

Création de mares et étangs alpins pour la promotion de la biodiversité

Guide de «best-practices»

Document basé sur une sélection d'actions de création et de restauration de mares réalisées entre 1970 et 2015 dans les Alpes du Canton du Valais (et de sa zone limitrophe vaudoise)



A qui s'adresse ce manuel ?

Ce livret s'adresse à toutes les institutions et personnes actives en matière de conservation de la biodiversité, en particulier aux associations, aux communes, aux cantons, aux écoles (primaires, secondaires, hautes écoles) et aux privés (agriculteurs, entreprises, propriétaires de jardins, etc.).

Contenu et objectifs du guide

Ce guide présente des conseils pour la création ou la restauration de mares ou d'étangs situés en altitude (étages subalpins ou alpins). Il propose un cadre, avec des «best-practices» permettant de favoriser la biodiversité spécifique aux milieux alpins (« biodiversité boréo-alpine »), une biodiversité liée aux faibles températures et donc menacée par le réchauffement climatique.



Les informations présentées sont basées sur le diagnostic écologique et socio-économique d'une cinquantaine de mares ou d'étangs créés ou restaurés dans les Alpes. Cette sélection de « best-practices » n'est bien entendu pas exhaustive, et des mesures d'aménagement présentées dans d'autres ouvrages compléteront les recommandations formulées ici. Des conseils techniques traitant plus généralement des mares et étangs de plaine (Oertli & Frossard 2013 ; Frossard & Oertli 2015) peuvent aussi être repris ou adaptés pour le contexte alpin.

D'autre part, ce guide ne concerne pas les hauts- et bas-marais, pour lesquels une littérature spécifique existe déjà.



Cette mare alpine de la commune de Fiesch (VS) a été créée en 2014 à une altitude de 2200 m.

Tables des matières

Les mares et étangs alpins	3
Les espèces « cibles » et « parapluies » de la biodiversité aquatique alpine	4
Comment promouvoir la biodiversité dans les mares et étangs alpins ?	5
Contexte social et économique	6
Localisation de la mare ou de l'étang : éléments géographiques et écologiques	8
Localisation de la mare : occupation du sol	9
La surface de la mare	10
La permanence de l'eau	11
L'âge de la mare	12
Les rives et les habitats	13
La qualité de l'eau	14
Les poissons	15
Faut-il gérer ou entretenir le nouveau plan d'eau ?	16
Références utiles	17

Contexte

Les prédictions des scientifiques sont unanimes pour souligner les futurs changements physiques dans les régions alpines : modifications hydriques et hausse des températures. En répercussion, la biodiversité aquatique alpine sera fortement touchée. Cela concerne tout particulièrement la flore et la faune des petits plans d'eau (mares, étangs, petits lacs), un type de milieux aquatiques particulièrement abondant en altitude (il y en a environ 10'000 dans les Alpes suisses).

Des mesures d'adaptation à ces nouvelles menaces sont toutefois possibles, et parmi celles-ci la création de nouveaux habitats alpins, dont des mares et étangs. Ce type de mesure constitue une pratique très fréquente en plaine mais est moins commune en altitude. Les actions entreprises dans les Alpes ne sont toutefois pas exceptionnelles, et sont en relation par exemple avec des activités agricoles (abreuvement de bétail) ou touristiques (tourisme estival et hivernal), ou des projets de développement (mesures de compensation écologique).



Creusement d'une nouvelle mare alpine.

De telles mesures de création de milieux aquatiques sont à encourager. Les bonnes pratiques proposées ici sont destinées à soutenir ces mesures.

Le guide des best-practices est un des résultats produits dans le cadre du **projet ACCLAMÉ** « *Adaptation aux Changements Climatiques dans les Alpes : Action pilote de restauration de la biodiversité des Mares et des Étangs dans le canton du Valais* » (2014-2016), un projet mis en œuvre dans le cadre du programme pilote Adaptation aux changements climatiques, soutenu par l'Office fédéral de l'environnement OFEV. Les autres résultats de ce projet comprennent:

- i. un inventaire des actions de restauration des mares et étangs ;
- ii. la mise en place d'un site pilote sur la commune d'Isérables (VS) : un milieu aquatique destiné à accueillir des espèces alpines et à être valorisé pour ses services locaux (tourisme estival, agropastoralisme, gestion de la ressource eau) ;
- iii. la création d'un observatoire (réseau de sites d'observations) et d'outils de pédagogie interactive (liens sur www.climares.ch).

Les mares et étangs alpins

Définition

- L'étang est une surface d'eau stagnante, d'origine naturelle ou artificielle, avec une profondeur inférieure à 8 m offrant la possibilité aux plantes aquatiques supérieures de se développer sur toute la surface des fonds, et avec une présence d'eau temporaire (quelques mois) ou permanente. Sa superficie est généralement comprise entre 5000 m² et 5 hectares.
- La mare se distingue de l'étang par sa superficie plus petite, comprise entre 1 m² et 5000 m². Sa profondeur est alors souvent inférieure à 2 m.
- Les lacs sont en conséquence les surfaces en eau de plus de 8 m de profondeur, avec une superficie généralement supérieure à 5 hectares.
- Les marais sont caractérisés par leurs communautés végétales, en majorité des espèces émergeant de l'eau (laïches, linaïgrettes, joncs, massettes, etc.). Ils peuvent couvrir des très grandes surfaces et ils incluent alors souvent aussi des zones d'eau libre (mares, étangs).

Les zones humides alpines sont menacées

La Suisse a perdu durant les décennies passées environ 90% de ses zones humides, et donc nombre de mares et étangs. Dans les zones alpines, les drainages de marais ont aussi eu lieu et se poursuivent encore aujourd'hui. Les bas-marais et haut-marais (tourbières) alpins sont particulièrement menacés, comme le sont aussi les autres habitats aquatiques de petite taille comme les sources, les mares et étangs. Tous subissent aujourd'hui la pression d'une perturbation majeure du 21^{ème} siècle : le réchauffement climatique.

Des densités élevées de plans d'eau alpins subsistent

Il subsiste en Suisse en moyenne 1 mare ou étang par km². Dans certaines régions alpines, des densités particulièrement importantes sont observées : par exemple on recense 30 mares par km² dans la région du Glacier de Tsanfleuron (VS). Les réseaux denses sont particulièrement importants pour la biodiversité, car beaucoup d'espèces se déplacent d'un point d'eau à un autre, et survivent uniquement grâce à ces connexions biologiques.

Pauvreté en espèces, mais richesse patrimoniale

Les écosystèmes d'altitude sont caractérisés par une pauvreté en espèces. Si une petite mare de plaine héberge environ 30 espèces de plantes, coléoptères et libellules, alors à l'étage alpin elle n'en hébergerait plus que 6! Les espèces subsistant en altitude sont des espèces liées au froid, menacées par le réchauffement, et c'est ce qui fait la richesse patrimoniale de ces biotopes alpins...

Fragilité

De petite taille, les mares et étangs sont très sensibles aux perturbations physiques, tels que réchauffement, fluctuations hydriques, pluies acides (et autres pollutions), piétinement. Beaucoup d'espèces animales ont des cycles de vie très longs. Par exemple, les larves d'aesche (libellules) vivent 2 à 4 années dans les mares alpines, contre seulement 8 mois en plaine. Les plans d'eau alpins doivent alors assurer des conditions de vie stables sur une longue durée.

Différents types de mares et étangs alpins

Les mares et étangs isolés

Les plans d'eau peuvent naturellement, ou à la suite de leur création, être dans une situation isolée.



Pra da Dzeu, Iséables, VS, altitude 1800 m. Cette mare naturelle est une doline, soit une dépression topographique liée à la géologie, qui est alimentée en eau par un ruissellement superficiel. Elle est isolée dans un pâturage et sert notamment de point d'eau pour abreuver les vaches.

Les mares et étangs intégrés dans une large zone humide

Les marais sont généralement originaires des processus d'atterrissement de plans d'eau, des processus parfois très longs (quelques milliers d'années pour les tourbières). Il subsiste dans ces marais souvent des surfaces en eau libre, d'origine naturelle ou creusées artificiellement.



Les Essertse (Hérémece, VS, altitude : 2372 m). Cet étang est attenant à un très large marais, recouvert par une cariçaie (*Carex rostrata*).

Les mares et leur ceinture de végétation

Selon la topographie, le type de sol (minéral et/ou organique) et la nature de l'alimentation en eau, une mare peut être colonisée sur ses rives par la végétation émergente typique des marais. Une ceinture plus ou moins large entoure alors partiellement ou complètement le plan d'eau. Celle-ci constitue un habitat particulièrement riche en biodiversité (voir section « Les rives et les habitats »). Vers des altitudes supérieures à 2500 m, les substrats de type rocheux tendent toutefois à devenir dominants.



Deux situations très contrastées rencontrées à l'étage alpin : étang entouré par une ceinture végétale riche et dense, et mare située dans un contexte entièrement rocheux, sans végétation riveraine.

Les espèces « cibles » et « parapluies » de la biodiversité aquatique alpine

Des groupes « parapluies » de la biodiversité boréo-alpine entière (voir l'encart ci-contre) constituent des groupes « cibles » permettant de proposer des mesures appropriées à la biodiversité entière. Trois groupes sont retenus ici, pour leur complémentarité écologique et pour leur rôle emblématique et porte-drapeau des mares d'altitude: les plantes aquatiques, les libellules et les coléoptères aquatiques. Relevons que les amphibiens, habituellement retenus comme cibles dans les mares de plaine, sont ici écartés. En effet, il n'existe pas d'espèces boréo-alpines d'amphibien en Suisse ; toutes les espèces potentiellement rencontrées dans des mares alpines sont présentes en plaine.

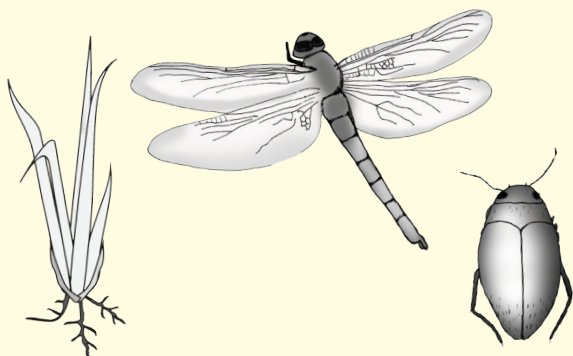
Des récentes recherches (Rosset et al. 2010 ; Rosset & Oertli 2011) prédisent de futurs bouleversements de la biodiversité des petits plans d'eau alpins suisses, liés au réchauffement climatique. Les espèces boréo-alpines vont soit s'éteindre, soit devoir migrer à des altitudes supérieures pour pouvoir survivre. Les espèces boréo-alpines représentent aujourd'hui une petite part de la biodiversité suisse, avec par exemple, 10% des espèces de Libellules. Parmi les 3 groupes retenus, cela représente un total de 41 espèces : 7 espèces de libellules, 13 espèces de coléoptères aquatiques et 21 espèces de plantes aquatiques. Ce sont ici des espèces « parapluies » de la biodiversité boréo-alpine entière et donc les espèces « cibles » de ce document.

⚡ Trois groupes d'espèces « cibles » boréo-alpines

Les plantes aquatiques, les libellules et les coléoptères aquatiques sont 3 groupes d'espèces représentatifs de la communauté d'espèces boréo-alpines (liées à des températures froides) des mares, étangs et petits lacs alpins.

Ces espèces ont une bonne complémentarité écologique.

- Différents niveaux de la pyramide trophique :
 - producteurs primaires : les plantes,
 - consommateurs primaires et secondaires : les coléoptères,
 - consommateurs secondaires : les libellules.
- Différents types de dispersion dans le paysage :
 - passive : les plantes,
 - active : les coléoptères et les libellules.

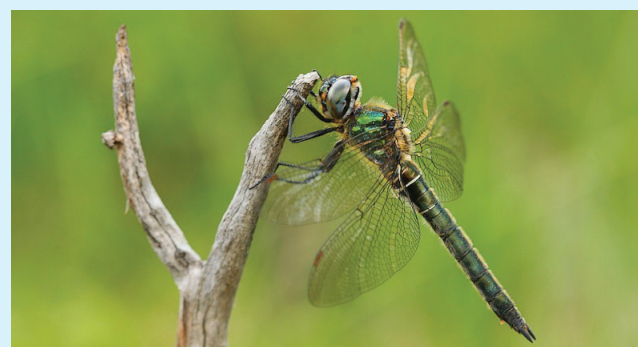


💡 Concept d'espèce « parapluie »

Certains groupes animaux ou végétaux peuvent être considérés comme des groupes d'espèces représentatifs de la biodiversité entière. En conséquence, la mise en œuvre de mesures favorisant ces groupes « parapluies » est bénéfique non seulement à ces groupes mais aussi à un ensemble beaucoup plus large d'organismes. C'est le concept d'espèce (ou de groupe) « parapluie ».



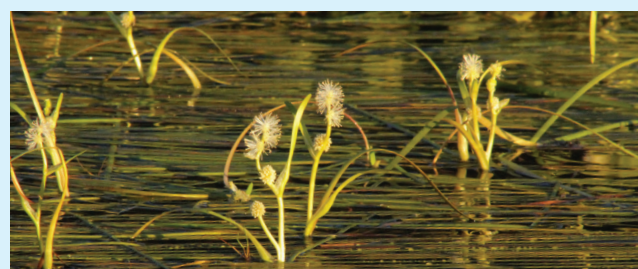
🔍 Exemples d'espèces boréo-alpines qui devront migrer en altitude pour survivre au réchauffement climatique



la libellule *Somatochlora alpestris*. Photo: © O. Tourillon



le coléoptère aquatique *Agabus melanarius*
Photo : © L. Borowiec



la plante aquatique *Sparganium angustifolium*

Comment promouvoir la biodiversité dans les mares et étangs alpins ?

Tout plan d'eau héberge une certaine biodiversité. Elle peut toutefois être faible, moyenne ou importante. Les choix effectués dès le départ du projet, lors de la planification et de l'aménagement du milieu sont déterminants pour le futur succès en termes de biodiversité. Pour une optimisation de la biodiversité, notamment de celle liée aux milieux alpins, nous recommandons alors de prendre en compte les best-practices exposées dans les pages suivantes.

En premier lieu, les considérations sociales et économiques, dont les conditions institutionnelles, vont guider les futurs usages et donc aussi la localisation de l'aménagement et son dimensionnement. L'histoire du paysage sera notamment prise en compte.

La localisation spatiale dépendra aussi de facteurs géographiques et écologiques : altitude, présence d'un réseau de plans d'eau, géologie/pédologie, topographie et écoulement de l'eau, occupation du sol et usages.

Finalement, les paramètres liés strictement à la mare (surface, profondeur, rives, habitats, qualité de l'eau, présence de poissons...) constitueront le filtre final pour l'accueil de la biodiversité. Cette étape est cruciale, car une mare mal réalisée, n'accueillera que peu de biodiversité...

Contexte social et économique

- Historique de la dynamique du paysage
- Participation des acteurs
- Identification des contraintes territoriales
- Identification des opportunités et des conflits d'usages et d'appropriation



Localisation spatiale de la mare : éléments géographiques et écologiques

- Altitude
- Densité régionale de plans d'eau
- Contraintes physiques, géologiques et pédologiques
- Occupation du sol



Paramètres caractérisant la mare

- Surface, profondeur, permanence de l'eau
- Âge
- Rives et habitats
- Qualité de l'eau
- Présence de poissons



Différents types de mares sont nécessaires dans le paysage

Il faut souligner qu'il n'existe pas un modèle unique de mare ou d'étang... La diversité doit être une règle de base. Différents types de plans d'eau sont nécessaires dans le paysage pour favoriser l'entière biodiversité.

Les mesures de best-practices proposées sont donc des règles générales à adapter à chaque situation locale. La faune et la flore des mares sont dépendantes de la présence d'un réseau de milieux aquatiques, et il faut alors coupler l'approche locale avec une approche régionale prenant en compte les autres milieux aquatiques présents.



C'est souvent le réseau de plans d'eau qui permet le maintien d'une riche biodiversité. Il est alors important de considérer une approche régionale, avec une diversification des milieux aquatiques dans la région considérée.

Contexte social et économique

A la base de tout projet, des considérations sociales et économiques dirigeront le choix de la localisation géographique de la mare, en fonction des opportunités et des contraintes rencontrées.

Voici quelques conditions clés à considérer pour une installation durable de milieux aquatiques :

- **L'histoire du paysage**, de ses usages et usagers, et des valeurs associées à leur patrimoine naturel et culturel.
- **La participation des divers usagers** du futur milieu aquatique, pour valoriser ses divers services et gérer d'éventuels conflits d'usages, et pour contribuer activement à l'observation de l'adaptation de la biodiversité aux changements climatiques.
- **Le cadre institutionnel** régissant les affectations, les droits d'usages et la protection de la nature du lieu de création ou de restauration du milieu aquatique.
- **L'identification des opportunités de financement**, impliquant divers partenaires, privés, publics, collectifs et associatifs.

L'histoire de la dynamique du paysage

Le paysage a profondément évolué durant les trois derniers siècles, avec notamment le drainage ou le remblayage de 90% des zones humides. Ce constat dressé pour l'étage collinéen et montagnard est en partie aussi valable pour l'étage alpin, même s'il y est moins prononcé. Une priorité du 21^{ème} siècle consiste alors en la renaturation et en la reconstruction d'une partie de ces milieux disparus. Une étude cartographique diachronique permet donc d'identifier les sites propices pour une restauration des mares et des étangs disparus. Une restauration, si elle concerne un milieu disparu, peut potentiellement fédérer les acteurs du territoire autour des divers services que rendent ces écosystèmes, dont les valeurs paysagères et patrimoniales des lieux.



Visite avec les acteurs du territoire de sites potentiels pouvant accueillir un nouveau milieu aquatique (Isérables, VS).

Exemple d'un plan d'eau multi-usages : le Gollié d'Arbey à Evolène, VS (1760 m)

L'objectif principal de cet étang était à l'origine paysager et surtout agricole (abreuvoir à bétail). Cet étang a été restauré en 2004. Il rend aujourd'hui plusieurs services écosystémiques de valeurs socio-économiques :

- ✓ Abreuvement du bétail et de la faune sauvage
- ✓ Tourisme estival (randonneurs)
- ✓ Détente des habitants (promeneurs)
- ✓ Pédagogie (sortie des écoles)



La participation des divers usagers : identifier les conflits d'usage et les opportunités de valorisation

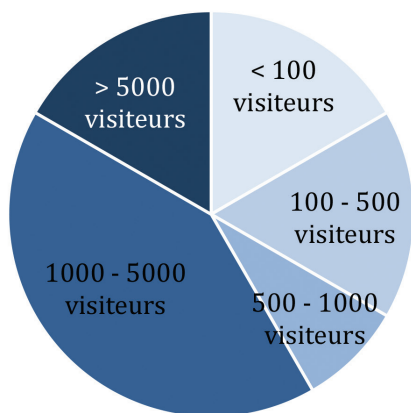
La consultation des acteurs du territoire doit se faire le plus tôt possible pour trouver un consensus sur un aménagement qui corresponde aux différents intérêts. Il s'agit d'intégrer dans ce processus le canton, la commune, diverses associations locales et régionales, les propriétaires dont les bourgeoisies, les exploitants et les divers gestionnaires et usagers du site concerné. Suivant la localisation, d'autres acteurs seront aussi intégrés : écoles, musées, entreprises et offices du tourisme.

Des conflits peuvent surgir lorsque certains usages et valeurs associés sont perçus comme non ou peu compatibles. Par exemple, pour des petits milieux aquatiques d'altitude, des loisirs de pêche et de baignade sont parfois incompatibles avec d'autres usages. Mais relevons que le tourisme hivernal (ski, promenades en raquettes) n'est généralement pas affecté par la présence d'un plan d'eau. Les contraintes liées à des usages pastoraux ou hydrauliques alentours doivent aussi être pris en compte afin de minimiser d'éventuels conflits.

Un plan d'eau peut rendre de multiples services en plus de constituer un habitat pour la biodiversité. D'autres usages sont compatibles avec le développement de la biodiversité et constituent même une opportunité pour faciliter voire financer la réalisation du projet. Un plan d'eau constitue une réserve d'eau qui permet d'abreuver le bétail, de fournir une protection contre les incendies, d'irriguer les pâturages, d'offrir un biotope pour la biodiversité et d'embellir le paysage. C'est aussi une halte agréant les excursions des promeneurs estivaux et un lieu d'observation de la nature privilégié pour l'éducation à l'environnement de divers publics.

Un plan d'eau alpin : un atout touristique !

La valeur touristique des plans d'eau alpins est non négligeable : pour beaucoup, la fréquentation annuelle s'élève à plus de 1000 visiteurs.



Estimation de la fréquentation annuelle des plans d'eau, réalisée par une sélection de gestionnaires ou propriétaires de plans d'eau (canton du Valais).

Et l'intérêt d'un tourisme scientifique, tant pour les écoles que pour les visiteurs et habitants des lieux amateurs d'observation de la nature, constitue une offre attractive pour les plans d'eau alpins, avec le support des nouvelles technologies de l'information.

La prise en compte du cadre institutionnel

Les règles d'affectation du sol et de la protection de la nature (forêt, eau et diverses espèces) doivent être prises en compte dans le choix des emplacements pour créer de nouveaux milieux aquatiques. Parmi ces règles, il y a les divers types de protections fédérales ou cantonales (par exemple, les périmètres de protection des sources, les ordonnances sur les hauts et bas marais, les zones alluviales, les inventaires des paysages, des sites et des monuments) et aussi celles définies par les institutions locales.

Téléphériques et plans d'eau peuvent faire bon ménage !



Le pâturage de Balavaux, et son téléphérique, accueille depuis 2016 un nouveau plan d'eau. Ce type de milieu naturel est compatible avec beaucoup d'activités. C'est un atout à mettre en œuvre pour la création de ces milieux de vie alpins.

En effet, il est particulièrement important de prendre en compte les acteurs et institutions du lieu, à l'échelle communale ou de l'unité de gestion - de propriété ou d'usage du territoire - pour que les étangs créés ou restaurés valorisent le patrimoine local et pour que les acteurs du lieu soient motivés à s'investir.

L'identification des opportunités de financement

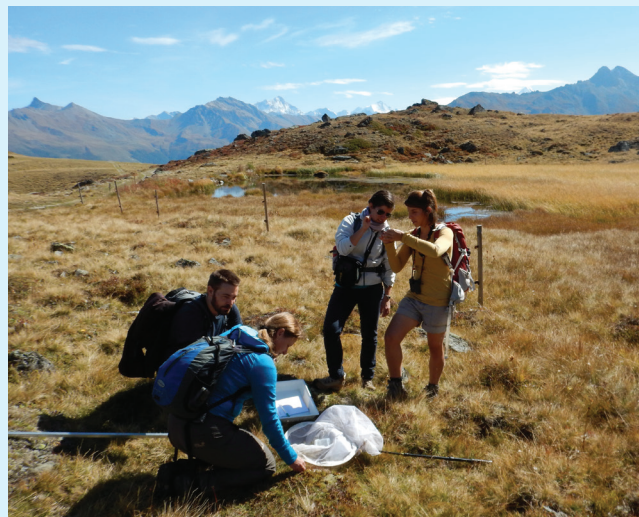
Divers financements peuvent être sollicités et peuvent potentiellement apporter une contribution au budget d'un projet. Les partenaires financiers peuvent comprendre diverses fondations, les autorités cantonales ou communales, des associations, des entreprises et des centres de formation / recherche. Dans les Alpes valaisannes, de nombreux étangs ont été créés dans le cadre de compensation à des projets de développement (hydraulique, touristique). Mais d'autres actions de renaturation ont aussi été engagées sur la base de l'initiative propre aux acteurs du territoire.

Assurer la durabilité du projet

La prise en compte des conditions socio-économiques et culturelles favorisera l'acceptation du projet par les usagers et son appropriation en impliquant aussi les institutions locales. La gestion durable des milieux créés ou restaurés à plus long terme sera ainsi stimulée par l'implication des acteurs du territoire les plus proches des milieux aquatiques, tant dans la gestion des ressources naturelles, que dans le partage des connaissances, des expériences et des observations à propos de la biodiversité et de son adaptation aux changements climatiques.

Valorisation pédagogique

Un petit plan d'eau alpin est un écosystème bien délimité dans l'espace, hébergeant une communauté de vie (flore, faune) souvent assez simple. Ce type de biotope offre alors une excellente opportunité de valorisation pédagogique pour divers publics : écoliers, étudiants, touristes, promeneurs.



Les étudiants en Master Life Sciences de la HES-SO développent chaque année un projet d'étude en relation avec les plans d'eau alpins. Ils sont ici en train de réaliser un inventaire faunistique sur une mare alpine (VS).

Localisation de la mare ou de l'étang : éléments géographiques et écologiques

Une altitude de 2000 à 2400 m

Pour être efficace comme habitat pour les espèces boréo-alpines menacées par le réchauffement, le nouveau plan d'eau doit se situer à une altitude suffisamment élevée. Ceci d'une part pour offrir aux espèces boréo-alpines de nouveaux habitats caractérisés par des températures froides, et d'autre part pour éviter sa colonisation par des espèces de plaine (en migration vers des altitudes plus élevées), compétitrices des espèces boréo-alpines.

En se basant sur les distributions actuelles des libellules boréo-alpines (Oertli 2010) et sur la présence de plantes et de coléoptères dans les plans d'eau restaurés des Alpes suisses, il s'avère souhaitable de créer de nouveaux plans d'eau dans la tranche altitudinale de 2000 à 2400 m. En dessous, les plans d'eau seraient trop abondamment colonisés par les espèces de plaine. En dessus, certaines espèces boréo-alpines (notamment les odonates) seraient absentes.

Cette tranche altitudinale est proposée pour les Alpes du Sud de la Suisse. Elle peut être diminuée de 200 m (1800 à 2200 m) pour les Alpes du Nord.



Distribution altitudinale en Suisse d'une espèce de libellule boréo-alpine : l'aeschna des joncs (*Aeshna juncea*)



<i>Aeshna juncea</i>	
2000–2500 m	23%
1500–2000 m	47%
1000–1500 m	18%
500–1000 m	11%
250–500 m	2%
n = 785	

D'après Oertli 2010

Cette distribution altitudinale, basée sur des données observées entre 1990 et 2002 (données de Info-Fauna), est aujourd'hui en « glissement » vers des altitudes plus élevées. Les habitats privilégiés par cette espèce se situent actuellement en majorité entre 1500 et 2000 m ; dans une centaine d'années ils seraient au-dessus de 2000 m.

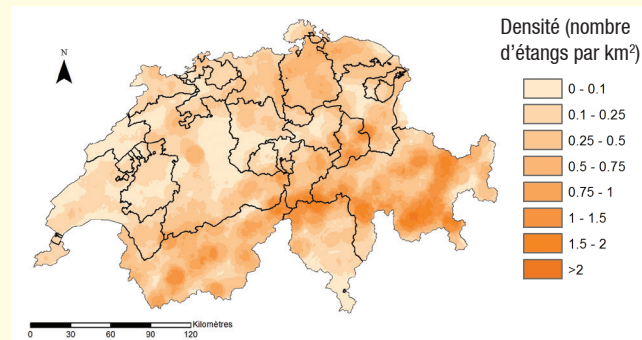
Densité régionale de plans d'eau

La densité de plans d'eau présents dans une région sélectionnée doit être suffisante pour permettre la colonisation d'une nouvelle mare par la flore et la faune. La densité moyenne suisse (environ 1 plan d'eau par km²) est suffisante pour beaucoup d'espèces, si les plans d'eau déjà présents dans l'environnement hébergent bien les espèces cibles. Cette dernière information peut être obtenue auprès de naturalistes locaux, auprès des centres nationaux de gestion de données faunistiques et floristiques (InfoFlora-InfoFauna), ou alors par des prospections sur le terrain.



Densité de petits plans d'eau en Suisse

Les petits plans d'eau regroupent les mares (surface < 5000 m²) les étangs (de 5000 m² à 5 ha) et les petits lacs (5 à 10 ha). La densité moyenne en Suisse est d'environ 1 mare ou étang par km² (Oertli & Frossard 2013). Leur répartition est toutefois hétérogène, et la carte ci-dessous souligne des zones plus ou moins denses. Les Alpes sont ainsi caractérisées par d'assez fortes densités de petits plans d'eau.



Deux stratégies diamétralement opposées, mais toutes deux cohérentes, peuvent être appliquées lors du choix de la localisation du nouveau plan d'eau.

1. Objectif d'accroissement de la taille d'une ou plusieurs populations des espèces cibles. Dans ce cas, on choisira un emplacement à proximité d'étangs sources, dans une zone à forte densité de plans d'eau. Le plan d'eau créé sera très rapidement colonisé par les espèces cibles.
2. Objectif de densification en mares et étangs d'une région pauvre en plans d'eau. Dans ce cas, l'impact sera très positif sur les espèces cibles, mais celles-ci tarderont vraisemblablement à coloniser le milieu.

Contraintes physiques, géologiques et pédologiques

La localisation tiendra également compte de contraintes liées à l'imperméabilité du sol et à la topographie (notamment la pente du terrain). Un emplacement « historique », où il existait déjà un plan d'eau ou une zone humide, constitue alors un label de réussite. Dans un cas contraire, des informations devront être réunies sur la possibilité du terrain à maintenir de l'eau durant quelques mois. Des solutions artificielles existent (cf. pose d'une bâche ou d'un substrat étanche), mais sont onéreuses. De plus, ce type de plan d'eau « artificiel » aura un fonctionnement potentiellement différent de celui d'un milieu naturel, car la végétation aura du mal à s'enraciner dans le substrat.

Localisation de la mare : occupation du sol

Eviter de détruire des valeurs naturelles existantes !

L'emplacement choisi ne devra pas héberger des valeurs naturelles (espèces, habitats) dignes de conservation. Ceci concerne également le bassin versant, dont le fonctionnement hydrique ne doit pas être altéré. Il est particulièrement important de ne pas drainer des marais, de ne pas altérer la continuité d'un ruisseau et de protéger les sources.

Si le projet se situe dans un marais (en voie d'atterrissement), il est important de conserver celui-ci car il abrite généralement une biodiversité de valeur. Il est alors souhaitable de compléter le marais en l'élargissant par la création d'une zone d'eau libre (mare ou étang) en bordure.

Le paysage alpin est favorable aux déplacements des espèces

La nature de l'occupation du sol dans l'environnement immédiat du plan d'eau (à 100 m), ou dans son environnement plus large (à 5 km), ou encore dans son bassin versant, est souvent d'une importance minime en altitude, où les paysages sont moins diversifiés qu'en plaine, et où il y a moins d'obstacles liés à l'urbanisation.

La structure du paysage inclut majoritairement des prairies, des forêts et des rochers à l'étage subalpin, et se simplifie dans l'étage alpin avec la disparition de la forêt. Ce paysage alpin est donc potentiellement favorable à la dispersion des organismes et à leurs déplacements entre les plans d'eau, puisqu'il y a peu d'obstacles. La topographie potentiellement accidentée et la météorologie (vents) sont probablement ici les principaux facteurs influençant les organismes dans leurs déplacements.



La mare d'Arbä (Wiler, VS ; altitude de 2000 m), comme beaucoup de mares alpines, est située dans un environnement uniforme et faiblement structuré

Cette mare de 24 m² est âgée de 10 ans et est issue d'une action de restauration (recreusement). Elle est située dans un paysage dominé par des prairies. Ce type de paysage est aisément traversé par la biodiversité apte à se déplacer activement (libellules et autres insectes) ou passivement (cf. graines de plantes).



Les « anisoptères » : des libellules avec un très fort potentiel de colonisation

Les anisoptères constituent un des deux sous-ordres des libellules ; leur corps particulièrement vigoureux les rend aptes à voler sur de longues distances. On observe d'ailleurs des déplacements de certaines espèces sur des milliers de kilomètres entre différents continents. On comprend alors aisément que ces anisoptères (et leurs représentants boréo-alpins), puissent facilement traverser des paysages sans obstacle sur plusieurs kilomètres...



L'aeschna des joncs est un anisoptère boréo-alpin, et peut aisément voler sur plusieurs kilomètres à travers les paysages alpins pour coloniser de nouveaux habitats. Photo : © C. Ruchet



Les linaigrettes : autant en emporte le vent...

Les plantes aquatiques reposent sur un pouvoir de dispersion passif, et elles sont donc dépendantes d'un transporteur de leurs « propagules » (graine ou fragment de plante) : ce « véhicule » peut être l'eau, un animal ou les chaussures d'un promeneur... Le vent joue aussi un rôle clé dans la dispersion (intitulée alors « anémochore »), notamment pour les graines pourvues de longues soies. C'est le cas des linaigrettes et de deux espèces boréo-alpines : la linaigrette à feuilles étroites (*Eriophorum angustifolium*) et la linaigrette de Scheuchzer (*E. scheuchzeri*).



La linaigrette à feuilles étroites (*Eriophorum angustifolium*), étangs des Essertse ; Hérémence VS ; altitude de 2350 m).

La surface de la mare

Une grande surface favorise les libellules

La surface en eau libre d'une mare est un paramètre favorisant positivement la richesse en libellules boréo-alpines. Comme en plaine, plus la mare alpine est grande, plus le nombre d'espèces de libellules sera potentiellement important.

Des petites mares peuvent être très riches

Relevons toutefois que les peuplements de plantes et de coléoptères boréo-alpins peuvent être diversifiés dans des petites mares. Les petites mares peuvent en effet héberger une biodiversité boréo-alpine très importante. Ceci d'autant plus quand elles sont en réseau, chacune apportant une contribution à la biodiversité régionale.



Exemple de grande mare riche en espèces boréo-alpines : la mare d'alpage Grand Clé de Château d'Oex, VD (altitude de 1800 m)

Ce plan d'eau est âgé de 9 ans et est issu d'une action de restauration (recreusement). Il est d'une surface relativement grande (1000 m²) et héberge les deux espèces de libellules boréo-alpines, l'aesche des joncs (*Aeshna juncea*) et l'agrion hasté (*Coenagrion hastulatum*). La population de l'aesche des joncs y est particulièrement importante.



L'aesche des joncs



L'agrion hasté

Photos: © A. Jaquet



Exemple de petite mare riche en espèces boréo-alpines : la mare de Leysin, VD (altitude de 1905 m)

Cette mare est âgée de 7 ans et est issue d'une action de création de mare, proche d'un bassin de rétention pour la production de neige artificielle. Elle est d'une surface très petite (15 m²), mais héberge 5 espèces boréo-alpines.



Trois espèces de plantes aquatiques y sont répandues: la laïche brune (*Carex nigra*), le jonc filiforme (*Juncus filiformis*) et l'épilobe penché (*Epilobium nutans*).



Carex nigra



Juncus filiformis

Deux coléoptères aquatiques sont abondants dans cette mare : *Hydroporus foveolatus* et *Stictotarsus griseostriatus*.



Hydroporus foveolatus



Stictotarsus griseostriatus

Favoriser des réseaux avec des mares et étangs de tailles différentes

En conclusion, il est important que des mares et étangs de toutes tailles soient représentés dans un réseau de plans d'eau. Chaque plan d'eau apporte une contribution souvent unique à la biodiversité régionale.

C'est alors souvent l'inventaire régional des plans d'eau existants qui orientera sur le choix de la taille d'une nouvelle réalisation. On peut par exemple choisir de réaliser un grand plan d'eau dans une région riche en petits plans d'eau ou au contraire planifier plusieurs petits milieux dans une région riche en grands plans d'eau.

La permanence de l'eau

Certaines mares alpines s'assèchent en été. Ceci peut être lié à l'abaissement du niveau de la nappe sur un substrat de type karstique, ou encore à l'évaporation estivale affectant un milieu de faible volume (et de faible profondeur).

Contrairement à un mythe largement répandu, l'assèchement n'est pas un drame pour la biodiversité. La communauté d'un plan d'eau temporaire est différente de celle d'un plan d'eau permanent, et elle est loin d'être inintéressante. Si d'un côté le nombre d'espèces est généralement plus faible dans ces milieux temporaires, d'un autre côté leurs communautés sont souvent caractérisées par des espèces bien particulières, ayant des traits écologiques adaptés à l'assèchement. On y rencontre par exemple :

- des crustacés (cladocères, copépodes, branchiopodes) dont les œufs supportent des longues sècheresses ;
- des larves de libellules (comme les lestes) dont le cycle de vie est adapté à une absence temporaire de l'eau ;
- des larves de chironomides, issues des œufs pondus par des adultes provenant des plans d'eau voisins et caractérisés par une efficacité de colonisation très grande ;
- des adultes aquatiques ailés de coléoptères et hétéroptères provenant des milieux permanents voisins.



Deux habitants typiques des mares temporaires

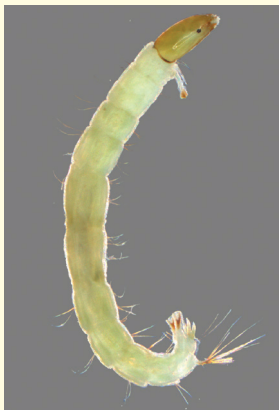
► Le leste dryade (*Lestes dryas*)



Cette libellule est rare et menacée. Elle est spécialiste des mares temporaires et peut être rencontrée jusqu'à une altitude de 2000 m. Les œufs sont pondus à la fin août dans un support végétal terrestre (laïches ou joncs) où ils n'éclosent qu'à la fin du printemps suivant. Les larves tombent alors dans l'eau où elles se développent en 2-3 mois. L'émergence des adultes, début juillet, précède donc l'assèchement estival du milieu. La présence de l'eau est uniquement nécessaire d'avril à juillet, pour la vie larvaire.

Photo : © D. Leclerc

► Les chironomides



Les larves de ces diptères sont souvent présentes en grands nombres dans les plans d'eau temporaires. Ces larves sont issues des pontes des adultes (des moucheron) qui proviennent de plans d'eau permanents voisins. Ces espèces ne sont pour la plupart pas des spécialistes des eaux temporaires, mais plutôt des généralistes des milieux aquatiques avec un bon pouvoir de dispersion et de colonisation.

Des conditions de vie sévères

Outre une présence de l'eau éphémère, les communautés de vie doivent aussi faire face à d'autres contraintes sévères. En effet, les fluctuations des volumes d'eau s'accompagnent de fortes variations des conditions chimiques et physiques. En été, la température peut ainsi facilement fluctuer de 30°C entre le jour et la nuit. Les températures sont alors soit en dessus, soit en dessous de l'optimum thermique de croissance de beaucoup d'organismes. La conductivité de l'eau (la concentration en ions dissous) peut aussi fortement augmenter s'il y a une évaporation de l'eau.



Certaines mares alpines s'assèchent en quelques jours...

Cette mare alpine (Parc National Suisse, GR, 2800 m) est alimentée par une nappe phréatique. Elle peut ainsi s'assécher rapidement sous l'influence du battement de la nappe, comme le démontrent les 2 photographies ci-dessous, prises à un intervalle de 8 jours, entre le 17 et le 25 juillet (en 2007).

La résilience de la masse d'eau de cette mare est très faible : la température de l'eau fluctue énormément. Les extrêmes mesurés durant une même journée varient de 6 à 18°C.



L'âge de la mare

Un plan d'eau nouvellement créé va être colonisé par la faune et la flore. Ce processus de colonisation dépend des autres milieux aquatiques (mares, étangs, lacs, marais) à proximité, qui constituent les sources de dispersion de la flore et de la faune.

Une colonisation très rapide par la flore et la faune

Le processus de colonisation est très rapide, et les premières espèces boréo-alpines apparaissent souvent dès les premières heures de la mise en eau du milieu aquatique. Après 5 années d'existence, 80% des plans d'eau nouvellement créés hébergent déjà au moins une espèce boréo-alpine.



Une expérience démontrant la rapidité de la colonisation par les espèces boréo-alpines

Les chercheurs de hepia-Genève ont « mimé » la présence d'un nouveau plan d'eau en étendant une bâche noire sur un alpage (Isérables, altitude de 2200 m), lors d'une journée ensoleillée de l'été. Déjà après quelques heures, les premiers colons aquatiques (incluant des espèces boréo-alpines) atterrirent sur cette surface noire ! Des coléoptères aquatiques, des libellules, des plécoptères et des corises ont ainsi été piégés par ce leurre aquatique.

Pourtant, les milieux aquatiques « sources » les plus proches se situaient à plus de 1 km. Cette petite expérience démontre la rapidité du processus de colonisation, notamment par les colons pionniers capables de se déplacer activement (par le vol).



Cette bâche noire reflète le soleil et constitue un leurre pour les colons aquatiques... Nombre d'entre eux se sont fait piéger déjà quelques heures après la mise en place de cette bâche.

La colonisation dépend de la proximité des milieux sources et de la capacité des organismes à se disperser dans le paysage

Comme déjà indiqué dans les pages précédentes, la proximité de milieux sources est bien entendu un facteur accélérant considérablement l'arrivée de colons. Certains de ces derniers sont toutefois à même de parcourir de grandes distances (plusieurs km) dans le paysage alpin.

Le rôle central des marais

Les bas- et hauts-marais jouent ici un rôle crucial, car ils abritent les populations des espèces qui vont coloniser les mares et étangs. Les populations y sont de très grande taille : elles peuvent ainsi assurer la colonisation d'un nouveau milieu et aussi le repeuplement d'une mare et d'un étang ayant subi une perturbation.



Vitesse de colonisation par les espèces boréo-alpines

Les colons les plus rapides à coloniser un nouveau milieu sont des colons actifs. Les libellules et les coléoptères (colons actifs, capables de voler) apparaissent donc bien plus vite que les plantes aquatiques (colons passifs).

Après 10 ans d'existence, un nouveau milieu est généralement déjà habité par deux espèces boréo-alpines, incluant une espèce de plante et une espèce de libellule ou de coléoptère.

Les richesses en espèces boréo-alpines sont toutefois logiquement faibles, et après 40 ans, on rencontre en moyenne moins d'une espèce de coléoptère ou de libellule. En effet, le pool régional d'espèces boréo-alpines est petit (voir section « Les espèces « cibles » et « parapluies » de la biodiversité aquatique alpine »). De plus, un petit plan d'eau n'apporte habituellement à lui seul qu'une contribution faible à la biodiversité régionale. C'est collectivement, de par les réseaux qu'ils constituent, que les mares et étangs contribuent à une plus forte richesse régionale.



Courbes de colonisation d'un plan d'eau alpin nouvellement créé par les espèces boréo-alpines : plantes aquatiques (ligne verte), libellules (ligne rouge), coléoptères aquatiques (ligne pointillée noire), et les trois groupes réunis (ligne brune).



Certaines espèces animales dépendent de la végétation...

Si certaines espèces (dénommées pionnières) colonisent un plan d'eau dès ses premiers jours, d'autres espèces sont typiques de stades avancés et ne colonisent que les plans d'eau déjà mûrs et caractérisés par la présence de végétation en abondance. C'est par exemple le cas de la cordulie alpestre, une espèce de libellule boréo-alpine, rencontrée auprès de milieux aquatiques bien végétalisés, comme les plans d'eau de tourbières.

La cordulie alpestre (*Somatochlora alpestris*), une libellule associée aux milieux largement colonisés par la végétation et donc déjà âgés. Photo: © H. Wildermuth



Les rives et les habitats

La configuration des rives constitue le principal facteur de succès de la réalisation d'un plan d'eau destiné à l'accueil de la biodiversité. En effet, les rives offrent potentiellement une très grande quantité d'habitats, colonisables par la flore et la faune.

Design et morphométrie des rives

Exemples de structures participant à la diversification morphologique d'un nouvel aménagement de mare ou d'étang.

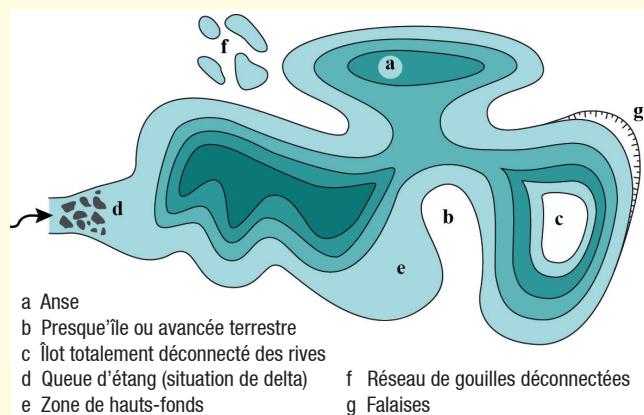


Figure : © Oertli & Frossard 2013

Diversifier les habitats des rives

Les habitats des rives seront naturellement diversifiés si leur configuration permet la colonisation par la végétation aquatique. Il est aussi possible d'augmenter artificiellement cette diversité des habitats, en ajoutant des structures minérales (accumulations de cailloux ou de rochers) ou en bois (tronc d'arbre, souche).



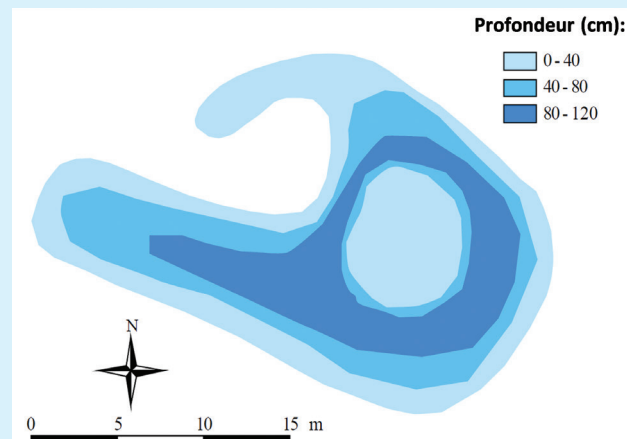
Les accumulations de cailloux ou de bois diversifient les habitats de la rive de cette jeune mare (Bruson ; Bagnes VS, 1950 m).

Le piétinement des rives

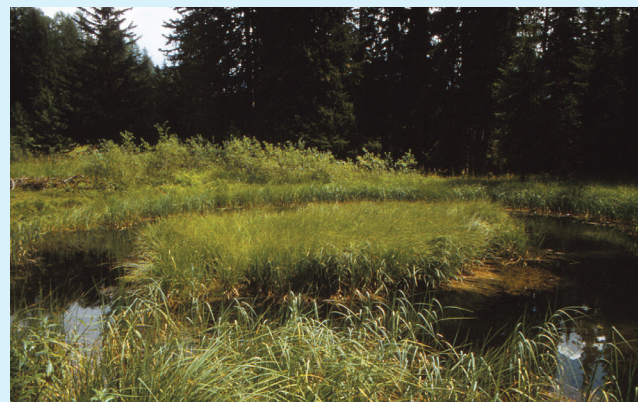
L'accès aux rives par les promeneurs ou le bétail peut entraîner un piétinement de la végétation aquatique des rives et une banalisation de celles-ci. Ce type de pression, s'il reste ponctuel, est compatible avec la présence d'une biodiversité diversifiée. Il peut la favoriser en créant des habitats supplémentaires. En revanche, si le piétinement est intensif et s'il affecte la totalité du linéaire des rives, il est alors important de prendre des mesures préventives, comme la pose d'obstacle (petite bute, rochers ou barrière) protégeant une partie des rives. Une bute peut être créée en réutilisant le matériel excavé lors du creusement de la mare.

La mare « Lais da Pesch » (Ftan, GR ; altitude : 1750 m) : des rives particulièrement accueillantes pour la biodiversité.

Cette petite mare (110 m²), âgée de 21 ans résulte du creusement d'une zone humide atterrie. La rive présente un développement particulièrement élevé, en relation notamment avec la présence d'une presque-île. Les profondeurs sont variables, et le haut-fond permet la présence d'un îlot de laïches.



Ce fort découpage des rives couplé à leur pente assez faible a permis l'installation d'une ceinture de végétation aquatique des rives (*Carex rostrata*, *C. nigra*, *Equisetum* sp.).



Cette mare accueille plusieurs espèces boréo-alpines, dont la laïche brune (*Carex nigra*), l'aesche des joncs (*Aeshna juncea*), la cordulie alpestre (*Somatochlora alpestris*) et le coléoptère *Hydroporus memnonius*.



La pose de simples barrières peut éviter une pression sur les rives qui dégraderait la ceinture de végétation aquatique.

La qualité de l'eau

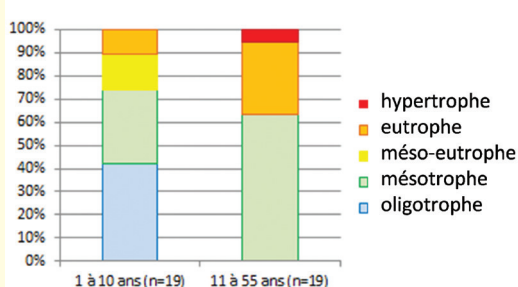
En haute altitude, la qualité de l'eau peut potentiellement rester très bonne durant des centaines d'années. La qualité de l'eau n'y est problématique que dans les cas de pollutions (ruissellement, apport direct, transport aérien).

Eutrophisation des eaux

L'eutrophisation des eaux est un processus naturel incontournable pour la majorité des plans d'eau de plaine, dès déjà leurs premières années d'existence. C'est souvent aussi le cas à l'étage subalpin, particulièrement en forêt (en relation avec l'apport de litière forestière et d'autre matière organique). Plus en altitude, à l'étage alpin ou nival, ce n'est pas le cas, et un plan d'eau peut rester longtemps oligotrophe.

L'eau d'une jeune mare subalpine ou alpine est de bonne qualité

La qualité des eaux d'un plan d'eau nouvellement créé à l'étage subalpin ou alpin est bonne. Ainsi les plans d'eau âgés de moins de 10 ans sont en majorité oligotrophes ou mésotrophes. La qualité de l'eau reste assez bonne sur le moyen terme, et les plans d'eau âgés entre 11 et 55 ans sont à 60% mésotrophes.



Niveau trophique de 38 jeunes plans d'eau subalpins ou alpins, âgés de moins de 10 ans (colonne de gauche) ou entre 11 et 55 ans (colonne de droite).

Relevons que ce constat n'est pas valable en plaine, où une nouvelle mare atteint généralement le niveau eutrophe déjà durant sa première année d'existence.

Comment prévenir l'eutrophisation?

L'eutrophisation n'affectera pas un étang alpin s'il n'y a pas d'apports de matière organique allochtone. Les sources liées aux activités humaines doivent donc être absentes dans le bassin versant (cf. reposoir à bétail, effluent sauvage). Les apports directs doivent aussi être évités (fréquentation excessive par le bétail, nourriture pour poissons). À l'étage subalpin, l'eutrophisation est toutefois difficilement maîtrisable, souvent en relation avec la présence de forêts (et l'apport direct de feuilles mortes ou de matière organique par ruissellement).

Relevons toutefois qu'un niveau trophique élevé (niveau hypertrophe) est rarement rencontré en altitude et qu'il n'y entraîne pas de conséquences négatives pour le maintien de la biodiversité régionale. Un plan d'eau hypertrophe est surtout problématique au niveau social, car l'eau est colorée et putride, non appréciée des promeneurs. D'autre part, l'eau peut aussi s'avérer impropre à la consommation par le bétail.



La mare du Bas-Marais de l'Arête de Berroi (Champéry, VS) : naturellement eutrophe et habitat de la biodiversité

Cette petite mare subalpine (25 m²) âgée de 6 ans est eutrophe. L'eutrophisation est probablement naturelle et liée à l'altitude relativement faible (1700 m), avec alors un environnement densément végétalisé avec beaucoup d'arbres. L'apport de la matière organique allochtone (feuilles mortes) peut rapidement eutrophiser un petit volume d'eau.



Cette mare est un habitat de deux espèces de plantes aquatiques boréo-alpines : la linaigrette à feuilles étroites (*Eriophorum angustifolium*) et la laïche brune (*Carex nigra*).

Les pluies acides

Les pluies sont naturellement acides, mais elles le sont encore plus sous l'influence de pollutions aériennes. Elles peuvent alors fortement acidifier les plans d'eau situés sur un socle cristallin. C'est le cas dans certaines parties des Alpes (cf. Tessin, Grisons, Valais).

Une forte acidité (pH < 5.5) cause la diminution de la diversité des organismes aquatiques, et notamment de ceux qui dépendent de la présence de calcaire (certains mollusques et crustacés). Ces mares et étangs acides sont plus pauvres en espèces ; ils hébergent alors une flore et une faune tolérante à l'acidité, mais peuvent aussi accueillir des espèces boréo-alpines.



Les mares et étangs acides hébergent aussi la biodiversité

Ces plans d'eau de Wielerribe (Fiesch VS, altitude 2360 m) ont été creusés il y a 17 ans. L'eau est nettement acide (pH de 5.5), en relation avec les pluies et le substrat cristallin de la région.



Ces plans d'eau hébergent deux espèces de plantes boréo-alpines : la linaigrette à feuilles étroites (*Eriophorum angustifolium*) et la laïche brune (*Carex nigra*).

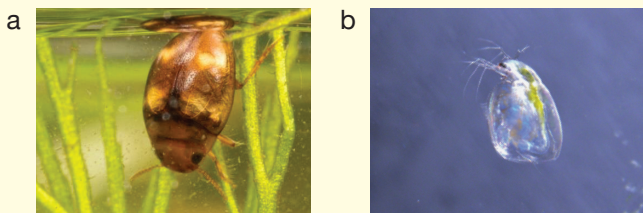
Les poissons

En plaine, les poissons sont les prédateurs typiques se situant au sommet des pyramides alimentaires des mares et étangs. A l'étage alpin, les poissons sont naturellement absents de la plupart des plans d'eau isolés, à cause des barrières terrestres de dispersion. Ils sont toutefois présents dans nombre de lacs, et résultent de l'introduction par l'homme, motivée généralement par les activités de pêche. Ce sont souvent des espèces exotiques qui sont introduites, telle la truite des lacs canadiens (*Salvelinus namaycush*) et la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*), originaires d'Amérique du Nord. Les mares et étangs sont souvent aussi sujets à l'introduction de ces espèces.

Les poissons peuvent exercer une pression très forte sur la biodiversité d'un petit plan d'eau alpin. Les espèces les plus impactées sont celles qui se déplacent dans la colonne d'eau, et qui sont alors sujettes à la pression de prédation. Cela concerne tout particulièrement les espèces de grande taille du zooplancton (cf. puces d'eau ou daphnies), les coléoptères, les punaises d'eau (corises), et les amphibiens (notamment les têtards). D'autres espèces, qui ne s'enfoncent pas dans les sédiments, sont aussi fortement impactées : les portes-bois (trichoptères) et les éphéméroptères. Relevons aussi que cet impact négatif sur les larves d'insectes se traduit par des conséquences négatives sur l'écosystème terrestre voisin : les oiseaux se trouvent privés de leur part de nourriture reposant sur les stades adultes ailés.

Les déplacements dans la colonne d'eau : une activité périlleuse sujette à la prédation par les poissons

Beaucoup d'espèces d'invertébrés sont présentes dans la colonne d'eau libre des mares et étangs. Elles s'y déplacent passivement ou activement. Ce comportement les rend visibles des poissons et en conséquence les expose à leur prédation.



Les coléoptères aquatiques (photo « a ») viennent souvent à la surface pour capturer une bulle d'air sous leurs ailes/élitres leur permettant de respirer. Ils parcourent alors régulièrement la colonne d'eau.

Photo: © F. Nimal

Les daphnies (photo « b »), comme les autres représentants du zooplancton, vivent en permanence en suspension dans l'eau. Elles constituent la principale alimentation de certaines espèces de poissons.

Des conditions de vie hostiles aux poissons

Les mares et étangs alpins offrent des conditions de vie très défavorables aux poissons, par manque de nourriture ou d'oxygène. Les plans d'eau alpins sont généralement peu productifs, pauvres en nutriments (oligotrophes ou mésotrophes), et la disponibilité en nourriture est alors faible pour les poissons. Ceux-ci deviennent faméliques et peuvent présenter une morphologie atypique. Et quand les milieux aquatiques sont plus riches en nutriments (eutrophes), l'oxygène manque en hiver quand le plan d'eau est gelé, un état conduisant parfois à la mortalité des poissons...

Quand les poissons cohabitent avec la biodiversité...

Après déjà 15 années d'existence, la mare (1100 m²) du Golf Club de Villars (Ollon, VD ; altitude : 1610 m) est déjà habitée par les poissons.



Photo : © A. Jaquet

La densité de poissons est toutefois raisonnable et compatible avec le maintien d'une biodiversité. Cette mare est ainsi habitée par beaucoup d'espèces, incluant des amphibiens, des coléoptères, des libellules et d'autres invertébrés. On y relève la présence de l'aesche des joncs (libellule boréo-alpine).

Des poissons faméliques...

Les poissons ne trouvent souvent que peu de nourriture dans les plans d'eau alpins. Le zooplancton est peu abondant, ainsi que les larves d'insectes. De plus, les densités de poissons déversées artificiellement sont beaucoup trop grandes par rapport à cette faible quantité de proies.



Le corps de ces poissons pêchés dans des plans d'eau alpins sont anormalement allongés et étroits, traduisant une sous-alimentation. En haut: truite d'un petit plan d'eau du Parc National suisse. Photo © P. Rey. En bas: brochet d'un plan d'eau des Alpes Vaudoises.

Comment éliminer les poissons d'un plan d'eau ?

Généralement, les poissons sont éliminés par des pêches aux filets. Cette mesure peut être assez efficace, et les invertébrés recolonisent le milieu en quelques années, en particulier les insectes dont les adultes sont ailés. Pour des plus petits plans d'eau, l'élimination des poissons peut être réalisée par pêche électrique. Une autre mesure plus radicale consiste en l'assèchement du plan d'eau, à réaliser en automne ; les précipitations de l'hiver remettront le milieu en eau avant le printemps.

Ces mesures de gestion sont toutefois complexes et très lourdes à mettre en place. Il est nettement préférable d'agir à la source en évitant les introductions de poissons (par exemple par une information ciblée sur les usagers).

Faut-il gérer ou entretenir le nouveau plan d'eau ?

Que faire après la création du plan d'eau ? Faut-il le laisser évoluer ou faut-il intervenir et l'entretenir ?

La biodiversité

Concernant la biodiversité, il n'est généralement pas nécessaire d'intervenir durant les premières années. Les espèces vont coloniser le milieu naturellement et assez rapidement (voir la section « *L'âge de la mare* »). On assiste alors parfois à des pullulations d'espèces (algues, punaises aquatiques, escargots) qui ont bénéficié d'un espace libre de compétiteurs. De nouvelles espèces vont toutefois s'installer et un équilibre s'établira en quelques années.

Il est toutefois intéressant de connaître les espèces composant la communauté biologique, d'une part pour mesurer le succès de la réalisation et d'autre part pour permettre des actions de communication vers le grand public. Un simple suivi (diagnostic écologique) peut alors être mis en place (et confié par exemple à un bureau d'étude local).

Préoccupations des acteurs locaux

Des interviews des acteurs locaux ont mis en évidence leurs préoccupations, concernant quatre aspects : les fluctuations du niveau de l'eau (et l'étanchéité), les impacts des activités et des infrastructures des environs (salage, pistes de ski), la sédimentation (liée à l'eutrophisation ou à l'apport de sédiments), les pressions liées à une trop forte fréquentation (vandalisme, piétinement, déchets).

Fluctuations du niveau de l'eau et étanchéité du plan d'eau

Les fluctuations du niveau de l'eau sont liées à la pluviométrie et à l'évaporation. En conséquence, la diminution du niveau d'eau est généralement importante en été, avec un marnage des rives de 30, voire 50 cm. Celui-ci n'est pas préoccupant pour la biodiversité, et la composition de la communauté s'adaptera aux conditions fluctuantes du milieu. La préoccupation est souvent plus d'un ordre social, lorsque les promeneurs s'inquiètent (à tort) de l'assèchement des rives. Des problèmes d'étanchéité peuvent toutefois aussi être à l'origine de perte du volume en eau ; si celui-ci est trop important, une intervention de spécialistes est alors justifiée, pour des actions de colmatage.

Marnage estival sur les rives d'un petit plan d'eau alpin (Chiebodestafel, Fiesch, VS, 10 m², altitude de 2200 m)

La diminution du niveau de l'eau, liée à une période de sécheresse, entraîne l'assèchement de la ceinture du petit plan d'eau. Cet assec des rives est loin d'être préoccupant, et beaucoup d'espèces animales et végétales y sont indifférentes, certaines même en profitant. Il existe ainsi des espèces végétales rares spécifiquement associées aux grèves s'asséchant en été.



Impacts des activités et des infrastructures des environs

L'impact de pollutions diffuses ou ponctuelles peut affecter fortement la composition de la biodiversité. Les perturbations potentielles externes liées aux activités humaines (neige artificielle, sels, eaux usées) doivent être prises en compte avant la création du plan d'eau, dans la phase de localisation du projet (voir section « localisation de la mare »). En évitant des environnements sujets à de telles activités, les risques de pollutions des eaux peuvent alors être considérablement réduits.

La sédimentation (liée à l'eutrophisation ou à l'apport de sédiments)

L'atterrissement d'un plan d'eau, ou son lent comblement et son passage du stade aquatique à un stade de marais puis de système terrestre, est un processus naturel qui affecte tous les plans d'eau. Ce processus est toutefois très lent en altitude, et se chiffre à plusieurs centaines d'années pour une mare alpine de grande taille. Toutefois, l'enrichissement des eaux (=eutrophisation), ainsi que l'apport de matières (minérales ou organiques) par des affluents ou par le ruissellement, peuvent considérablement accélérer l'atterrissement, et potentiellement réduire la durée du passage de milieu aquatique à terrestre à 2 ou 3 dizaines d'années... Une intervention importante peut alors s'avérer nécessaire, par un dragage et une exportation de la matière sédimentée. Cette situation, très fréquente en plaine, est toutefois nettement plus rare en altitude.

Les pressions liées à une trop forte fréquentation (piétinement, déchets, vandalisme)

Tout aménagement lié aux loisirs, peut être l'objet d'une trop grande fréquentation. Cela peut affecter les valeurs naturelles. Les piétinements détruisent alors la ceinture de végétation des rives, et la transforment en un habitat banal et peu diversifié, inhospitalier pour la biodiversité.

Informations au public

La pose d'un simple panneau d'information permet d'une part de valoriser les richesses naturelles, et d'autre part de rappeler quelques règles simples de comportement (cf. de ne pas piétiner la végétation des rives).



Références utiles

Littérature générale

Frossard P.A. & Oertli B. (2015). Manuel de gestion. Recommandation pour la gestion des mares urbaines pour favoriser la biodiversité. Fiches techniques. hepia, HES-SO//GE. 60 pp.

Oertli B. & Frossard P.-A. (2013). Les mares et étangs : écologie, conservation, gestion, valorisation. Presses Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne. 480 pp.

Littérature spécialisée

Hinden H., Oertli B., Menetrey N., Sager L. & Lachavanne J.B. (2005). Alpine pond biodiversity: what are the related environmental variables? *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems*, 15, 613-624.

Hobkirk R (2015) Assessing the ecological quality of newly created alpine ponds: water quality and biodiversity. Master Thesis, EPFL, Lausanne. 63 pp.

Ilg C. & Oertli B. (2014). How can we conserve cold stenotherm communities in warming alpine ponds? *Hydrobiologia*, 723, 53-62.

Jaquet A. (2015). La création de plans d'eau en altitude comme mesure favorable aux espèces Boréo-Alpines menacées par le changement climatique. Thèse de Bachelor. Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève. HES-SO//GE Lullier. 115 pp.

Lecomte E. (2007). Typologie des Etangs Temporaires de Macun (Parc National Suisse, GR). Thèse de Bachelor. Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève. HES-SO//GE Lullier. 45 pp.

Mayencourt M. (2012). Distribution des espèces d'odonates menacées par le réchauffement climatique sur la zone test du projet « RestorAlps » (Région des 4 Vallées, VS) et propositions de zones potentiellement propices à la création de nouveaux plans d'eau. Thèse de Bachelor. Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève. HES-SO//GE Lullier. 87 pp.

Minssieux E. (2009). Développement d'une méthodologie pour l'identification des zones d'importance pour les étangs et les mares en Europe : application à l'Arc Alpin. Thèse de Master. University of Lyon I. Lyon. 106 pp.

Oertli B. (2010). The local species richness of Dragonflies in mountain waterbodies: an indicator of climate warming? *Bio-Risk*, 5, 243-251.

Oertli B., Ilg C., Angélibert S., Bolliger J., Crovadore J., Demierre E., Julliard C., Finger-Stich A., Forré C.I., Frossard P.-A., Lefort F., Mayencourt M., Piantini U. & Schmid S. (2014). Freshwater biodiversity under warming pressure in the Alps: a methodological framework for prioritization of restoration areas for small waterbodies. *Eco.mont - Journal on Protected Mountain Areas Research*, 6, 23-34.

Rey P. & Pitsch P. (2012). Die Fischpopulationen im Gewässernetz des Nationalparks. *Nationalpark-Forschung in der Schweiz*, 98, 55-70.

Reymond A.-S. (2008). Proposition d'une méthodologie pour l'identification des zones d'importance pour les étangs et mares dans l'arc alpin. Travail exploratoire sur la Suisse et la France. Thèse de Bachelor. Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève. HES-SO//GE Lullier. 60 pp. + annexes.

Robinson C., Schlüchter C., von Fumetti S., Oertli B., Rey P., Ortlepp J., Mürle U., Lubini V., Knispel S. & Scheurer T. (2015). Chapitre 10. Les milieux aquatiques réagissent aux changements environnementaux. In: *Au coeur de la nature. Cent ans de recherches au Parc national suisse* (eds. Scheurer T & Bauer B). Haupt Bern. pp. 271-300.

Robinson C.T. & Oertli B. (2009). Long-term biomonitoring of alpine waters in the Swiss National Park. *eco.mont- Journal on Protected Mountain Areas Research*, 1, 23-34.

Rosset V., Lehmann A. & Oertli B. (2010). Warmer and richer? Predicting the impact of climate warming on species richness in small temperate waterbodies. *Global Change Biology*, 16, 2376-2387.

Rosset V. & Oertli B. (2011). Freshwater biodiversity under climate warming pressure: Identifying the winners and losers in temperate standing waterbodies. *Biological Conservation*, 144, 2311-2319.

Ruhí A., Fairchild G.W., Spieles D.J., Becerra-Jurado G. & Moreno-Mateos D. (2016). Invertebrates in Created and Restored Wetlands. In: *Invertebrates in freshwater wetlands: an international perspective on their ecology*. (eds. Batzer DP & Boix D). Springer, Dordrecht. 525-565 pp.

Wissinger S.A., Oertli B. & Rosset V. (2016). Invertebrate Communities of Alpine Ponds. In: *Invertebrates in freshwater wetlands: an international perspective on their ecology*. (eds. Batzer DP & Boix D). Springer, Dordrecht. 55-103 pp.



Construction en été 2016 d'une mare alpine (450 m²) sur l'alpage de Balavaux (altitude : 2140 m), à Isérables (VS), dans le cadre du projet ACCLAMÉ.

Ce guide de « best-practices » pour la Création de mares et étangs alpins pour la promotion de la biodiversité a été réalisé par :

Beat OERTLI, Andréa FINGER-STICH et Christiane ILG

Il inclut des contributions de Pierre-André Frossard, Victor Bovy, Eliane Demierre, Robin Hobkirk, Estelle Lecomte, Elise Minssieux, Patrice Prunier, Barbara Przybyla, Véronique Rosset, Albertine Roulet, Jean-François Rubin.



Ce document a été produit dans le cadre du projet ACCLAMÉ « Adaptation aux Changements CLimatiques dans les alpes : Action pilote de restauration de la biodiversité des Mares et des Étangs dans le Canton du Valais » (2014-2016).



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Projet mis en œuvre dans le cadre du programme pilote Adaptation aux changements climatiques, soutenu par l'Office fédéral de l'environnement OFEV. Seuls les auteurs sont responsables des opinions exprimées dans ce guide.

Le projet est également soutenu par :
le Canton du Valais, la Commune d'Isérables et la Haute Ecole de Gestion et Tourisme.



Isérables

Contact : beat.oertli@hesge.ch, hepia, institut Terre-Nature-Environnement
Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève, 150 route de Presinge, 1254 Jussy, Suisse