées avec un test du chi carré. Ce test permet de mesurer la différence entre les fréquences observées et les fréquences attendues. Ce test donne aussi une p-value, qui est significative si la valeur est inférieure à 0.05.

Finalement, pour calculer les interactions potentielles entre l'abondance des amphibiens et deux variables, en même temps que l'interaction entre les deux variables, un test ANOVA à modèle linéaire général a été utilisé.

4 Résultats

4.1 Occurrence des amphibiens et des poissons

63 plans d'eau ont été échantillonnés. Voici leurs caractéristiques (cf. Tableau 7, Figures 7 à 9 & Annexe 8) ainsi que quelques illustrations (cf. Figures 4 à 6, 10 et 11 & Annexe 9).

Tableau 7 : Caractéristiques générales des plans d'eau

Paramètre	Altitude (m.s.m)	Surface (ha)	Périmètre (m)	Aire forestière (ha)*	Couverture neigeuse (jours)
Moyenne	1738	0.52	194	41704	136
Maximum	2072	7	992	192000	250
Minimum	1127	0.0024	20	0	78

*Dans un rayon de 600m autour du plan d'eau



Figure 4 : Grand clé



Figure 5 : Charbonnières Est

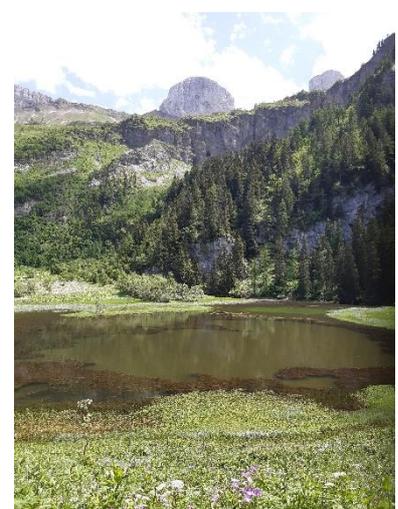


Figure 6 : Lac de Nervaux

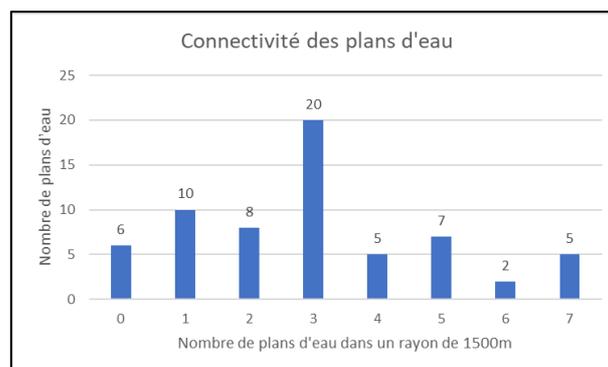


Figure 7 : Connectivité des plans d'eau

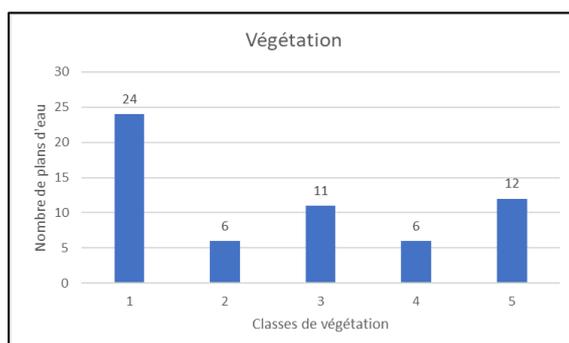


Figure 8 : Répartition des plans d'eau selon leur classe de végétation

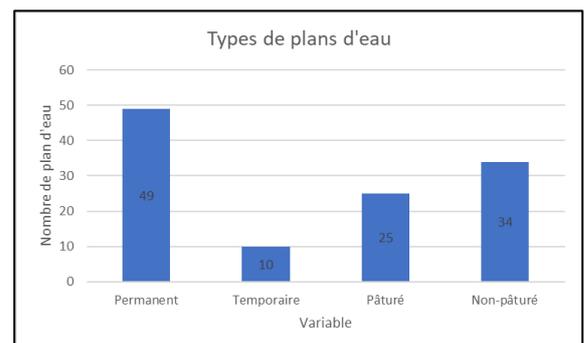


Figure 9 : Répartition des plans d'eau selon leur type

Les deux images ci-dessous présentent deux plans d'eau ayant des caractéristiques totalement opposées (cf. Figure 10 & 11).



Figure 10 : Ciernes charbon, plan d'eau permanent, non pâturé, Classe 5 de végétation.



Figure 11 : Gour de sazième, plan d'eau temporaire, pâturé, Classe 1 de végétation.

Parmi les trois espèces d'amphibiens présents dans les plans d'eau alpins, le Triton alpestre (TRAL) est celui qui a été le plus rencontré durant les prospections, retrouvé dans 52% des plans d'eau. La Grenouille rousse (RATE) a été trouvée dans 47% des plans d'eau, alors que le Crapaud commun (BUBU) a été trouvé dans 43% des plans d'eau (cf. Figure 12). Des cartes de répartitions sont présentes en Annexe 10.

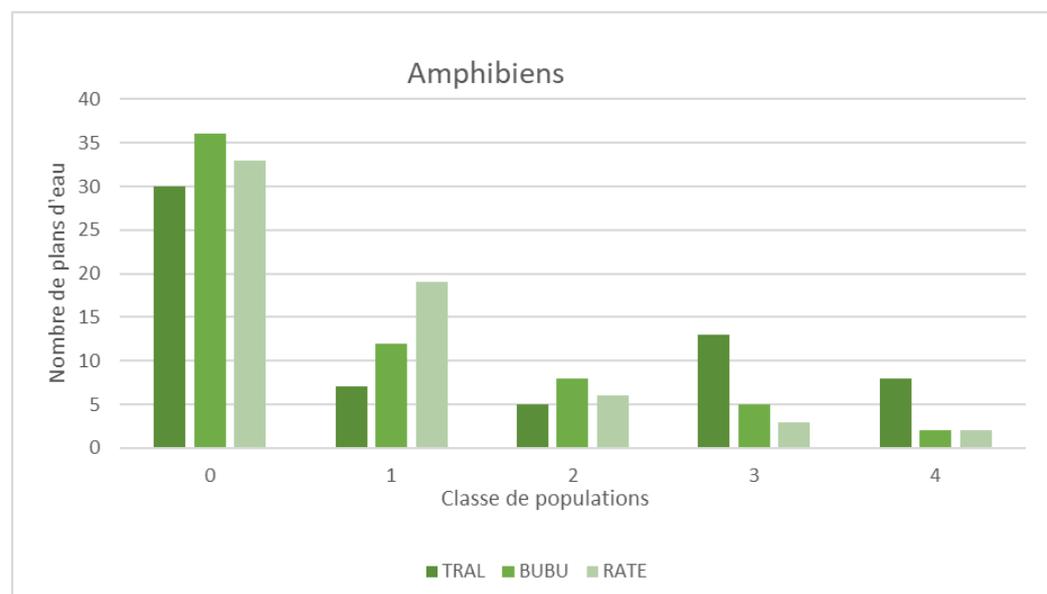


Figure 12 : Répartition des amphibiens selon leurs classes d'abondance.

Les poissons ont été observés dans 11 (17%) des plans d'eau (cf. Figure 13). Sur ces 11 plans d'eau, 4 sont empoisonnés par l'office cantonal de la pêche (DGE, 2021). La cause de la présence de poissons dans les 7 lacs restants n'est pas connue. Une carte de répartition est présente en Annexe 11.

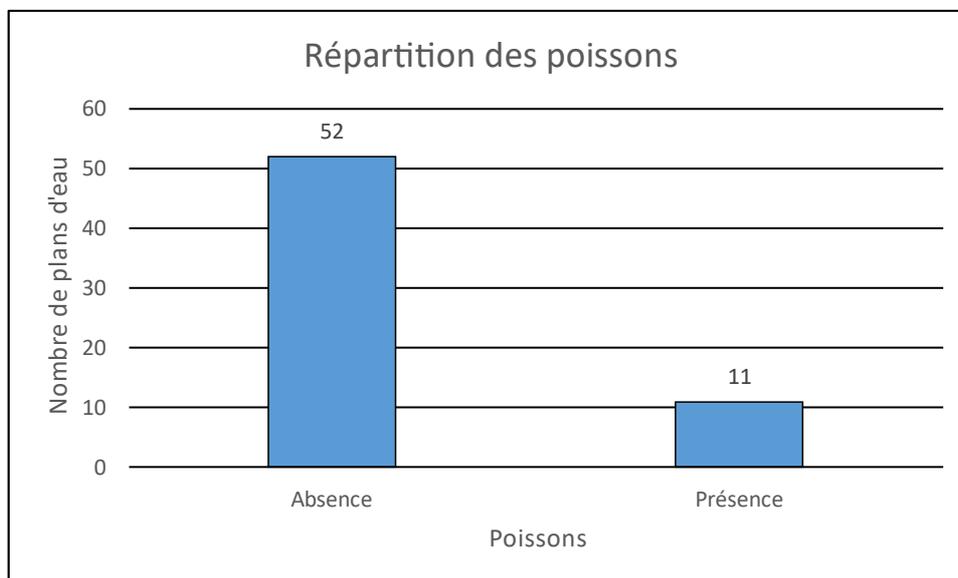


Figure 13 : Répartition des plans d'eau avec/sans poissons.

4.2 Relation amphibiens-poissons

Les différences de moyennes, ainsi que la significativité entre les populations d'amphibiens côtoyant ou non des poissons sont présentées ci-dessous (cf. Tableau 8). La présence des poissons entraîne une claire baisse de la moyenne dans l'abondance des tritons et des grenouilles (cf. Figure 15 et 19). Cependant, cette baisse est seulement significative chez le Triton alpestre (p -value < 0.05). Chez la Grenouille rousse, aucun plan d'eau avec poissons ne dépasse la classe 2 (cf. Figure 14). Même constat chez le Triton alpestre, à une exception près (cf. Figure 18). En revanche, chez le Crapaud commun, les classes d'abondance sont réparties de manière homogène dans les plans d'eau où des poissons ont été observés (cf. Figure 16). Une augmentation de la moyenne est même observée en présence de poissons sans que cette augmentation ne soit significative (p -value > 0.05) (cf. Figure 17). Tous les plans d'eau, y compris les plans d'eau temporaires, ont été utilisés pour analyser ces données. Les résultats sont quasi similaires en ne prenant que les plans d'eau permanents.

Tableau 8 : Résultats de la variable « poissons »

Poissons	RATE		BUBU		TRAL	
	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec
Nombre	52	11	52	11	52	11
Moyenne	0.81	0.55	0.71	1.27	1.6	0.45
P-value	0.44		0.13		0.025	

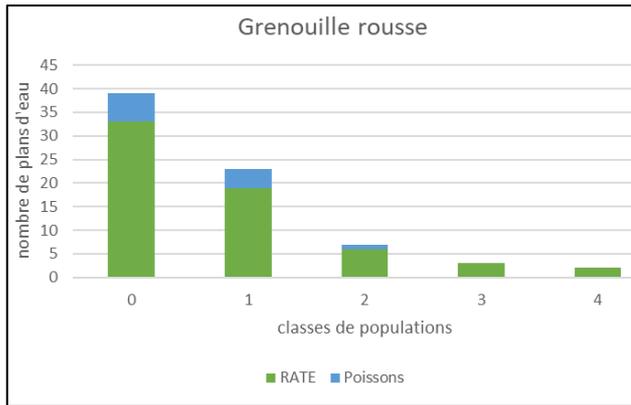


Figure 14 : Répartition des classes de grenouilles en fonction de la présence/absence de poissons

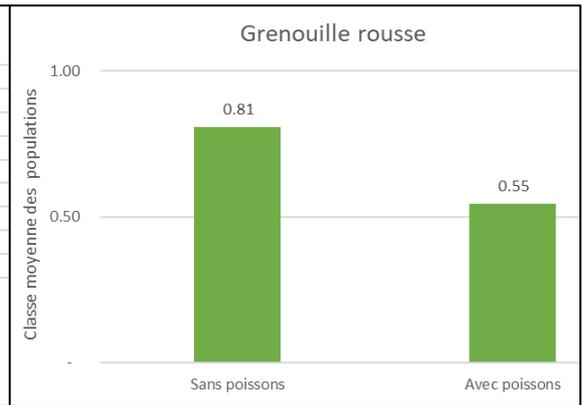


Figure 15 : Comparaison des moyennes de classes de grenouilles en fonction de la présence/absence de poisson

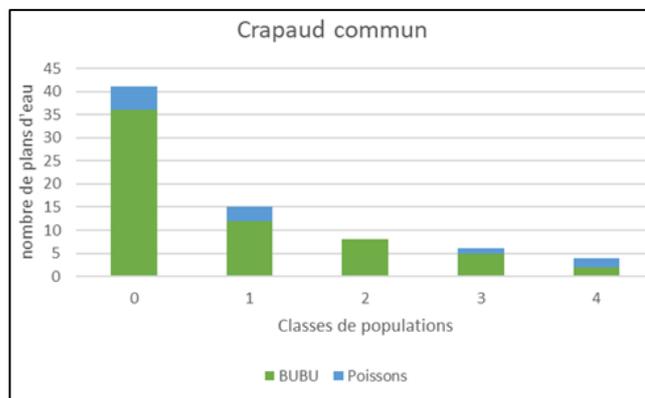


Figure 16 : Répartition des classes de crapauds en fonction de la présence/absence de poissons

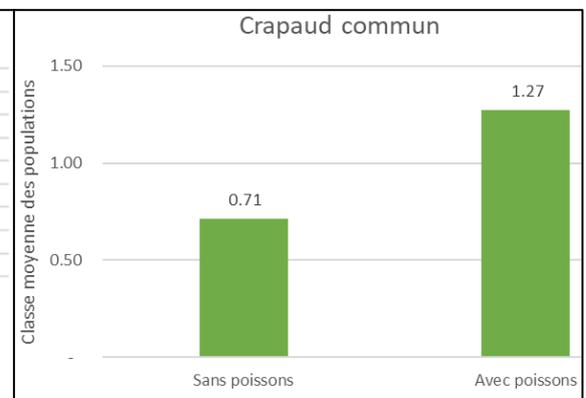


Figure 17 : Comparaison des moyennes de classes de crapauds en fonction de la présence/absence de poisson

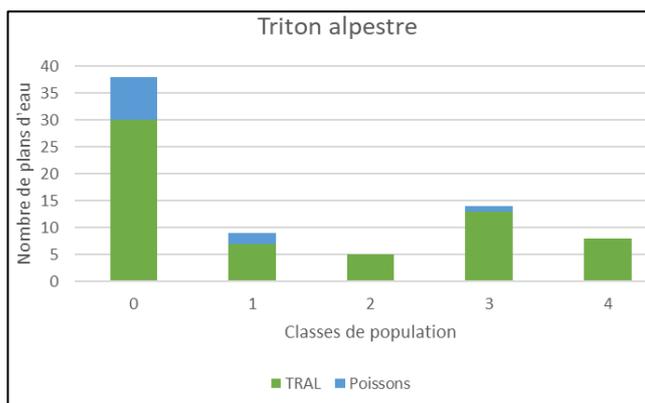


Figure 18 : Répartition des classes de tritons en fonction de la présence/absence de poissons

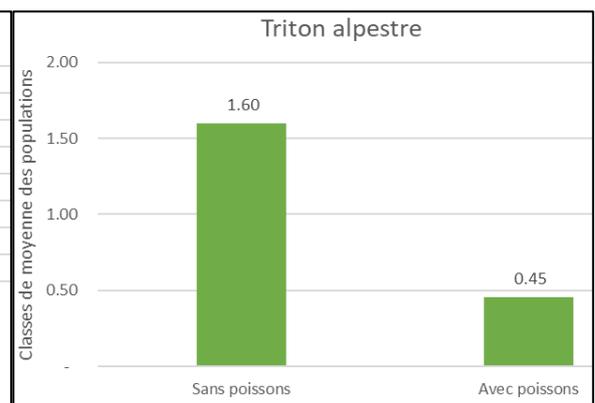


Figure 19 : Comparaison des moyennes de classes de tritons en fonction de la présence/absence de poisson

4.3 Relations amphibiens – variables

L'abondance des amphibiens peut aussi être influencée par d'autres variables (cf. Tableau 9). Pour 4 plans d'eau, certaines variables n'ont pas été relevées.

Tableau 9 : Résultats des variables

Type	RATE		BUBU		TRAL	
	Temporaire	Permanent	Temporaire	Permanent	Temporaire	Permanent
Nombre	10	49	10	49	10	49
Moyenne	0.6	0.86	0.9	0.86	1.9	1.4
P-value	0.48		0.91		0.36	
Pâture	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Nombre	25	33	25	33	25	33
Moyenne	0.8	0.85	0.92	0.85	1.96	1.18
P-value	0.86		0.82		0.06	
Altitude						
Correlation	0.14		-0.346		0.262	
R ²	0.019		0.12		0.069	
P-value	0.27		0.00543		0.03804	
Surface						
Correlation	0.071		-0.088		-0.295	
R ²	0.005		0.008		0.087	
P-value	0.583		0.496		0.020	
Périmètre						
Correlation	0.061		-0.127		-0.368	
R ²	0.004		0.016		0.135	
P-value	0.64		0.320		0.003	
Couverture neigeuse						
Correlation	0.064		-0.391		0.097	
R ²	0.004		0.153		0.009	
P-value	0.618		0.00153		0.452	
Aire forestière						
Correlation	-0.217		0.071		-0.075	
R ²	0.047		0.005		0.006	
P-value	0.087		0.58		0.556	
Végétation						
Chi-square	19.6		30.50		21.72	
P-value	0.238		0.015582		0.153	
Connectivité						
Chi-square	41.5		25.00		16.46	
P-value	0.003		0.620		0.421	

4.3.1 Permanent ou temporaire

Aucune différence d'abondance des populations n'est observée entre les plans d'eau temporaires et permanents, et ceci chez les trois espèces d'amphibiens. La moyenne entre les deux caractères de plans d'eau ne varie que très peu, est cette variation n'est jamais significative

4.3.2 Pâturation

Même constat entre les plans d'eau pâturés et non pâturés pour *Rana temporaria* et *Bufo bufo*, où la moyenne entre les deux types de plans d'eau est quasi similaire. En revanche, une différence plus nette est observable chez *Ichthyosaura alpestris* qui a tendance à être plus abondante dans les plans d'eau pâturés. Cette différence n'est toutefois pas significative.

4.3.3 Altitude

L'altitude n'est pas corrélée significativement avec l'abondance de *Rana temporaria*. À l'inverse, la corrélation est significative avec les populations d'*Ichthyosaura alpestris* (P-value < 0.05) et très significative avec les populations de *Bufo bufo* (P-value < 0.01). Cependant, chez le crapaud, l'abondance des populations a tendance à baisser lorsque l'altitude augmente (cf. Figure 19), contrairement aux populations de tritons (cf. Figure 20).

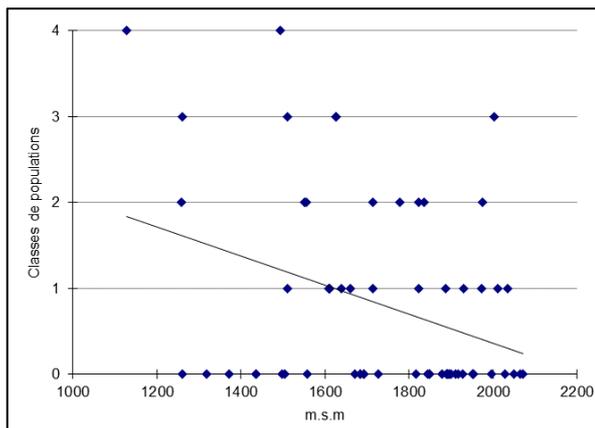


Figure 19 : Crapaud commun

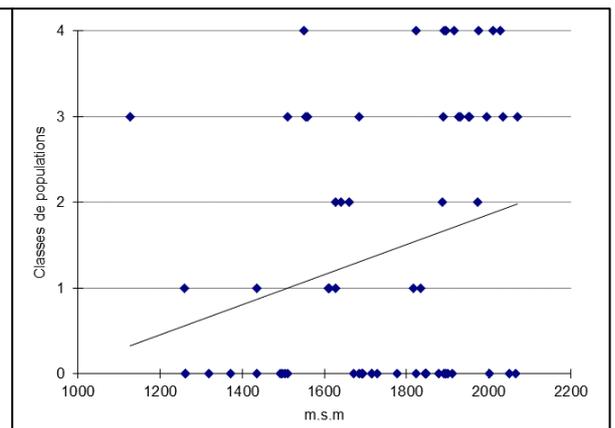


Figure 20 : Triton alpestre

4.3.4 Surface et périmètre

La surface des plans d'eau n'a pas d'impacts significatifs sur l'abondance des populations de *Rana temporaria* et *Bufo bufo*. Chez *Ichthyosaura alpestris*, plus la surface du plan d'eau augmente, moins on retrouve des classes d'abondance élevée (cf. Figure 21). Et cette tendance est significative. Même constat pour le périmètre où la tendance correspond à celle observée pour la surface : plus le périmètre du plan d'eau augmente, moins l'abondance des populations de Tritons est élevée.

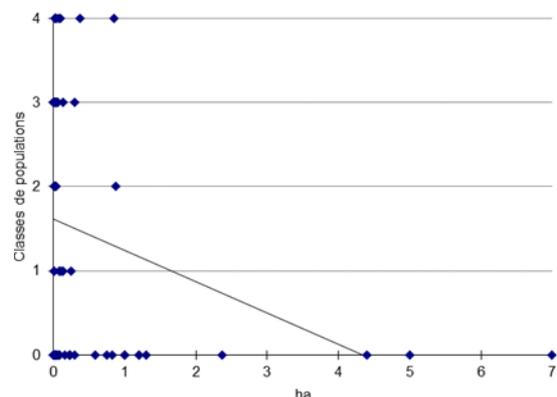


Figure 21 : Répartition du Triton alpestre en fonction de la surface des plans d'eau

4.3.5 Couverture neigeuse

La durée de la couverture neigeuse de cette année 2022 n'a pas d'impact significatif sur l'abondance des populations de *Rana temporaria* et de *Ichthyosaura alpestris*. En revanche elle influence négativement l'abondance des populations de *Bufo bufo* (p-value < 0.01) (cf. Figure 22).

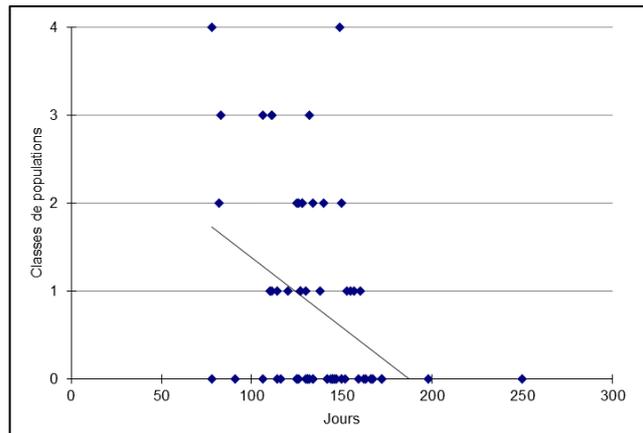


Figure 22 : Répartition du Crapaud commun en fonction de la durée de la couverture neigeuse

4.3.6 Aire forestière

La surface de l'aire forestière présente autour des plans d'eau n'a pas d'impact significatif sur l'abondance des populations des amphibiens étudiés.

4.3.7 Végétation

La quantité de végétation présente sur le littoral des plans d'eau a un impact significatif sur les populations de *Bufo bufo* (p-value < 0.05). Le graphique suivant (cf. Figure 23) montre bien la tendance de l'augmentation de l'abondance du crapaud lorsque la végétation augmente. Les abondances des deux autres espèces ne varient pas en fonction de la quantité de végétation.

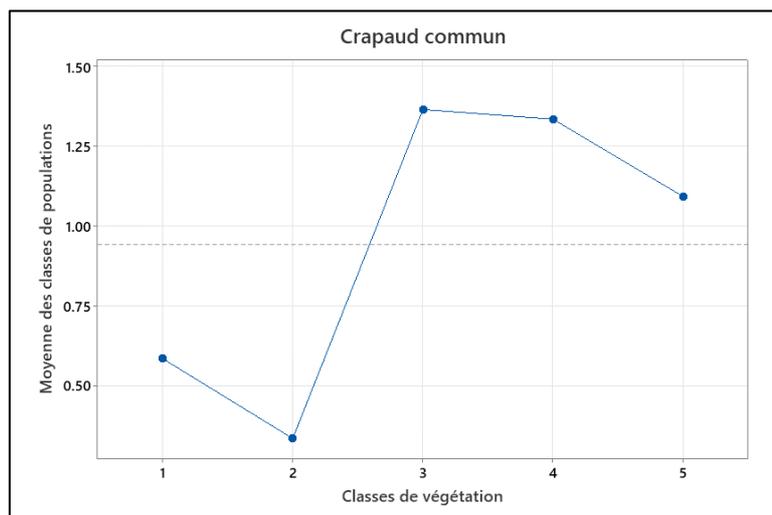


Figure 23 : Répartition du Crapaud commun en fonction des classes de végétation.

4.3.8 Connectivité

La variable de la connectivité est significative pour *Rana temporaria* (p -value < 0.05). Plus il y a de plans d'eau occupés à proximité, plus il y a de chance de rencontrer de grandes populations de Grenouilles rousses (cf. Figure 24).

Les deux autres espèces ne sont pas influencées significativement par la connectivité des plans d'eau occupés.

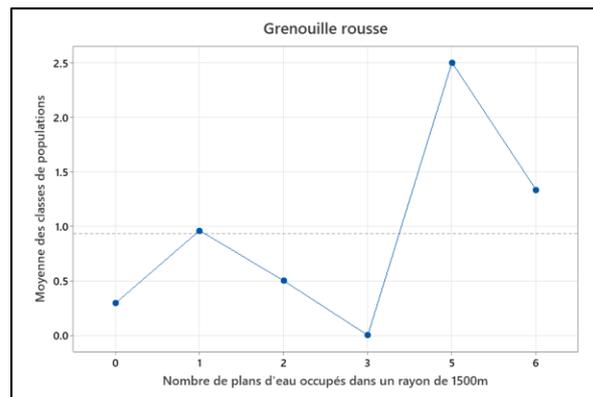


Figure 24 : Moyenne des populations de grenouille en fonction du nombre de plans d'eau occupés à proximité

4.4 Relations entre variables

Les différentes variables peuvent aussi avoir un effet entre-elles et ainsi exercer une influence sur l'abondance des différents amphibiens. C'est par exemple le cas du taux de recouvrement de végétation, qui peut avoir un effet plus ou moins important sur l'abondance des amphibiens dans les plans d'eau avec poissons.

En effet, la présence d'une grande quantité de végétation sur le littoral a tendance à favoriser la présence d'*Ichthyosaura alpestris* (cf. Figure 25) dans les plans d'eau où il y a des poissons (1). Alors que dans les plans d'eau où il n'y a pas de poissons (0), la végétation n'a pas d'effet ou bien a l'effet contraire. Cependant, la faible quantité d'échantillons pour ces cas précis ne permettent pas de conclure que ces résultats sont significatifs. À noter que pour *Rana temporaria* aucune tendance de ce type n'a été observée.

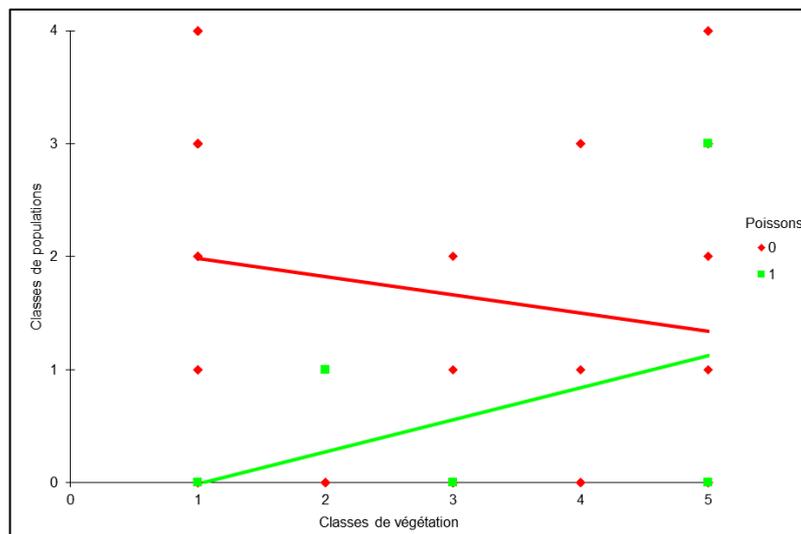


Figure 25 : Abondance des populations de triton en fonction de la présence de poissons et de la quantité de végétation du littoral

L'altitude a un effet similaire. En effet, dans les plans d'eau sans poissons, l'abondance des populations de *Ichthyosaura alpestris* (cf. Figure 26) et de *Rana temporaria* (cf. Figure 27) augmente avec l'altitude. En revanche, c'est le contraire qui est observé dans les plans d'eau avec poissons. Là aussi, ces résultats ne sont pas significatifs compte tenu du faible nombre de plans d'eau avec poissons. *Bufo bufo* ne présente aucune corrélation de ce type.

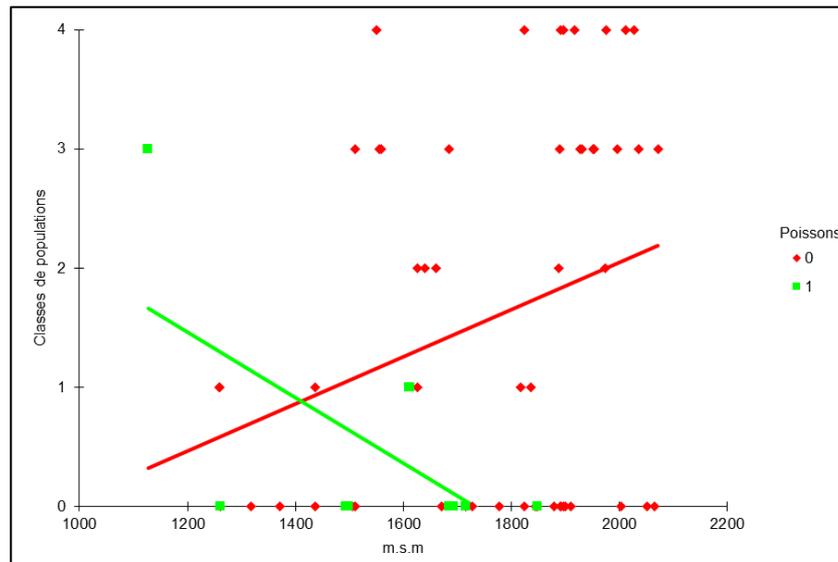


Figure 26 : Abondance des populations de Triton en fonction de la présence de poissons et de l'altitude

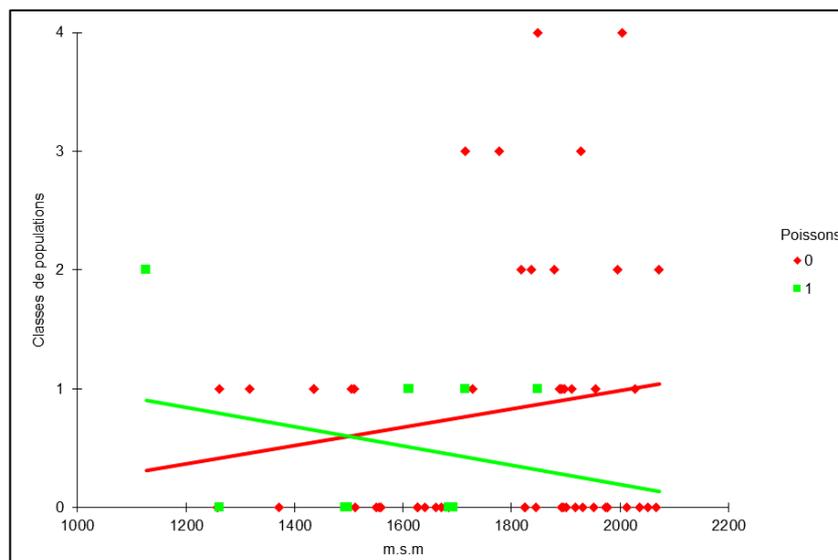


Figure 27 : Abondance des populations de Grenouille en fonction de la présence de poissons et de l'altitude

5 Discussion

5.1 Interprétation des résultats

5.1.1 Relations amphibiens- poissons

Les résultats confirment la première hypothèse du point 1.2 : la présence de poissons non indigènes dans les plans d'eau des Préalpes vaudoises a un impact sur l'abondance des amphibiens. Cependant, cet impact varie selon l'espèce. Chez *Rana temporaria* et *Ichthyosaura alpestris* la présence de poissons entraîne une baisse dans l'abondance des populations. Cet impact est beaucoup plus marqué chez les tritons que chez les grenouilles, pour qui la baisse n'est pas significative. Ce constat est similaire à celui de l'étude réalisée par Orizaola & Braña (2006) dans le nord de l'Espagne, où la présence de poissons entraînait une baisse d'abondance significative chez le triton et une baisse non significative chez la grenouille. Inversement, la présence de poissons dans les plans d'eau semble corrélée de manière non significative à l'augmentation de l'abondance des populations de *Bufo bufo*. Là aussi cette observation correspond à l'étude espagnole (Orizaola & Braña, 2006). La deuxième hypothèse est aussi confirmée. L'impact est moins important sur *Bufo bufo*. Il est même positif !

Les impacts observés sur *Ichthyosaura alpestris* peuvent sûrement s'expliquer simplement par le fait que les poissons prédatent les œufs et les larves de cette espèce. Ceci est aussi peut-être le cas pour *Rana temporaria*. Cependant, il est plus difficile de déterminer si la diminution d'abondance des populations est due à une prédation ou bien due au fait que les grenouilles évitent les plans d'eau à poissons pour aller se reproduire ailleurs. Certaines études apportent des éléments de réponse. En théorie, les Grenouilles rousses viennent toujours pondre au même endroit (Matthews & Preisler, 2010; Tiberti & Von Hardenberg, 2012). De plus, contrairement à d'autres espèces de grenouilles, *Rana temporaria* n'arrive pas à identifier la présence de prédateurs dans un plan d'eau et par conséquent à éviter ce plan d'eau. (Laurila & Aho, 1997; Rieger, Binckley, & Resetarits, 2004). Il est donc possible de supposer que comme pour *Ichthyosaura alpestris*, les larves et œufs de Grenouilles rousses sont aussi prédatés par les poissons.

Il est intéressant de relever que l'importance de l'impact des poissons sur ces deux espèces d'amphibiens dépend de deux facteurs : la végétation pour *Ichthyosaura alpestris* et l'altitude pour *Rana temporaria* et *Ichthyosaura alpestris*. Lorsqu'il y a de la végétation dans un plan d'eau empoisonné, la chance que les tritons soient présents en plus forte abondance est plus élevée que dans un plan d'eau sans végétation. Cela est probablement dû au fait que la végétation offre un refuge aux larves et aux œufs, empêchant les poissons de les prédater.

L'altitude a un effet similaire. En basse altitude, il y a moins de risque de prédation pour les grenouilles et les tritons. Une des hypothèses est que les habitats sont plus complexes à basse altitude. Il y a plus de végétation submergée (Lacoul & Freedman, 2006), une meilleure productivité et donc plus de nourriture qu'à des altitudes plus élevées (Tyler et al., 2008). Les amphibiens peuvent donc plus facilement échapper aux poissons, et ces derniers ont plus de proies potentielles et par conséquent se nourrissent moins des batraciens.

En ce qui concerne *Bufo bufo* la raison la plus vraisemblable pour expliquer que cette espèce n'est pas impactée négativement par les poissons est que les œufs et les larves de cette espèce sont toxiques (Orizaola & Braña, 2006; Miro et al., 2018). Cependant, cela n'explique pas pourquoi cette espèce est favorisée par la présence de poissons. Lors d'une étude effectuée dans le nord de la Californie, une des hypothèses pour expliquer ce phénomène repose sur la relation entre les coléoptères aquatiques, les amphibiens et les poissons (Welsh et al., 2006). En effet, de nombreux coléoptères aquatiques (ainsi que d'autres macroinvertébrés) se nourrissent de larves de crapauds (Peterson & Blaustein, 1992). Les poissons permettent de réduire la quantité de ces macroinvertébrés (Knapp et al., 2001) et par conséquent permettent de réduire la prédation des larves de crapauds. Pour confirmer cette hypothèse et voir si elle s'applique au contexte des Préalpes vaudoises, il faudrait effectuer des recherches plus poussées sur les relations amphibiens-macroinvertébrés. Plusieurs espèces de coléoptères aquatiques prédateurs sont bien présentes dans la région étudiée (CSCF, 2022).

5.1.2 Relations amphibiens-variables

L'altitude est une variable significative pour deux des trois espèces étudiées. Cependant la réponse à cette variable n'est pas la même chez les deux espèces concernées. Chez *Bufo bufo*, l'abondance est corrélée négativement à cette variable, alors que chez *Ichthyosaura alpestris* elle est corrélée positivement. Ces résultats ne sont pas trop surprenants en ce qui concerne le crapaud commun, et correspondent à ce qui était déjà connu à leur sujet ainsi qu'à l'hypothèse au point 1.2. En effet, bien que les populations puissent monter jusqu'à 2500m d'altitude, elles sont plus abondantes en dessous de 1500m (Karch, 2022).

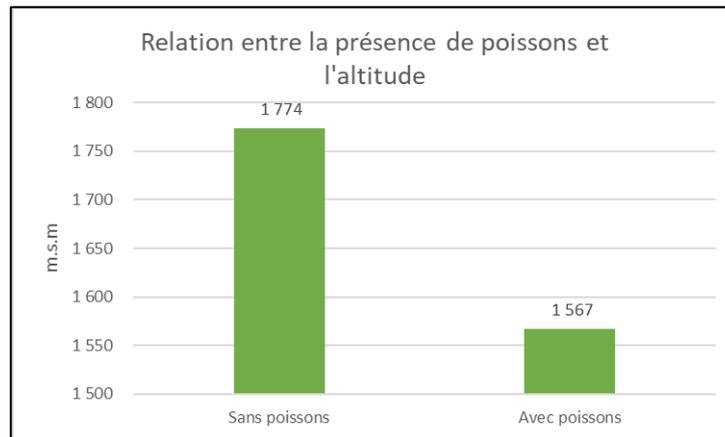


Figure 28 : Moyenne de l'altitude des plans d'eau avec/sans poissons

En revanche, il est plus compliqué d'expliquer pourquoi les tritons sont plus abondants en altitude. Une des explications pourrait être que les poissons sont plus présents à plus basse altitude. En effet, la répartition des poissons en fonction de l'altitude est significative (p -value = 0.0062) (cf. Figure 28). Comme décrit plus, les tritons sont très impactés par les poissons, et par conséquent cela influencerait leur répartition altitudinale.

Contrairement à l'hypothèse formulée au point 1.2, le type de plan d'eau (permanent ou temporaire) n'a pas d'impact sur les amphibiens étudiés. Les Préalpes vaudoises bénéficient d'une grande quantité de précipitations, même en cette année 2022 particulièrement sèche. La moyenne de précipitations du col des Mosses de ces 50 dernières années est d'environ 1500mm/an (Office fédéral de météorologie et de climatologie, 2022). Les plans d'eau sont donc rarement asséchés, et lorsque c'est le cas, ils s'assèchent généralement vers fin août, début septembre, période à laquelle les amphibiens ont déjà quitté la plupart des plans d'eau.

L'accès du plan d'eau par le bétail n'est pas non plus un facteur significatif, dans la répartition des amphibiens ce qui infirme à nouveau l'hypothèse au point 1.2. Ce qui est plutôt surprenant étant donné que de nombreuses études ont démontré que la présence de bétail détériore la qualité de l'eau et a un impact sur les amphibiens. Cependant, ces études ont été effectuées en plaine où le bétail est présent toute l'année (Schmutzer, Gray, Burton, & Miller, 2008). Or le terrain pour cette thèse a été effectué en montagne. Cela implique que le bétail arrive assez tard sur les plans d'eau étudiés, juillet/août dans la plupart des cas. Les amphibiens ont donc le temps de se reproduire avant cela.

La surface est corrélée de manière significativement négative pour le Triton alpestre, ce qui infirme l'hypothèse du point 1.2. Là aussi, cette tendance peut sûrement s'expliquer le fait que la présence de poissons et la taille des plans d'eau sont corrélées de manière significativement positive (p -value = 0.00067).

La couverture neigeuse est corrélée significativement et négativement avec l'abondance de *Bufo bufo*. Il serait logique de penser que la cause à cela est que plus un plan d'eau et ses alentours sont recouverts de neige, plus il y a un grand taux de mortalité chez les crapauds. Pourtant en pratique c'est le contraire qui a lieu. Le manque de neige expose les amphibiens de manière plus élevée au froid alors qu'une couverture neigeuse les protège et devrait augmenter les abondances (O'Connor & Rittenhouse, 2016). Puisque ce cas de figure est contraire à la tendance, on peut évincer la supposition de la mortalité.

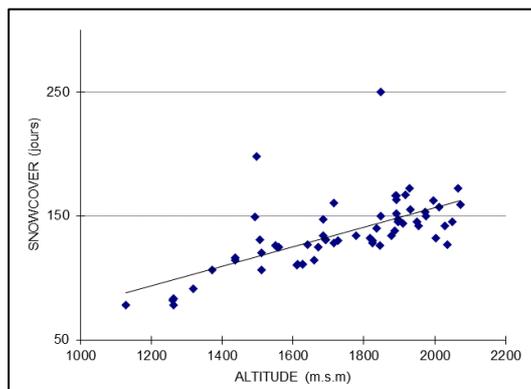


Figure 29 : Relation entre la durée de la couverture neigeuse et l'altitude

L'explication la plus logique est que la durée de la couverture neige est corrélée significativement à l'altitude (p -value <0.001) (cf. Figure 29). Comme vu précédemment, les crapauds sont plus fréquents en basse altitude, là où la durée de la couverture neigeuse est la plus courte.

La végétation est corrélée de manière positive et significative aux abondances de *Bufo bufo*, ce qui confirme l'hypothèse au point 1.2 uniquement pour cette espèce. Cela s'explique sûrement par le fait que le Crapaud commun a impérativement besoin de végétation pour accrocher ses œufs (Karch, 2022). Cependant, si la végétation est trop dense (cf. Figure 23) l'abondance diminue légèrement. Cela confirme l'information donnée par Grossenbacher K. (1988) que les crapauds évitent les plans d'eau trop denses. L'aire forestière n'a aucun impact significatif sur l'abondance des trois espèces d'amphibiens. Finalement, la connectivité est corrélée de manière significative avec l'augmentation des abondances de *Rana temporaria*. Le plus il y a de plans d'eau occupés à proximité, le plus il y a des chances d'avoir des populations élevées de cette espèce dans un plan d'eau.

5.2 Recommandations et méthodes d'éradications

Ces résultats montrent que la présence de poissons a un effet clairement négatif sur *Rana temporaria* et *Ichthyosaura alpestris*. Il serait donc judicieux d'effectuer plusieurs mesures pour limiter cet impact. La première, la plus simple et la moins coûteuse à mettre en place serait d'arrêter d'empoissonner de nouveaux plans d'eau. Dans les Préalpes vaudoises, cette mesure est déjà en place, le canton n'ayant aucun projet d'empoissonner de nouveaux plans d'eau (communication personnelle (téléphone) avec Sébastien Rojard, 29 juillet 2022).

Ensuite, il serait utile de s'occuper des plans d'eau déjà empoisonnés. Éradiquer les poissons d'un plan d'eau est un moyen radical et efficace pour renverser la tendance et favoriser les amphibiens. Cependant, cette mesure apporte son lot de problèmes (Tiberti & Cardarelli, 2021) :

- Elle est coûteuse et longue
- Elle demande des moyens humains importants aussi bien pour la mise en place de la méthode que pour le suivi
- Elle peut provoquer des conflits avec les pêcheurs et les offices de la pêche

C'est pour cela qu'il peut être compliqué de mettre en place des mesures d'éradications dans tous les plans d'eau concernés. Les premiers plans d'eau où les poissons pourraient être facilement éradiqués sont les 7 qui ne sont pas officiellement empoisonnés par l'office cantonal de la pêche (cf. Tableau 10). Ces plans d'eau sont souvent sur des terrains privés, mais appartiennent au canton (LPêche/VD ; RSV 923.01). C'est donc ce dernier qui prend la décision d'éradiquer ou non les poissons de ces plans d'eau.

Tableau 10 : Plans d'eau empoisonnés de manière indéterminée

Plans d'eau	Superficie
Ciernes Charbon Grand	0.06
Entonnoir	1
Golf Villars nord	0.13
Golf Villars sud	0.11
Lac Rond	1.2
Plambuit Est	0.02
Lac Noir	1.2

Tableau 11 : Plans d'eau empoisonnés par l'état de Vaud

Plans d'eau	Superficie
Lac de Nervaux	0.83
Lac des Chavonnes	5
Lac Lioson	7
Lac Retaud	1.3

En fonction du coût de cette éradication, le canton pourrait être facilement convaincu. Des mesures de ce type sont d'ailleurs déjà mises en place dans d'autres régions vaudoises. Les sept plans d'eau concernés font tous moins de 2 ha ce qui permet plus facilement de mettre en place les méthodes d'éradication (Tiberti et al., 2021) et sont tous situées proche ou au bord d'une route (cf. Figure 30), ce qui favorise aussi ces méthodes.



Figure 30 : Golfe de Villars. Un des 7 plans d'eau où l'éradication des poissons est souhaitable. Source : karch

Les méthodes légales pour se débarrasser des poissons sont multiples. Deux de ces méthodes sont particulièrement efficaces lorsqu'elles sont utilisées ensemble (Tiberti et al., 2019, 2021) : le « gil-netting » et la pêche électrique. Ces deux méthodes sont souvent précédées de quelques jours de pêche à la ligne ou avec des nasses afin de dégrossir une première fois le nombre de poissons présents.

La mise en place d'un gil-net (ou filet maillant) pour éradiquer des poissons d'un plan d'eau se fait de la manière suivante (Knapp, Boiano, & Vredenburg, 2007; Knapp & Matthews, 1998; Tiberti et al., 2021). Plusieurs filets maillants (environ 10/ha) sont installés perpendiculairement à la rive. Ces filets présentent des tailles de maille différentes allant de 10 à 38mm. Les mailles les plus grandes sont placées vers le centre du plan d'eau, et les mailles les plus petites vers le littoral. Les filets sont maintenus toute l'année dans le plan d'eau. Lors des périodes où les captures sont fréquentes (juin-août), les filets doivent être contrôlés chaque 12 à 24h. Lors des périodes où les captures deviennent moins fréquentes (septembre-octobre) les filets peuvent être vidés tous les 2 à 5 jours.

À la fin de l'automne, peu avant le gel des plans d'eau, les filets doivent être déplacés dans les eaux profondes avec l'aide de poids. Les filets sont maintenus ainsi tout l'hiver, et sont contrôlés et redéplacés vers la surface du plan d'eau lors du dégel. Lorsqu'aucune capture n'est effectuée durant tout un été, les filets maillants peuvent être enlevés (Knapp et al., 2007). En règle générale, il faut au moins trois à quatre ans pour se débarrasser de tous les poissons d'un plan d'eau (Tiberti et al., 2021).

Afin de compléter cette méthode, notamment dans les zones à forte végétation, des pêches électriques peuvent être effectuées le long du littoral des plans d'eau.

Pour s'assurer que les méthodes d'éradication sont efficaces, il faut prévoir un suivi. Ce suivi doit être effectué sur au moins 5 ans. En effet, s'il reste des populations de poissons dans le plan d'eau, elles prennent généralement 2 à 3 générations pour se rétablir (Cooper, Boccardy, & Andersen, 1962), ce qui correspond à 2 à 5 ans pour détecter le retour d'une population (Tiberti et al., 2021). Le suivi peut se faire visuellement.

Il faut aussi éviter que ces plans d'eau ne soient repoissonnés illégalement. La raison de la présence des poissons dans ces plans d'eau n'est pas connue, mais une des causes les plus probables est que certaines personnes viennent y relâcher des poissons, soit pour les pêcher, soit pour s'en débarrasser. Afin d'éviter cela, il faudrait effectuer des mesures de sensibilisation. Le moyen le plus efficace et le plus simple pour sensibiliser les gens directement sur le terrain reste l'installation de panneaux. Idéalement l'information affichée sur ces panneaux peut être :

- La base légale interdisant l'empoisonnement (notamment article 3 de la LFSP)
- Les effets des poissons sur les amphibiens, la faune en général, et le fonctionnement du plan d'eau
- Des explications sur les mesures d'éradication ayant eu lieu sur le plan d'eau en question
- Les conséquences positives qu'a eues l'éradication des poissons sur le plan d'eau

En ce qui concerne les cinq plans d'eau utilisés pour la pêche (*cf.* Tableau 11), il est plus compliqué de proposer des mesures d'éradication des poissons. Tout d'abord parce que cela créerait des conflits avec les pêcheurs ce qui n'est pas souhaitable. De plus, les plans d'eau concernés sont pour la plupart grands et profonds et même en utilisant les méthodes citées plus haut il sera très compliqué, voire impossible, d'éradiquer les poissons. En revanche, il est sûrement possible de diminuer leur impact sur les amphibiens. Les mesures suivantes pourraient être utiles.

Il serait intéressant de décaler la période d'empoisonnement de quelques semaines afin de laisser le temps aux amphibiens de se développer.

En 2022, l'empoissonnement s'est fait dès le 3 juin pour les lacs Retaud, de Nervaux et des Chavonnes, et dès le 17 juin pour le lac Lioson.

Idéalement il faudrait commencer à empoissonner les plans d'eau dès la fin juillet, période à laquelle une partie des tritons et des grenouilles sont déjà assez développés et ne sont plus des proies faciles pour les poissons. Cette mesure pourrait évidemment poser problème aux pêcheurs amateurs. Cependant, même en début de saison, il reste des poissons de l'année précédente encore aptes à être pêchés (communication personnelle (téléphone) avec Sébastien Rojard, 29 juillet 2022). Il faudrait cependant faire quelques recherches afin de savoir combien de temps cette « réserve » peut durer avant de devoir ajouter d'autres poissons.

Une autre option serait de diminuer la quantité de poissons ajoutés chaque année dans les plans d'eau. En effet, s'il reste des poissons l'année d'après, c'est que la quantité mise à l'eau est trop élevée et peut être diminuée. Les quantités actuellement mises à l'eau sont présentées à l'Annexe 12. Ces deux mesures peuvent potentiellement être effectuées simultanément au risque cependant de ne plus avoir assez de poissons pour les pêcheurs.

En ce qui concerne des mesures de conservation des amphibiens, plusieurs constats peuvent être faits. Comme décrit au point 4.3.7 et 4.3.8, la connectivité et la végétation sont deux facteurs importants pour favoriser l'abondance des amphibiens. Lors de création de nouveaux plans d'eau ou de restaurations d'anciens, il serait utile de prendre en compte ces deux facteurs. Actuellement, la plupart des nouveaux plans d'eau créés dans les Alpes sont des bassins de rétention utilisés pour l'enneigement artificiel. Ces plans d'eau sont bien souvent dépourvus de toute végétation et n'ont aucune valeur écologique (cf. Figure 31) (Oggier, 2022).



Figure 31 : Retenue d'Ai. Berges rectilignes et ne présentant aucune végétation. Source : karch

Pourtant le maintien de la fonction de ces bassins et la conservation de la nature ne sont pas incompatibles. Leur morphologie rectiligne et les digues souvent surdimensionnées présentes sur leur pourtour sont surtout là pour respecter certaines normes sécuritaires, souvent exagérées pour des petits plans d'eau de montagne (Oggier, 2022).

En réadaptant ces normes sécuritaires, les plans d'eau pourraient être facilement aménagés afin de favoriser les amphibiens et leurs proies, ainsi que la plupart des autres groupes faunistiques. Pour cela, des mesures simples suffisent. Aménager des berges non rectilignes, diversifier leurs pentes et les adoucir, aménager des zones marécageuses en périphérie ...

L'emplacement de ces plans d'eau peut aussi être pensé de manière à ce que plusieurs bassins soient aménagés proches les uns des autres afin d'améliorer la connectivité locale.

5.3 Biais observés et perspectives

- Les données « poissons » relèvent uniquement la présence/absence de ceux-ci. Ceci est principalement dû au fait que relever les espèces présentes et leurs classes de tailles prendrait énormément de temps. De plus, il faudrait passer un permis pour la manipulation des poissons. Le temps imparti pour effectuer ce travail de Bachelor n'était pas suffisant pour relever à la fois les abondances des amphibiens et les abondances et structures des populations des espèces de poissons. Il serait cependant intéressant d'effectuer une étude où ces données sont relevées et comparées avec les abondances des amphibiens.
- Les données relevées ne concernent que l'effet des différentes variables et des poissons par rapport aux abondances des amphibiens. Il serait donc intéressant d'effectuer le même type d'études avec d'autres groupes faunistiques habitants ces plans d'eau et ainsi proposer des mesures complémentaires afin de les favoriser.
- Finalement, certaines variables peuvent être influencées par les conditions climatiques et météorologiques de l'année en cours. Il serait donc intéressant d'effectuer les mêmes relevés sur plusieurs années.

6 Conclusion

Les effets négatifs de l’empoisonnement sont de plus en plus étudiés et reconnus dans le monde. La plupart des études sur le sujet ont la même conclusion : la présence de poissons dans un plan d’eau a un impact sur l’abondance des amphibiens. Ce travail a permis de montrer que la conclusion est la même dans les Préalpes vaudoises. Les amphibiens sont en effet impactés négativement par la faune halieutique, en ce qui concerne le Triton alpestre et la Grenouille rousse. Cependant, ce travail démontre aussi que la situation n’est pas catastrophique. Le pourcentage des lacs empoisonnés dans les Préalpes vaudoises est bien en dessous de la proportion générale dans les Alpes et dans les massifs montagneux européens. Ce faible nombre permet de facilement mettre des mesures en place sans que cela ne soit trop coûteux. Un autre point positif est que l’office cantonal de la pêche commence à prendre conscience du problème de la présence de poissons non indigènes dans les plans d’eau, et commence à prendre des mesures adaptées (lorsque cela ne concerne pas des étangs de pêche). Finalement, le fait que beaucoup des plans d’eau empoisonnés font partie du parc naturel régional Gruyères-Pays d’Enhaut est un argument de taille pour convaincre les autorités d’éradiquer les poissons. Certes, il sera compliqué de faire cela dans les lacs de pêche populaires comme le Lioson, mais éradiquer les poissons dans une partie des plans d’eau sera déjà un pas en avant important.



Figure 32 : Têtards de Crapaud commun

7 Bibliographie

7.1 Références bibliographiques

- Adams, S. B., Frissell, C. A., & Rieman, B. E. (2001). Geography of Invasions in Mountain Streams : Consequences of Headwater Lake Fish Introductions. *Ecosystems*, 4, 296-307.
- Armstrong, T. W., & Knapp, R. A. (2004). Response by trout populations in alpine lakes to an experimental halt to stocking. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 61, 2025-2037.
- Baxter, C. V., Fausch, K. D., & Saunders, W. C. (2005). Tangled webs : Reciprocal flows of invertebrate prey link streams and riparian zones. *Freshwater Biology*, 50, 201-220.
- Brönmark, C., & Edenham, P. (1994). Does the presence of fish affect the distribution of tree frogs (*Hyla arborea*). *Conservation Biology*, 8, 841-845.
- Cooper, E. L., Boccardy, J. A., & Andersen, J. K. (1962). Growth Rate of Brook Trout at Different Population Densities in a Small Infertile Stream. *The Progressive Fish-Culturist*, 24(2), 74-80. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1962\)24](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1962)24)
- Eby, L. A., J. Roach, W., Crowder, L. B., & Stanford, J. A. (2006). Effects of stocking-up freshwaters food webs. *Ecology and Evolution*, 21(10), 576-584.
- Epanchin, P. N., Knapp, R. A., & Lawler, S. P. (2010). Nonnative trout impact an alpine-nesting bird by altering aquatic insect subsidies. *Ecology*, 91, 2406-2415.
- Finlay, J. C., & Vredenburg, V. T. (2007). Introduced trout sever trophic connection in watersheds : Consequence for a declining amphibian. *Ecology*, 88(9), 2187-2198.
- Grossenbacher, K. (1988). *Atlas de distribution des amphibiens de Suisse* (ligue Suisse pour la Protection de la Nature & Centre suisse de cartographie de la faune).
- Grossenbacher, K. (1999). *Le Triton alpestre : Biologie et protection*. Karch.
- Hecnar, S. J., & M'Closkey, R. (1997). The effects of predatory fish on amphibian species richness and distribution. *Biological conservation*, 79, 123-131.
- Jersabek, C., Brancelj, A., Stoch, F., & Schabetsberger, R. (2001). Distribution and ecology of copepods in mountainous regions of the Eastern Alps. *Hydrobiologia*, 453-454, 309-324.
- Johnson, B. M., & Martinez, P. J. (2003). Trophic economics of lake trout management in reservoirs of different productivity. *North American Journal of Fisheries Management*, 20, 127-143.
- Kats, L. B., & Ferrer, R. P. (2003). Alien predators and amphibian declines : Review of two decades of science and the transition to conservation. *Diversity and Distribution*, 9, 99-110.
- Kats, L. B., Petranka, J. W., & Sih, A. (1988). Antipredator defense and the persistence of amphibian larvae with fishes. *Ecology*, 69, 1865-1870.

- Kloskowski, J. (2009). Size-structured effects of common carp on reproduction of pond-breeding amphibians. *Hydrobiologia*, 635, 205-213.
- Knapp, R.A, Boiano, D. M., & Vredenburg, V. T. (2007). Removal of nonnative fish results in population expansion of a declining amphibian (mountain yellow-legged frog, *Rana muscosa*). *Biological Conservation*, 135(1), 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.09.013>
- Knapp, R.A, Fellers, G. M., Kleeman, D. B., Miller, D. A., Vredenburg, V. T., Rosenblum, E. B., & Briggs, C. J. (2016). *Large-scale recovery of an endangered amphibian despite ongoing exposure to multiple stressors*. Jeff E.
- Knapp, R.A, Hawkins, CP., Ladau, J., & McClory, JG. (2005, juin). Fauna of Yosemite National Park lakes has low resistance but high resilience to fish introductions. *Ecological applications*, 15(3), 835-847.
- Knapp, R.A, & Matthews, K. R. (1998). Eradication of Nonnative Fish by Gill Netting from a Small Mountain Lake in California. *Restoration Ecology*, 6(2), 207-213. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.1998.06212.x>
- Knapp, R.A, & Matthews, K. R. (2000). Non-native fish introductions and the decline of yellow-legged frogs from within protected areas. *Conservation Biology*, 14, 428-438.
- Knapp, R.A, Matthews, K. R., & Sarnelle, O. (2001). Resistance and resilience of alpine lake faune to fish introductions. *Ecological monographs*, 71(3), 401-421.
- Lacoul, P., & Freedman, B. (2006). Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. *Environmental Reviews*, 14(2), 89-136. <https://doi.org/10.1139/a06-001>
- Laurila, A., & Aho, T. (1997). Do Female Common Frogs Choose Their Breeding Habitat to Avoid Predation on Tadpoles? *Oikos*, 78(3), 585. <https://doi.org/10.2307/3545621>
- Macander, M. J., Swingley, C. S., Joly, K., & Reynolds, M. K. (2015). Landsat-based snow persistence map for northwest Alaska. *Remote Sensing of Environment*, 163, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.02.028>
- Matthews, K. R., & Preisler, H. K. (2010). Site fidelity of the declining amphibian *Rana sierrae* (Sierra Nevada yellow-legged frog). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 67(2), 243-255. <https://doi.org/10.1139/F09-172>
- Meyer, A., Zumbach, S., Schmidt, B., & Monney, J.-C. (2009). *Les amphibiens et les reptiles de Suisse*. Berne: Haupt.
- Miro, A., Sabas, I., & Ventura, M. (2018). Large negative effect of non-native trout and minnows on Pyrenean lake amphibians. *Biological conservation*, (218), 144-153.
- Museth, J., Hesthagen, T., Sandlund, O. T., & Thorstad, E. B. (2007, décembre). The history of the minnow *Phoxinus phoxinus* (L.) in Norway : From harmless species to pest. *Journal of fish biology*, 71, 184-195.

- O'Connor, J. H., & Rittenhouse, T. A. G. (2016). Snow cover and late fall movement influence wood frog survival during an unusually cold winter. *Oecologia*, 181(3), 635-644. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3450-z>
- Oesterheld, M., Dzukic, G., & Kalezic, M. L. (2005, février). Effects of Widespread Fish Introductions on Paedomorphic Newts in Europe. *Conservation Biology*, 19, 162-170.
- Oggier, P.-A. (2022). Industrie du ski et nature, une occasion manquée. *TRACES*, 3516.
- Orizaola, G., & Braña, F. (2006). Effect of salmonid introduction and other environmental characteristics on amphibian distribution and abundance in mountain lakes of northern Spain. *Animal Conservation*, 9, 171-178.
- Pechlaner, R. (1984). *Historical evidence for the introductions of Arctic charr into high-mountain lakes of the Alps by man*. Burns BL, Johnson J. University of Manitoba Press.
- Pellet, J., Borgula, A., Ryser, J., & Zumbach, S. (2012). *Inventaire fédéral des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale. Évaluation des sites de reproduction de batraciens et définition des seuils nationaux*. OFEV.
- Peterson, J. A., & Blaustein, A. R. (1992). Relative Palatabilities of Anuran Larvae to Natural Aquatic Insect Predators. *Copeia*, 1992(2), 577. <https://doi.org/10.2307/1446225>
- Pilliod, D. S., & Peterson, C. R. (2001). Local and landscape effects of introduced trout on amphibians in historical fishless watersheds. *Ecosystems*, 4, 322-333.
- Pilliod, D. S., Ricciardi, A., Hossack, B. R., Bahls, P. F., Bull, E. L., Corn, P. S., ... Wyrick, A. (2010). Non-native salmonids affect amphibian occupancy at multiple spatial scales. *Diversity and Distribution*, 16, 959-974.
- Pope, K. L., Garwood, J. M., Welsh, H. H., & Lawler, S. P. (2008). Evidence of indirect impacts of introduced trout on native amphibians via facilitation of a shared predator. *Biological Conservation*, 141, 1321-1331.
- Rieger, J. F., Binckley, C. A., & Resetarits, W. J. (2004). Larval performance and oviposition site preference along a predation gradient. *Ecology*, 85(8), 2094-2099. <https://doi.org/10.1890/04-0156>
- Rubin, J.-F. (1991). *L'omble chevalier, Salvelinus alpinus (L.) dans le lac Lioson (Suisse)*. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles.
- Sarnelle, O., & Knapp, R. A. (2005). Nutrient recycling by fish versus zooplankton grazing as drivers of the trophic cascade in alpine lakes. *Limnology and oceanography*, 50, 2032-2042.
- Schmutzer, A. C., Gray, M. J., Burton, E. C., & Miller, D. L. (2008). Impacts of cattle on amphibian larvae and the aquatic environment. *Freshwater Biology*, 53(12), 2613-2625. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02072.x>
- Sih, A., Kats, L. B., & Moore, R. D. (1992). Effects of predatory sunfish on the density, drift, and refuge use of stream salamander larvae. *Ecology*, 73, 1418-1430.

- Tiberti, R., Bogliani, G., Brighenti, S., Iacobuzio, R., Liataud, K., Rolla, M., ... Bassano, B. (2019). Recovery of high mountain Alpine lakes after the eradication of introduced brook trout *Salvelinus fontinalis* using non-chemical methods. *Biological Invasions*, 21, 875-894.
- Tiberti, R., Brighenti, S., Iacobuzio, R., & Pasquini, G. (2014, septembre). Behind the impact of introduced trout in high altitude lakes : Adult, not juvenile fish are responsible of the selective predation on crustacean zooplankton. *Journal of Limnology*, 73, 593-597.
- Tiberti, R., Buchaca, T., Boiano, D., Knapp, R. A., Pou Rovira, Q., Tavecchia, G., ... Tenan, S. (2021). Alien fish eradication from high mountain lakes by multiple removal methods : Estimating residual abundance and eradication probability in open populations. *Journal of Applied Ecology*, 58(5), 1055-1068. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13857>
- Tiberti, R., & Cardarelli, E. (2021). Some like it fishless : The reason and potential for eradicating alien fish from European mountain lakes. *Biodiversity*, 22, 95-99.
- Tiberti, R., & Von Hardenberg, A. (2012). Impact of introduced fish on Common frogs (*Rana temporaria*) close to its altitudinal limit in alpine lakes. *Amphibia-Reptilia*, 33, 303-307.
- Tyler, T., Liss, W. J., Ganio, L. M., Larson, G. L., Hoffman, R., Deimling, E., & Lomnický, G. (2008). Interaction between Introduced Trout and Larval Salamanders (*Ambystoma macrodactylum*) in High-Elevation Lakes. *Conservation Biology*, 12(1), 94-105. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1998.96274.x>
- Ventura, M., Tiberti, R., Buchaca, T., Bunay, D., Sabas, I., & Miro, A. (2017). *High mountain conservation in a changing world*. Springer Open.
- Vitule, J., Freire, C., & Simberloff, D. (2009). Introduction of non-native fishwater can certainly be bad. *Fish and fisheries*, (10), 98-108.
- Welsh, H. H., Pope, K. L., & Boiano, D. (2006). Sub-alpine amphibian distributions related to species palatability to non-native salmonids in the Klamath mountains of northern California. *Diversity and Distribution*, 12, 298-309.

7.2 Autres sources d'information

- AquaPortail. (2010). Empoisonnement : Définition et explications. Consulté 9 avril 2022, à l'adresse AquaPortail website : <https://www.aquaportail.com/definition-6819-empoisonnement.html>
- Bruxelles environnement. (2020). *Info fiches espaces verts : Le Crapaud commun*.
- CSCF. (2022). Info fauna : Centre national de données et d'informations sur la faune de Suisse. Consulté 13 juin 2022, à l'adresse <http://www.karch.ch/karch/home/amphibien-fordern.html>
- DGE. (2021). *Evolution de la pêche dans les rivières, les petits lacs et étangs du canton de Vaud*. Etat de Vaud.
- Heusser, H. (2003). *Le Crapaud commun*. Karch.
- Karch. (2022). Conservation des amphibiens. Consulté 13 juin 2022, à l'adresse <http://www.karch.ch/karch/home/amphibien-fordern.html>
- Larousse, É. (2022). Consulté à l'adresse <https://www.larousse.fr/encyclopedie>
- Loi cantonale vaudoise du 29 novembre 1978 sur la pêche (= LPêche ; 923.01)
- Loi fédérale du 21 juin 1991 sur la pêche (= LFSP ; RS923.0)
- LPO IDF. (2022). Crapaud commun. Consulté 3 avril 2022, à l'adresse <https://www.lpo.fr/decouvrir-la-nature/fiches-especes/fiches-especes/amphibiens-reptiles/crapaud-commun>
- Office fédéral de météorologie et de climatologie. (2022). Météo suisse. Consulté 13 juin 2022, à l'adresse <http://www.karch.ch/karch/home/amphibien-fordern.html>
- Ordonnance du 23 avril 2008 sur la protection des animaux (= OPAAn ; 455.1)
- Raymond, D. (2015, avril 22). Préalpes. Consulté 2 avril 2022, à l'adresse Dictionnaire historique de la Suisse (DHS) website : <https://hls-dhs-dss.ch/articles/008564/2015-04-22/>
- Schmidt, B., & Zumbach, S. (2005). *Liste Rouge des espèces menacées en Suisse : Amphibiens*. Office fédéral de l'environnement, de la forêt et du paysage (OFEFP), Berne, et Centre de coordination pour la protection des amphibiens et reptiles de Suisse (ARCH), Berne.

ANNEXES

Travail de Bachelor présentée par :

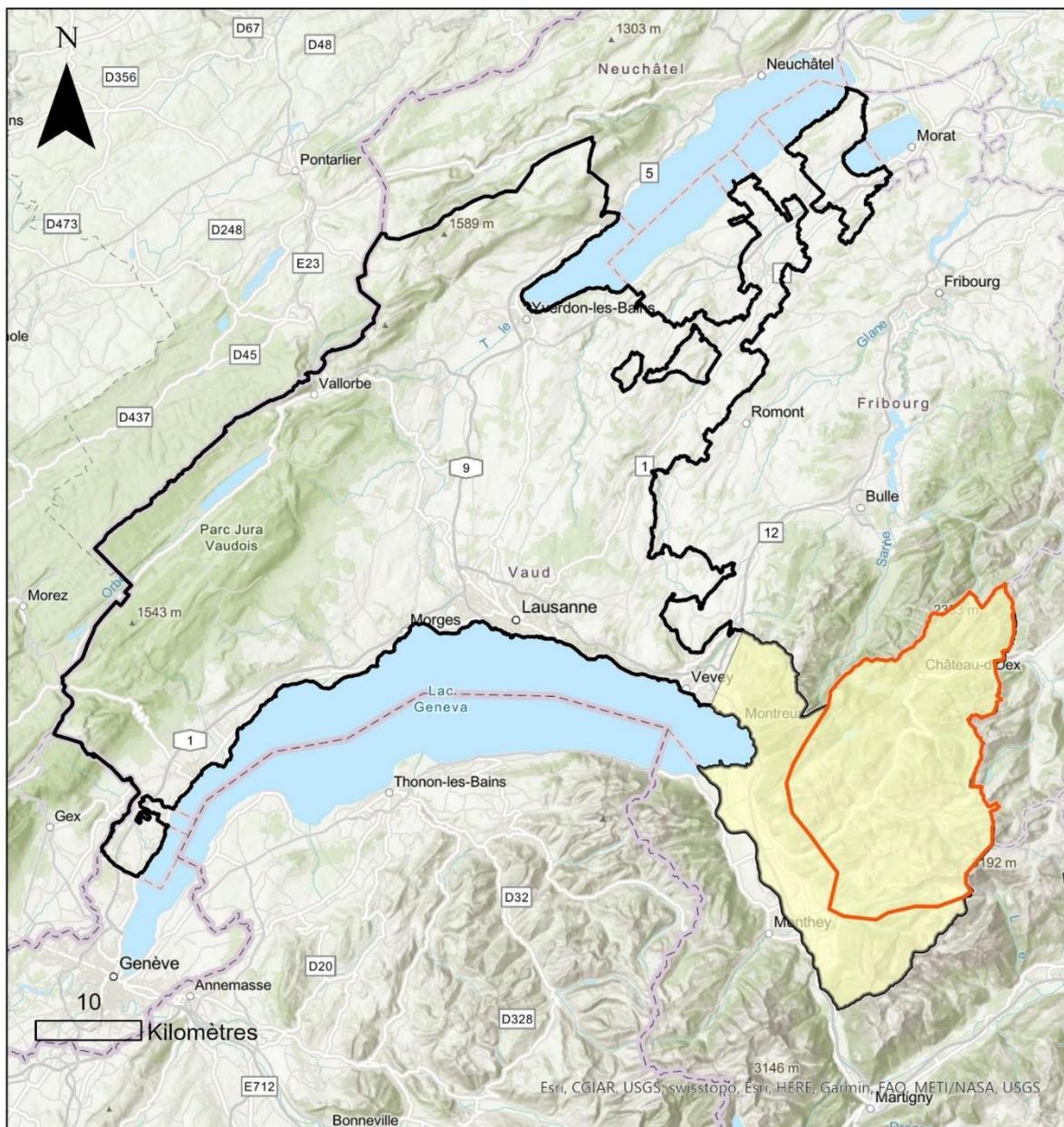
Khalil OUTEMZABET

pour l'obtention du titre Bachelor of Science HES-SO en Gestion de la nature

Table des annexes

Annexe 1 : Carte de situation des Préalpes vaudoises et du périmètre d'étude.....	44
Annexe 2: Tableau des lacs des empoissonnés et statistiques de pêche 2021	45
Annexe 3 : Liste des espèces de poissons présentes dans les plans d'eau	46
Annexe 4 : Carte des plans d'eau.....	47
Annexe 5 : Liste des plans d'eau.....	48
Annexe 6 : Feuille de terrain « Amphibiens – Poissons »	49
Annexe 7 : Fiche de terrain « variables environnementales ».....	50
Annexe 8 : Caractéristiques des plans d'eau.....	51
Annexe 9 : Photos des plans d'eau	52
Annexe 10 : Carte de répartition et d'abondances des amphibiens	55
Annexe 11 : Carte de distribution des poissons dans les Préalpes vaudoises	58
Annexe 12 : Quantité de poissons remis à l'eau en 2022	59

Annexe 1 : Carte de situation des Préalpes vaudoises et du périmètre d'étude



-  Préalpes vaudoises
-  Canton de Vaud
-  Périmètre d'étude

Auteur: Outemzabet Khalil
Date: Avril 2022
Echelle: 1:500'000
Source: ArcGis

Annexe 2 : Tableau des lacs des empoissonnés et statistiques de pêche 2021

Lacs	Espèces mises à l'eau en 2021	Espèces pêchées en 2021	Nbr d'individus pêchés
Lac Retaud	Truite fario Truite arc-en-ciel	Truite fario	152
		Truite arc-en-ciel	62
		Chevaine	2
Lac Lioson	Truite fario Truite arc-en-ciel	Truite fario	689
		Truite arc-en-ciel	256
		Vairon	170
		Carpe	1
		Omble chevalier	9
		Omble de fontaine	4
		Sandre	1
Lac des Chavonnes	Truite fario Truite arc-en-ciel	Truite fario	517
		Truite arc-en-ciel	173
		Perche	20
		Chevaine	7
Lac Nervaux	Truite fario Truite arc-en-ciel	Truite fario	65
		Truite arc-en-ciel	49
		Perche	55
		Gardon	11
		Chevaine	11

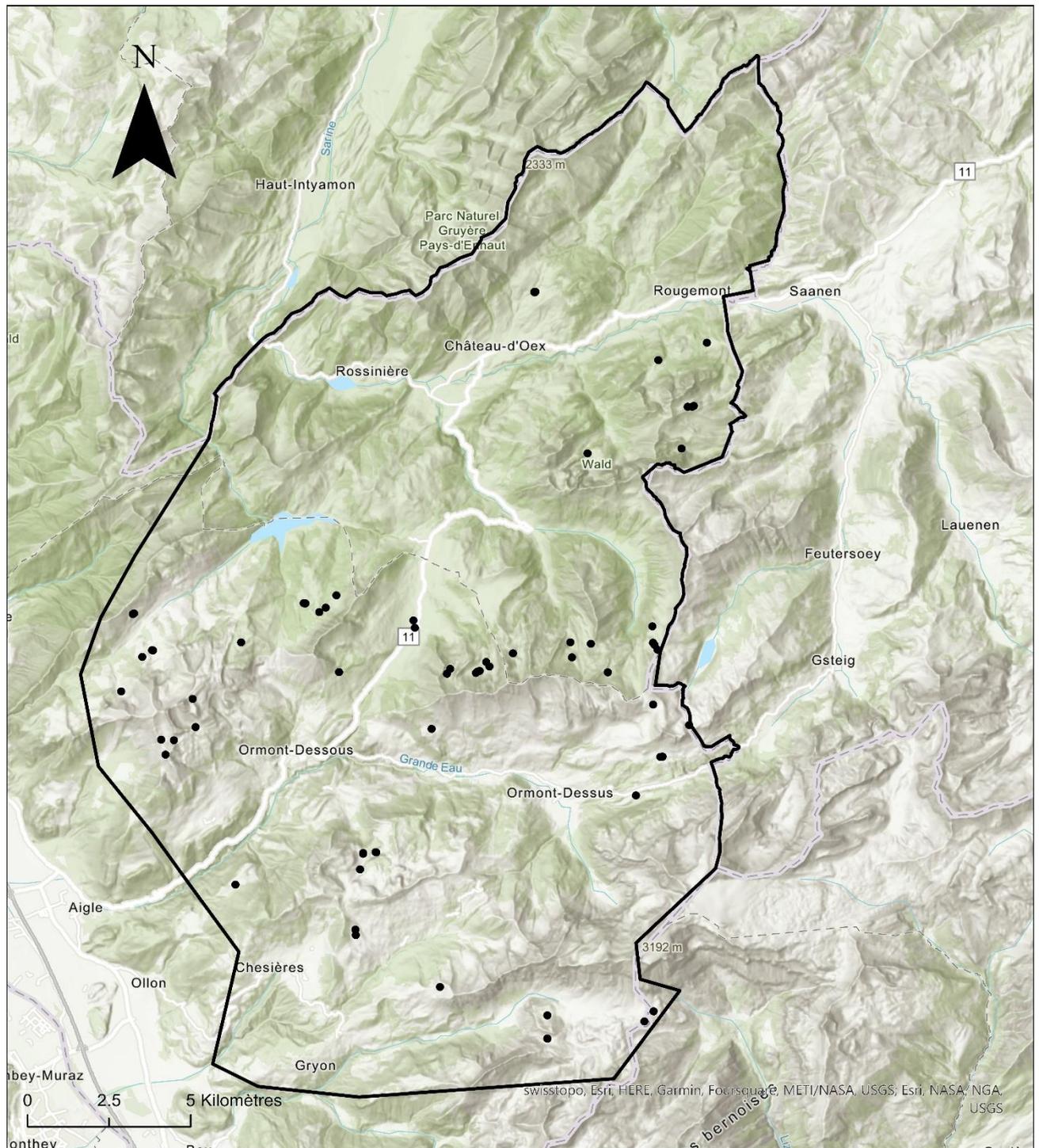
Source : (DGE, 2021)

Annexe 3 : Liste des espèces de poissons présentes dans les plans d'eau

Nom commun	Nom scientifique	Ordre	Famille
Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus 1758)	Cypriniforme	<i>Cyprinidae</i>
Chevaine commun	<i>Squalis cephalus</i> (Linnaeus 1758)	Cypriniforme	<i>Leuciscidae</i>
Critivomer	<i>Salvelinus namaycush</i> (Walbaum 1792)	Salmoniforme	<i>Salmonidae</i>
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus 1758)	Cypriniforme	<i>Leuciscidae</i>
Ombre chevalier	<i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus 1758)	Salmoniforme	<i>Salmonidae</i>
Ombre de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i> (Mitchill 1814)	Salmoniforme	<i>Salmonidae</i>
Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i> (Linnaeus 1758)	Perciforme	<i>Percidae</i>
Sandre	<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus 1758)	Perciforme	<i>Percidae</i>
Truite arc-en-ciel	<i>Onchorynchus mykiss</i> (Walbaum 1792)	Salmoniforme	<i>Salmonidae</i>
Truite fario	<i>Salmo trutta</i> (Linnaeus 1758)	Salmoniforme	<i>Salmonidae</i>
Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus 1758)	Cypriniforme	<i>Leuciscidae</i>

Source : (DGE, 2021)

Annexe 4 : Carte des plans d'eau



- Plans d'eau visités
- ▭ Périmètre d'étude

Auteur: Outemzabet Khalil
Date: Juillet 2022
Echelle: 1:150'000
Source ArcGis

Annexe 5 : Liste des plans d'eau

Nom	Coordonnée X	Coordonnée Y	Altitude (m.s.m)	Superficie (ha)	Parc naturel régional
Chaudet	2571681	1136935	1660	0.04	oui
Ciernes Charbon Grand	2577688	1148672	1261	0.06	oui
Ciernes charbon petit	2577691	1148686	1261	0.0024	oui
Ciernes charbon moyen	2577665	1148677	1259	0.0076	oui
Col d'ayerne est	2565356	1138746	1627	0.008	oui
Col d'ayerne ouest	2565382	1138767	1627	0.005	oui
Col des mousses Nord	2573960	1138569	1436	0.08	oui
Col des mousses tennis	2573986	1138421	1436	0.58	oui
Fenêtre d'Arnon centre	2581307	1137843	1900	0.016	oui
Fenêtre d'Arnon nord	2581446	1137633	1896	0.09	oui
Fenêtre d'Arnon sud	2581356	1137780	1911	0.013	oui
Gour de comborsin	2582188	1143857	1715	0.223	oui
Gour de la plane	2579309	1143709	1505	2.37	oui
Gour de Lavaux	2577013	1137514	2072	0.053	oui
Gour de Tourmaley	2578788	1137872	1836	0.25	oui
Grand Clé	2581284	1138367	1818	0.08	oui
Grandes charbonnières centre	2571271	1138939	1685	0.056	oui
Grandes charbonnières est	2571580	1139321	1640	0.017	oui
Grandes charbonnières ouest	2571074	1138797	1728	0.0188	oui
Grands esserts	2565640	1137420	1511	0.018	oui
La chenau bas	2575956	1136967	1889	0.0238	oui
La chenau centre	2575922	1136947	1892	0.033	oui
La chenau haut	2575876	1136910	1892	0.017	oui
La croix	2579398	1137812	1879	0.028	oui
La toche	2 578 831	1137394	1974	0.037	oui
Lac Lioson	2576168	1137251	1848	7	oui
Lac Rond	2565948	1137616	1498	1.2	oui
Le Crot bas	2570602	1139070	1551	0.04	oui
Le crot centre	2570631	1139062	1555	0.0028	oui
Le crot haut	2570649	1139057	1559	0.0036	oui
Le Gour de sazième	2579924	1136929	1996	0.14	oui
Les Gouilles centre	2582506	1145141	1954	0.0076	oui
Les Gouilles est	2582468	1145147	1951	0.3	oui
Les Gouilles Ouest	2582354	1145130	1976	0.1	oui
Lioson annexe	2576186	1137095	1848	0.23	oui
Mare à Ciernes Gonseth	2582948	1147099	1318	0.1612	oui
Mare de Martigny	2581459	1146580	1510	0.068	oui
Vers Les Lacs nord	2575092	1137037	1917	0.37	oui
Vers Les Lacs sud	2574991	1136895	1928	0.06	oui
Col de la Poreyrette	2578069	1125613	1685	0.067	
Col d'isenau	2581406	1135942	1555	0.04	
En pillon	2580755	1133111	1709	0.0588	
Entonnoir	2572184	1128855	1693	1	
Golf Villars nord	2572171	1128805	1498	0.13	
Golf Villars sud	2582188	1143857	1610	0.11	
La Berneuse	2566360	1134389	1824	0.04	
La marnèche	2582417	1135287	1506	0.038	
Lac d'Ai (berneuse)	2566613	1134828	1954	0.88	
Lac d'Ai (Chaux-de-Mont)	2566269	1134878	1951	0.85	
Lac de Bretaye	2571784	1130566	1976	4.4	
Lac de Mayen	2567324	1135209	1976	1	
Lac de Nervaux	2565040	1136347	1493	0.83	
Lac des Chavonnes	2572805	1131375	1671	5	
Lac Noir	2572319	1130801	1715	1.2	
Lac Retaud	2581600	1134325	1318	1.3	
Lac Segray	2567196	1136111	2066	0.3	
Les Chaux	2568667	1137838	1824	0.0308	
Les mailles	2581076	1134253	1671	0.08	
Pas de Cheville nord/est	2581326	1126432	2028	0.027	
Pas de cheville sud	2581041	1126150	1127	0.037	
Plambuit Est	2568486	1130362	1113	0.02	
Retenue de Chaux Ronde	2574776	1127207	1931	0.75	
Sur Dzeu	2577941	1126258	1917	0.03	

Annexe 8 : Caractéristiques des plans d'eau

	Code site	RATE	BUBU	TRAL	PISCES_BIN	SNOWCOVER	ALTITUDE	AREA	PERIMETER	FOREST_m2	VEGETATION	TYPE	PATURE	CONNECTIVITE	CONN_RATE	CONN_BUBU	CONN_TRAL
Chaudet	VD574	0	1	2	0	114	1660	0.04	101	86000	5	1	2	0	0	0	0
Clermes Charbon Grand	VD709 (1)	0	3	0	1	83	1261	0.06	120	6400	3	1	2	2	1	1	1
Clermes Charbon petit	VD 709 (3)	1	0	0	0	78	1261	0.0024	20	6400	1	1	2	2	0	2	1
Clermes Charbon moyen	VD 709 (2)	0	2	1	0	82	1259	0.0076	35	6400	4	1	2	2	1	1	1
Col d'ayerne est	Sans objet 1.1	0	3	1	0	111	1627	0.008	35	20500	2	2	1	3	0	2	1
Col d'ayerne ouest	Sans objet 1.2	0	3	2	0	111	1627	0.005	33	20500	1	2	1	1	1	1	1
Col de la Porevette	VD691	0	1	4	0	157	1685	0.067	95	0	1	1	1	1	0	2	0
Col des mosses Nord	VD34 (1)	1	0	1	0	116	1436	0.08	137	2930	5	1	2	1	1	1	1
Col des mosses Nord	VD34 (2)	1	0	1	0	114	1436	0.58	135	2650	4	1	2	2	1	0	0
Col d'iseraun	VD49	0	0	0	0	145	1555	0.04	122	0	-	-	-	2	1	0	0
En dilloin	VD54	0	0	0	0	106	1709	0.0588	93	105285	5	1	2	2	0	0	0
Emmonoir	-	0	0	0	1	131	1693	1	388	87303	3	1	2	3	2	2	2
Fenêtre d'Arnon centre	VD611 (2)	0	0	0	0	146	1900	0.016	50	0	3	1	1	1	2	2	0
Fenêtre d'Arnon nord	VD611 (1)	0	0	0	0	147	1966	0.09	183	0	2	1	1	3	2	2	1
Fenêtre d'Arnon sud	VD611 (3)	1	1	0	0	144	1911	0.013	54	0	3	1	1	3	1	1	1
Golf Villars nord	VD609 (1)	1	1	1	1	111	1498	0.13	164	44386	2	1	1	2	0	1	1
Golf Villars sud	VD609 (2)	1	1	1	1	110	1610	0.11	150	44386	2	1	2	2	1	1	1
Gour de comborsin	VD508	3	2	0	0	128	1715	0.223	197	25000	4	1	2	3	1	1	1
Gour de la plaine	VD306	1	0	0	0	131	1505	2.37	577	137000	2	1	1	5	0	0	0
Gour de Laxaux	VD308	2	0	3	0	159	2072	0.053	100	0	1	1	2	5	5	0	0
Gour de Tourmalley	VD309	2	2	1	0	140	1856	0.25	214	0	1	1	1	3	2	1	0
Grand Cie	VD606	2	0	1	0	132	1818	0.08	105	44000	3	1	1	3	1	0	0
Grandes charbonnières centre	VD321 (1)	0	0	3	0	134	1685	0.056	129	159000	1	1	1	5	1	1	3
Grandes charbonnières est	VD321 (2)	0	1	2	0	127	1640	0.017	58	192000	1	1	1	5	1	1	2
Grandes charbonnières ouest	VD321 (3)	1	0	0	0	130	1728	0.0188	55	165000	2	1	2	5	0	0	3
Grand esserts	Sans objet 2	0	1	3	0	120	1511	0.018	52	80500	5	1	2	4	0	2	4
La Bernesue	VD615	0	1	3	0	127	1824	0.04	75	0	1	2	2	2	2	0	0
La cheveau bas	Sans objet 3.3	1	0	3	0	166	1889	0.0238	58	0	1	2	1	7	6	0	0
La cheveau centre	Sans objet 3.2	1	0	0	0	166	1892	0.033	69	0	5	2	1	7	6	0	0
La cheveau haut	Sans objet 3.1	1	0	4	0	163	1892	0.017	40	0	1	1	1	7	6	0	1
La croix	Sans objet 4	2	0	0	0	134	1879	0.028	90	0	3	1	1	1	2	2	0
La marneche	VD531	0	0	0	0	152	1506	0.038	244	0	-	-	-	1	0	0	0
La toche	Sans objet 5	0	1	2	0	153	1974	0.037	74	0	-	-	-	1	0	0	0
Lac d'Al (Bernesue)	VD437	1	1	2	0	138	1954	0.088	375	0	1	1	2	4	3	1	2
Lac d'Al (Chaux-de-Mont)	VD957	1	0	4	0	145	1951	0.85	363	0	1	1	2	3	1	1	2
Lac de Breteay	VD605	3	2	0	0	134	1976	4.4	802	2935	4	1	2	4	1	1	0
Lac de Mayen	VD688	0	1	0	0	130	1976	1	421	0	1	1	2	4	2	2	0
Lac de Nevaux	VD14	0	4	0	1	149	1493	0.83	386	16800	3	1	2	2	0	1	0
Lac des Chamonnes	-	0	0	0	1	131	1671	5	825	171671	3	1	3	2	0	1	2
Lac Isaron	VD616 (1)	1	0	0	1	250	1848	7	992	8200	1	1	2	2	6	0	2
Lac Noir	VD614	1	1	0	1	160	1848	1.2	413	60362	3	1	2	3	1	1	0
Lac Pélard	VD51	0	0	0	1	147	1318	1.3	450	28318	3	1	2	3	0	0	0
Lac Rond	VD10	0	0	0	1	198	1498	1.2	421	18350	3	1	2	4	1	1	1
Lac Segry	-	0	0	0	0	172	2066	0.3	214	0	2	2	2	3	2	2	2
Lac Croc bas	VD40 (1)	0	2	4	0	126	1551	0.04	113	140000	5	1	1	3	2	2	2
Lac Croc haut	VD40 (2)	0	2	3	0	125	1555	0.0028	20	140000	4	1	2	5	1	1	2
Le croc haut	VD 40 (3)	0	0	3	0	125	1559	0.0036	24	140000	2	2	1	1	1	3	2
Le gour de sazième	Sans objet 6	2	0	3	0	162	1996	0.14	138	0	4	1	4	4	2	2	0
Les Chaux	VD43	0	2	4	0	128	1824	0.0308	71	0	5	1	1	1	0	0	0
Les Gouilles centre	VD507 (2)	1	0	3	0	142	1954	0.0076	33	0	5	1	1	3	1	2	2
Les Gouilles est	VD507 (3)	0	0	3	0	145	1951	0.3	216	0	2	1	2	2	2	2	2
Les Gouilles Ouest	VD507 (1)	0	2	4	0	150	1976	0.1	121	0	5	2	1	3	2	1	2
Les mailles	VD531	0	0	0	0	125	1671	0.08	110	95952	-	-	-	2	0	0	0
Loison amnece	VD616 (2)	4	0	0	0	150	1848	0.23	211	0	5	2	2	7	6	0	2
Mare à Clermes Gonseth	VD824	1	0	0	0	91	1318	0.1612	166	169000	1	1	2	1	1	1	1
Mare de Martigny	VD823	1	3	0	0	106	1510	0.068	103	121000	3	1	1	1	1	1	0
Par de Chevillon nord/est	VS263	1	2028	0	0	142	2028	0.027	69	0	1	1	1	1	1	1	0
Par de chevillon sud	VD9	4	3	0	0	132	1127	0.037	92	0	3	1	1	1	1	0	0
Pianibuit Est	VD26	2	4	3	1	78	1113	0.02	55	104513	5	1	2	0	0	0	0
Retenue de Chaux Ronde	Sans objet 7	0	0	0	0	126	1931	0.75	330	640	2	1	2	0	0	0	0
Sur Dreu	VD888	0	1	3	0	155	1917	0.03	77	0	2	1	1	1	0	1	1
Vers Les Lacs nord	VD815 (1)	0	0	4	0	167	1917	0.37	272	0	1	1	2	1	1	0	0
Vers Les Lacs sud	VD815 (2)	3	0	3	0	172	1928	0.06	106	0	1	1	2	6	5	0	1

1 = permanent 1= Pâturé
 2 = temporaire 2= Non pâturé
 nbr de plans d'eau occupés dans un rayon de 1500m
 nbr de plans d'eau occupés dans un rayon de 500m

Annexe 9 : Photos des plans d'eau



Photo 1 : Bas crots. Source : karch



Photo 2 : Haut-crots. Source : karch



Photo 3 : Lac d'Aï. Source : karch



Photo 4 : Lac de Bretaye. Source : karch



Photo 5 : Lac de l'Entonnoir. Source : karch



Photo 6 : Lac de Mayen. Source : karch



Photo 7 : Lac des Chavonnes. Source : karch



Photo 8 : Lac Noir. Source : karch



Photo 9 : Lac Segray. Source : karch



Photo 10 : La Berneuse. Source : karch



Photo 11 : Plambuit Est. Source : karch



Photo 12 : Retenue de Chaux-ronde. Source : karch



Photo 13 : Pas de cheville Sud. Source : karch



Photo 14 : Pas de cheville Nord. Source : karch



Photo 15 : Gour de Lavaux



Photo 16 : La chenau haut



Photo 17 : Grandes charbonnières centre



Photo 18 : La toche



Photo 19 : La Croix



Photo 20 : Les Gouilles est



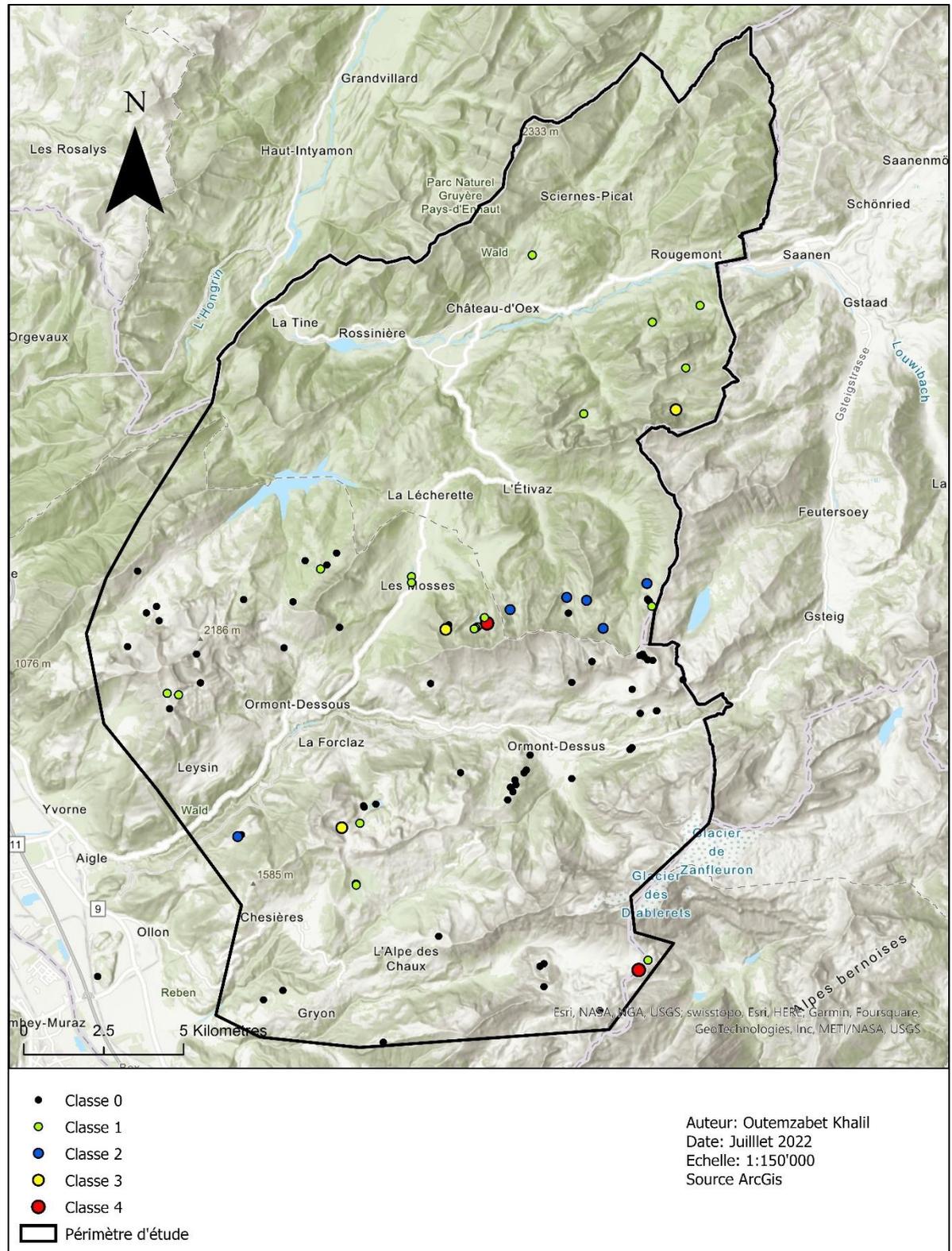
Photo 21 : Les Chaux



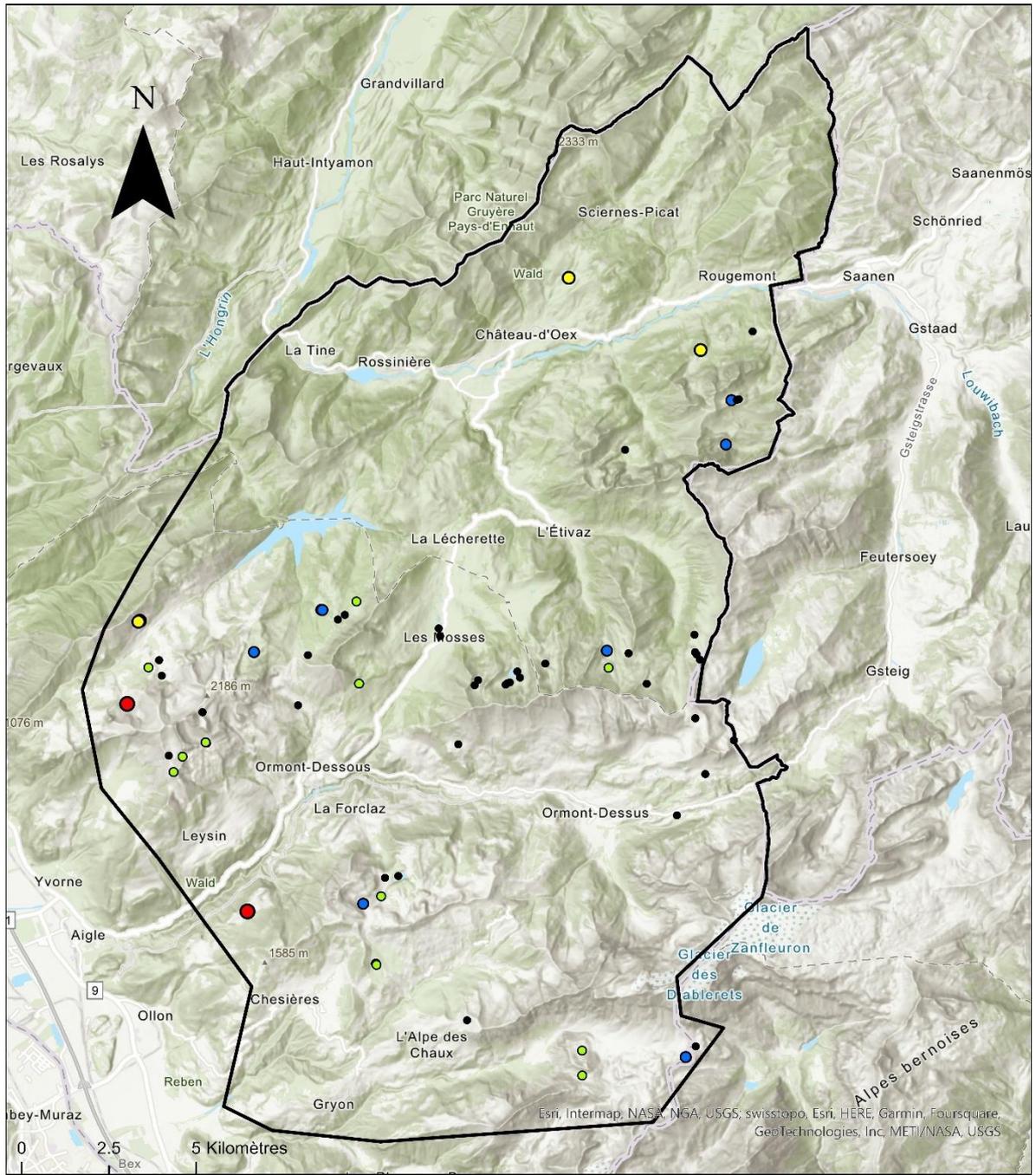
Photo 22 : Lac Rond

Annexe 10 : Carte de répartition et d'abondances des amphibiens

Carte 1 : Distribution et abondances de *Rana temporaria* dans les Préalpes vaudoises



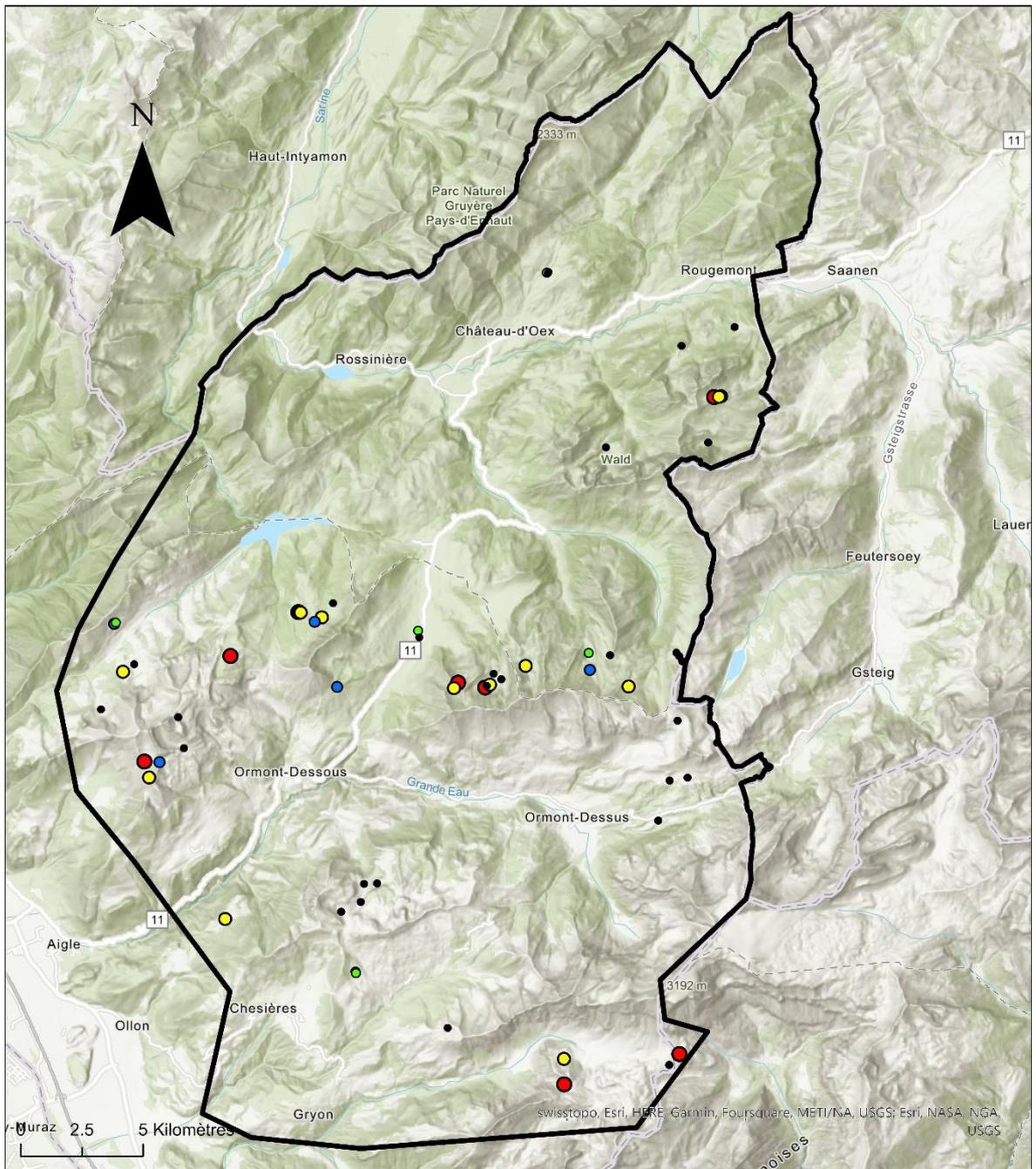
Carte 2 : Distribution et abondances de *Bufo Bufo* dans les Préalpes vaudoises



- Classe 0
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4
- ▭ Périmètre d'étude

Auteur: Outemzabet Khalil
 Date: Juillet 2022
 Echelle: 1:150'000
 Source ArcGis

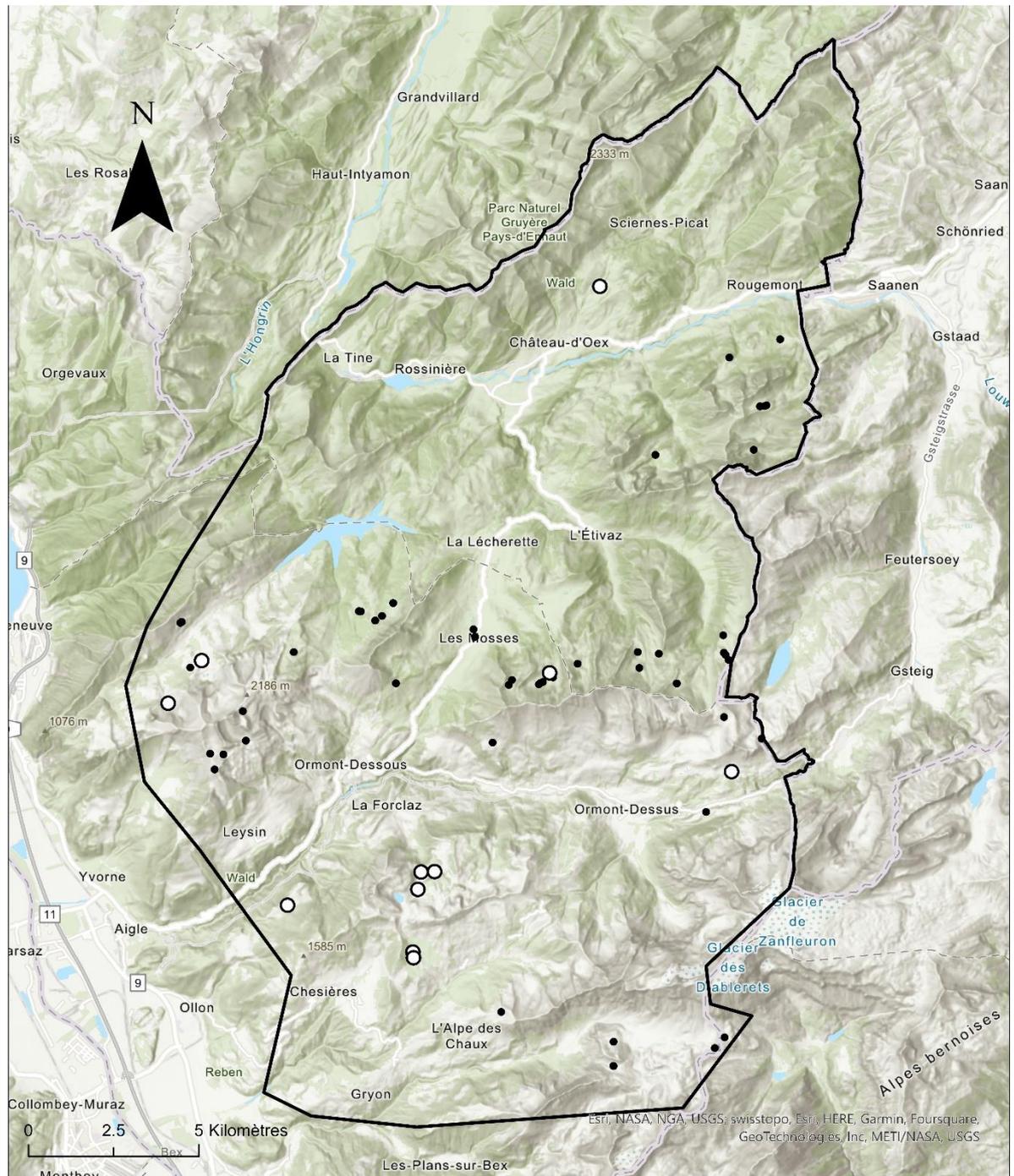
Carte 3 : Distribution et abondances de *Ichthyospora alpestris* dans les Préalpes vaudoises



- Classe 0
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4
- ▭ Périmètre d'étude

Auteur: Outemzabet Khalil
 Date: Juillet 2022
 Echelle: 1:150'000
 Source ArcGis

Annexe 11 : Carte de distribution des poissons dans les Préalpes vaudoises



- Avec poissons
- Sans poissons
- ▭ Périmètre d'étude

Auteur: Outemzabet Khalil
 Date: Juillet 2022
 Echelle: 1:150'000
 Source ArcGis

Annexe 12 : Quantité de poissons remis à l'eau en 2022

Plan d'eau	Espèce	Quantité (kg)
Lac Retaud	Truite Fario	60
	Truite Arc-en-ciel	50
Lac Lioson	Truite Fario	430
	Truite Arc-en-ciel	180
	Cristivomer	30
Lac des Chavonnes	Truite Fario	270
	Truite Arc-en-ciel	270
Lac Nervaux	Truite Fario	30
	Truite Arc-en-ciel	30
Total		1350