

h e g

Haute école de gestion
Genève

**Gestion de l'eau et irrigation agricole en Suisse : les systèmes
d'irrigation avec pompage au lac face aux changements
climatiques et à la raréfaction de la ressource**

Travail de Bachelor réalisé en vue de l'obtention du Bachelor HES

par :

Melora MARTIN

Conseiller au travail de Bachelor :

Sylvain WEBER, Professeur HES

Genève, le 13 juillet 2023

Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE)

Filière Economie d'entreprise

Déclaration

Ce travail de Bachelor est réalisé dans le cadre de l'examen final de la Haute école de gestion de Genève, en vue de l'obtention du titre de Bachelor of Science en économie d'entreprise.

L'étudiant-e atteste avoir réalisé seul-e le présent travail, sans avoir utilisé des sources autres que celles citées dans la bibliographie. Il ou elle atteste par ailleurs que le travail rendu est le fruit de sa réflexion personnelle et a été rédigé de manière autonome. Ce travail a, en outre, été soumis pour analyse par le logiciel de détection de plagiat préconisé par la filière.

L'étudiant-e accepte, le cas échéant, la clause de confidentialité. L'utilisation des conclusions et recommandations formulées dans le travail de Bachelor, sans préjuger de leur valeur, n'engage ni la responsabilité de l'auteur-e, ni celle du ou de la conseiller-ère au travail de Bachelor, celle du juré-e ou celle de la HEG.

Remerciements

Dans un premier temps, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont accordé de leur temps lors d'entretiens et qui m'ont partagé leurs connaissances et leurs expériences relatives à mon travail :

- Reynald Pasche, arboriculteur à Prangins et actuel président du syndicat d'arrosage de Nyon et environs
- José Baechler, agriculteur au Vallon et président de la société coopérative de pompage au lac à Portalban
- Fabrice Bersier, agriculteur à Vesin et coprésident d'ArroBroye
- Louis Martin, étudiant en Bachelor en gestion de la nature à la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (HEPIA)

Je tiens également à remercier mon conseiller, le Professeur Sylvain Weber, pour son écoute, ses conseils et ses encouragements qui m'ont accompagnée tout au long de l'élaboration de ce travail. Ses connaissances et son implication m'ont beaucoup apportée et je l'en remercie chaleureusement.

Dans un second temps, je tiens à exprimer ma gratitude aux personnes qui m'ont soutenues lors de l'élaboration de ce travail.

Mes camarades et amies, Inès Revaz et Louna Lelièvre, avec qui j'ai partagé ces 3 années à la HEG et un grand nombre d'heures à travailler sur nos travaux de Bachelor respectifs.

Mon amie Alice Dreier, qui a pris le temps de relire et corriger mon travail.

Mes collègues, leur habilité à me faire prendre du recul quand le stress et les doutes me submergeaient et qui m'ont laissée occuper les locaux pour avancer mon travail dans un cadre studieux et bienveillant.

Ma famille, qui a toujours cru en moi et m'a encouragée tout au long de mes études. Je ne les remercierais jamais assez pour leur écoute et leur soutien infaillible.

Et finalement, toutes les personnes qui n'ont pas été citées mais qui ont eu un impact indirect sur mon travail et que je suis reconnaissante d'avoir dans mon entourage.

Résumé

Ce travail de recherche a pour objectif d'ouvrir la réflexion autour de la gestion de l'eau et de l'irrigation agricole en Suisse, dans un contexte de changements climatiques et de modifications du régime hydrique helvétique. Ces changements ont des répercussions sur les conditions météorologiques, entraînant des périodes de sécheresse qui menacent les rendements des cultures. Pour parer à ce risque, les agriculteurs se tournent vers l'irrigation, qui joue un rôle crucial dans l'augmentation des rendements agricoles et la compensation du manque d'eau de pluie. Cependant, cette raréfaction de l'eau crée des tensions entre les utilisateurs et soulève des questions quant à l'utilisation optimale de cette ressource.

Des solutions ont émergé au fil des années pour répondre à ces problématiques. Les systèmes d'irrigation prélevant l'eau des lacs sont une des solutions sur laquelle nous nous penchons dans ce travail. L'objectif est de déterminer si ces systèmes sont des investissements durables pour les agriculteurs et s'ils répondent aux problèmes économiques et climatiques identifiés.

Quatre réseaux d'irrigation ont été étudiés : un système dans la région du Furttal, le projet ArroBroye, le réseau d'irrigation de Portalban et le réseau géré par le syndicat d'arrosage de Nyon et environs. L'analyse de ces réseaux a permis de mettre en évidence des caractéristiques communes, telles que l'importance des investissements financiers pour les agriculteurs, les autorisations qui doivent être obtenues en amont, les défis liés à la protection des écosystèmes aquatiques, la garantie d'un accès continu à l'eau, la collaboration entre agriculteurs, la meilleure répartition des ressources en eau entre les utilisateurs et les subventions octroyées par la Confédération et les cantons.

Ces systèmes d'irrigation offrent une solution intéressante et aux perspectives durables pour l'agriculture en Suisse. En utilisant les réservoirs naturels et abondants des lacs, ces systèmes permettent de faire face aux défis posés par les changements climatiques et la raréfaction de l'eau, particulièrement marquée en été et lors de périodes de sécheresse. Combinés à des aides technologiques pour une utilisation plus efficace de l'eau, ces systèmes offrent une garantie d'approvisionnement à long terme, adressant les enjeux économiques et climatiques liés à la gestion de l'eau, tout en répondant aux besoins des agriculteurs suisses.

Table des matières

Déclaration	i
Remerciements.....	ii
Résumé	iii
Liste des tableaux	v
Liste des figures	v
1. Introduction	1
1.1 Problématique	2
1.2 Méthodologie	4
1.2.1 Formulation de la problématique	4
1.2.2 Revue de la littérature	4
1.2.3 Echanges et entretiens.....	4
1.2.4 Analyse des caractéristiques communes	4
2. Grandes thématiques	5
2.1 Eau	5
2.2 Changements climatiques.....	6
2.3 Agriculture	6
3. Contexte suisse	7
4. Développement.....	9
4.1 Étude de marché	10
4.2 Méthodes d'irrigation.....	12
4.3 Présentation des quatre réseaux	14
4.3.1 Tableau synthétique des réseaux.....	15
5. Réseau d'irrigation du Furttal.....	17
6. Réseau d'irrigation ArroBroye.....	20
7. Réseau d'irrigation de Portalban.....	23
8. Réseau d'irrigation du SANE.....	26

9.	Analyse des similarités	29
9.1	Coûts élevés.....	29
9.2	Demandes d'autorisations.....	31
9.3	Protection des écosystèmes aquatiques.....	32
9.4	Garantie.....	33
9.5	Collaboration	34
9.6	Meilleure répartition des ressources en eau.....	34
10.	Synthèse des analyses.....	35
11.	Conclusion	36
11.1	Réponse à la problématique	36
	Bibliographie.....	38

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Synthèse des réseaux d'irrigation classés par ordre chronologique	15
-------------	---	----

Liste des figures

Figure 1 :	Répartition des réserves d'eau à l'échelle planétaire, en particulier des réserves d'eau douce effectivement disponibles	5
------------	--	---

1. Introduction

Dans ce travail, nous nous penchons sur la gestion actuelle de l'eau en Suisse. Son intérêt se porte spécialement sur les systèmes d'irrigation agricole avec pompage au lac et l'investissement qu'ils représentent. La section développement est alimentée par la description et l'analyse de quatre projets de réseaux d'irrigation. L'étude de ces projets débouche sur l'énumération et l'analyse de leurs similarités. Ces caractéristiques communes offrent une base de réponse à notre question de recherche et permet d'adresser au mieux les questions contextuelles, économiques et environnementales de notre travail.

Dans cette partie introductive, plusieurs thématiques sont abordées. Dans un premier temps, la problématique et la méthodologie de ce travail sont explicitées, suivi d'un survol des grandes thématiques qui touchent notre question de recherche. Après avoir observé le contexte global, nous parcourons la situation hydrique de la Suisse et les modifications qu'elle a subies ces dernières années avec les changements climatiques. Au terme de l'introduction de ce travail, nous nous pencherons sur les enjeux de l'agriculture helvétique et du recours à l'irrigation.

1.1 Problématique

La problématique de ce travail touche trois questions centrales et actuelles : L'eau et sa gestion, l'agriculture et ses besoins, les changements climatiques et les modifications qu'ils apportent. Ces trois thématiques ont été articulées dans une même question de recherche, afin de réfléchir à des solutions durables, sans péjorer les écosystèmes concernés, restreindre l'accès à cette ressource vitale et limitée ou encore créer des conflits entre les utilisateurs.

Pour ce faire, nous avons imaginé la problématique suivante : Quels sont les enjeux de la gestion de l'eau et de l'irrigation agricole en Suisse face aux changements climatiques et à la raréfaction de la ressource ? Comment les systèmes d'irrigation prélevant l'eau des lacs peuvent-ils constituer une solution durable afin d'atténuer les risques liés aux périodes de sécheresse pour les agriculteurs et garantir une utilisation optimale de la ressource en eau ?

Nous définissons un système d'irrigation avec pompage au lac comme un système qui permet de puiser et transporter de l'eau non-traitée depuis un lac, jusqu'aux cultures d'un agriculteur, afin qu'il puisse l'utiliser pour arroser ses parcelles.

Dans ce travail de recherche, nous allons analyser des systèmes d'irrigation avec pompage dans un lac et récolter des données sur plusieurs critères, afin de définir si cette solution pour s'approvisionner en eau est un investissement durable et rentable pour les agriculteurs.

La Suisse a des ressources hydriques en quantité suffisante et sous diverses formes : glaciers, nappes phréatiques, lacs et rivières en sont les principaux réservoirs (OFEV 2021). Appelée « le château d'eau de l'Europe », le manque d'or bleu n'a jusqu'à présent jamais été un sujet inquiétant en terres helvétiques (Meuli 2020).

Cette ressource, jusqu'alors stable, connaît quelques changements distinctifs avec la montée en puissance du dérèglement climatique et les conséquences qui en découlent. La hausse des températures et les périodes de sécheresse viennent perturber les habitudes et chacun doit s'adapter à cette nouvelle réalité. Un secteur qui subit particulièrement ces changements est l'agriculture. Ce secteur est tributaire des conditions météorologiques, elles-mêmes fortement et indiscutablement impactées par le dérèglement climatique (OFEV 2021).

L'irrigation agricole peut se définir par un investissement qui permet de diminuer les risques liés aux aléas climatiques dans la production maraîchère (Weill, Duval 2009).

L'irrigation est indiquée lorsque ses coûts sont largement couverts par des rendements supplémentaires (Säle 2019). Nous comprenons que le choix d'irriguer se base sur une estimation des coûts et bénéfices et de la rentabilité qui en découle.

Les thématiques associées à ce travail sont vastes et doivent être clarifiées et délimitées pour proposer une recherche pertinente. Nous nous limiterons aux questions relatives à la gestion de l'eau à des fins d'irrigation en Suisse, en nous concentrant sur les réseaux d'irrigation prélevant l'eau des lacs. Notre analyse n'a pas traversé les frontières, où il existe probablement des concepts de systèmes d'irrigation avec pompage au lac similaires à ceux en Suisse.

Nos recherches se sont focalisées sur l'utilisation de l'eau dans le domaine agricole. Le travail s'est concentré sur les éléments économiques, financiers et environnementaux des projets. Les aspects techniques et logistiques de la construction et de la maintenance d'un système d'irrigation ne seront pas abordés en détail dans ce travail.

Selon Retra Schmocker-Fackel, qui travaille dans la division Hydrologie de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), «*Les problèmes [liés à l'eau] se poseront principalement en été dans les zones à forte exploitation agricole.*» (Meuli 2020). Ce qui vient confirmer la problématique que nous avons émise concernant le besoin en eau pour l'irrigation agricole. Les éléments qui ressortiront de nos analyses proposeront des pistes de réflexion et de solutions à ces problèmes liés à l'insuffisance des ressources en eau et la difficulté d'approvisionnement dans les zones rurales lors de périodes de sécheresse.

1.2 Méthodologie

Dans cette section, nous présentons la méthodologie choisie pour élaborer ce travail. Cette dernière reprend plusieurs étapes clés explicitées ci-dessous.

1.2.1 Formulation de la problématique

La première étape était de définir une problématique qui se voulait actuelle, concrète et locale. Pour ce faire, des interviews informelles, des discussions, des recherches et des lectures d'articles ont été effectués. C'est ainsi que le choix s'est précisé autour des thématiques de l'eau, de l'agriculture et du dérèglement climatique, qui ont servi de base pour formuler notre problématique.

1.2.2 Revue de la littérature

Dans un deuxième temps, une revue littéraire plus approfondie a été réalisée, en consultant des rapports du Conseil fédéral, des articles divers sur la gestion de l'eau et le réchauffement climatique, des documents scientifiques et des articles de loi. L'objectif était de mieux comprendre les questions sous-jacentes et d'approfondir les connaissances relatives au sujet.

1.2.3 Echanges et entretiens

Une fois le sujet délimité et maîtrisé, il était temps de prendre contact avec des experts sur le terrain. Quatre projets de réseaux d'irrigation avec pompage au lac ont été sélectionnés et leurs responsables contactés. Une entrevue en personne et deux entretiens téléphoniques ont été réalisés. Un rapport détaillé a permis de rassembler les données nécessaires pour inclure un quatrième projet à notre recherche, sans nécessiter une prise de contact avec le responsable du réseau. L'objectif était de collecter des informations répondant à des critères similaires pour faciliter l'analyse et la comparaison des différents réseaux entre eux. Un entretien a été réalisé avec un étudiant en Bachelor en gestion de la nature de l'HEPIA, dans le but d'en apprendre plus sur les risques et conséquences environnementales du pompage dans un lac. Ces échanges ont permis de compléter la partie théorique de notre revue littéraire en mettant en évidence la réalité du terrain.

1.2.4 Analyse des caractéristiques communes

Une fois toutes les données sur ces systèmes d'irrigation récoltées, il a été possible d'identifier et d'analyser les similarités et différences entre ces projets à travers le prisme de notre problématique. Cette analyse nous a aidé à comprendre les enjeux relatifs à la mise en place et la maintenance de ces projets, tout en offrant des pistes de réponses.

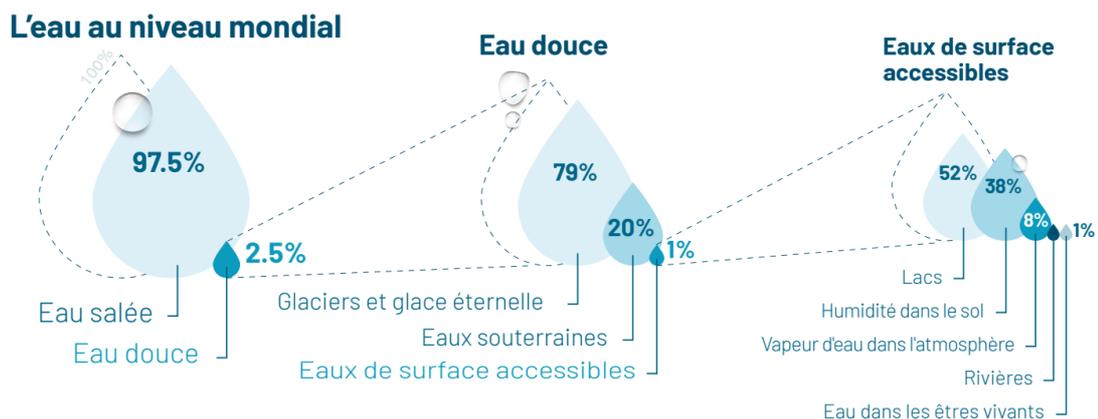
2. Grandes thématiques

Pour mieux appréhender les enjeux qui entourent notre problématique, nous allons mettre en contexte les principaux thèmes abordés dans ce travail : l'eau, les changements climatiques et l'agriculture.

2.1 Eau

L'eau est une ressource essentielle à la survie de toutes les formes de vie sur Terre (C.I.EAU 2017). Bien que les ressources en eau soient abondantes, l'eau douce ne représente que 2,53% de toute l'eau de la planète (Lefèvre 2013), ce qui rend cette ressource rare et précieuse. Considérée comme un bien commun, 90% de sa gestion reste publique à l'échelle mondiale (Kotlicki 2008). L'eau sous toutes ses formes est l'une des principales ressources pour la vie et l'économie, que ce soit à des fins d'irrigation ou de production d'énergie industrielle (OFEV 2021). En plus d'être vitale et irremplaçable, l'eau est disponible en quantités limitées et inégalement répartie géographiquement (DFAE 2022). Il est impératif que l'eau soit traitée comme une ressource rare car elle le devient (ONU France 2022). Comme nous pouvons le constater sur la Figure 1 ci-dessous, qui schématise la répartition des réserves d'eau au niveau mondial, les lacs représentent le plus grand volume (52%) des « eaux de surface accessibles » (DFAE 2022).

Figure 1 : Répartition des réserves d'eau à l'échelle planétaire, en particulier des réserves d'eau douce effectivement disponibles



(Zoi Environment Network 2022)

D'après le secrétaire général de l'ONU, Antonio Guterres :

« Nous ne sommes pas du tout sur la bonne trajectoire pour atteindre d'ici à 2030 l'Objectif de développement durable no 6 de l'ONU intitulé « Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau »

(Bussard 2023)

Selon le rapport sur la situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2020 (FAO 2020), il reste une possibilité d'atteindre l'objectif fixé, à condition de mettre en place une utilisation plus durable et plus productive de l'eau douce et des eaux de pluie dans l'agriculture. Avec plus de 70% des prélèvements au niveau mondial, le secteur agricole est le plus gros utilisateur d'eau dans le monde.

2.2 Changements climatiques

Les changements climatiques constituent une urgence mondiale, et la prise de conscience de cette réalité se répand progressivement depuis plusieurs décennies (Revkin 2018). Les régimes hydriques, c'est-à-dire la répartition et le cycle de l'eau dans les écosystèmes, sont significativement affectés par les changements climatiques (OFEV 2021). Des changements notables, tels que la modification des distributions saisonnière des précipitations, la fonte des glaciers et des calottes glaciaires, les événements météorologiques extrêmes (sécheresses, tempêtes, inondations,..) et les situations de stress hydrique¹, ont été observés autour du monde. Ces changements ont des conséquences significatives sur la disponibilité et la gestion de l'eau, nécessitant des mesures d'adaptation pour faire face aux défis futurs liés à l'eau et aux changements climatiques.

2.3 Agriculture

L'apparition de l'agriculture remonte à des milliers d'années. Cet art « fait de sagesse, d'expérience, d'observation et de doigté » (Hudon 2022), a évolué au fil des âges et des régions. Fortement touchée par les variations de l'eau et les changements du climat, l'agriculture doit s'adapter, et parfois même se réinventer, pour surmonter les nombreux enjeux auxquels elle est confrontée. L'un des principaux défis est la sécurité alimentaire mondiale. Avec la croissance démographique continue, l'agriculture doit être en mesure de produire suffisamment de nourriture pour répondre à la demande estimée à 10 milliards de personnes d'ici 2050 (Brooks, Deconinck, Giner 2019). La gestion durable des ressources naturelles, en particulier de l'eau, est un autre enjeu majeur pour le secteur. En effet, l'irrigation des cultures représente environ 70% de l'utilisation mondiale d'eau (Brooks, Deconinck, Giner 2019).

¹ Stress hydrique : Déséquilibre entre la demande en eau et la disponibilité des ressources en eau (AquaPortail 2016)

3. Contexte suisse

La Suisse, surnommée le « château d'eau de l'Europe », n'a jamais eu à se soucier de ses ressources en eau, qui ont toujours été abondantes (Meuli 2020). Avec une pluviométrie de 1'400 millimètres en moyenne par an et d'importants réservoirs d'eau sous forme de lacs, de glaciers, de neige, d'eaux souterraines et de grands fleuves, la Suisse est l'un des pays d'Europe les plus riches en eau (OFEV 2021). Bien que les précipitations annuelles moyennes en Suisse soient restées stables, leur répartition saisonnière est fortement perturbée. Un changement a été observé, avec une diminution des précipitations estivales, et une augmentation de celles hivernales. Ces changements entraînent des déficits en eau dans certaines régions pendant les périodes estivales (OFEV 2021).

Les changements climatiques modifient donc les constantes hydrologiques de base des eaux helvétiques (OFEV 2021), nécessitant une meilleure gestion et répartition de l'eau adaptée dans le temps et entre les différents acteurs. La loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux) fournit un cadre réglementaire pour la protection des ressources en eau en Suisse. Selon l'art. 76 de la Constitution, la Confédération fixe les principes applicables à la conservation et à la mise en valeur des ressources en eau et les cantons disposent de la souveraineté en matière d'utilisation de l'eau (Constitution fédérale 2022).

Les périodes de sécheresse deviendront plus fréquentes et plus longues et les besoins en eau, particulièrement dans le secteur agricole, ne cesseront de croître (OFEV 2021). Il arrive déjà que les ressources en eau disponibles localement ne soient pas suffisantes pour répondre aux besoins pendant les périodes de sécheresse (Meuli 2020).

En raison de sa dépendance aux conditions climatiques, l'agriculture est un secteur particulièrement vulnérable (Carantino et al. 2020). Les modifications du régime des précipitations ont un effet négatif sur les rendements agricoles, ce qui amène les agriculteurs à s'interroger sur les variétés et les cultures les mieux adaptées aux conditions climatiques futures, ainsi que sur l'utilisation de méthodes d'irrigation économes en eau (Meuli 2020). Jusqu'à ces dernières décennies, il n'était pas coutume d'arroser et peu de surfaces étaient irriguées en Suisse. Cette tendance est en essor avec l'augmentation des températures, la multiplication des périodes de sécheresse estivale, ainsi que le développement de cultures à forte valeur ajoutée. La consommation d'eau du secteur agricole dépend fortement des conditions météorologiques (OFEV 2021). Il a été estimé que les besoins en irrigation pour les terres cultivées actuellement

vont doubler d'ici la fin du siècle, en supposant que la surface agricole utile² reste inchangée (OFEV 2021). En 2017, 51'620 exploitations agricoles ont été recensées, cultivant une surface totale de 1'046'109 hectares (OFS, Economie Suisse 2019a).

Face à ces nouvelles tendances et pour garantir une disponibilité en eau malgré les modifications du régime des précipitations, de nombreux systèmes d'irrigation prélevant de l'eau des lacs ont été mis en place dans différentes régions de la Suisse. Notre problématique vise précisément à déterminer si ces projets offrent une solution à long terme pour faire face à cette nouvelle réalité hydrique. Les lacs naturels constituent le deuxième plus grand réservoir d'eau en Suisse, après les eaux souterraines. Le volume des lacs s'élève à 130 km³. Les lacs et les cours d'eau suisses revêtent une fonction clé pour la société, l'économie et la nature (OFEV 2021).

L'agriculture et la protection de l'environnement ont souvent des désaccords liés à l'eau, notamment en ce qui concerne les projets d'irrigation prélevant de l'eau des lacs, des rivières ou des bassins d'accumulation. Les défenseurs de la nature s'opposent souvent à ces projets, préférant protéger les zones lacustres et préserver la biodiversité des régions, en perturbant le moins possible l'équilibre naturel (Jakob 2022).

Il est essentiel d'identifier les ressources en eau et de veiller à leur exploitation durable, même en période de sécheresse, afin d'éviter les conflits entre les différents utilisateurs d'eau (OFEV 2021). Certaines mesures qui sont recommandées pour une irrigation efficace sont de procéder à des mesures de l'humidité du sol et d'utiliser des systèmes comme le goutte-à-goutte. Cependant, ces mesures peuvent être contraignantes et coûteuses, en particulier sur de vastes surfaces (Jakob 2022).

Il est impératif de concilier la demande en eau avec les ressources disponibles pour répondre aux multiples besoins des êtres humains, ainsi qu'aux besoins de la nature dans son ensemble. Une gestion adéquate des ressources hydriques est essentielle pour assurer la stabilité à long terme (DFAE 2022). Cette mise en contexte met en évidence l'impact qu'ont les changements climatiques sur le régime hydrique et ses répercussions sur le secteur agricole, en quête de solutions pour y faire face.

² Surface agricole utile : Concept statistique permettant d'évaluer la surface allouée à la production agricole. Cela comprend les terres arables, les surfaces toujours en herbe, les cultures permanentes et les jachères (*Surface Agricole Utile* 2023).

4. Développement

La partie développement se divise de la manière suivante :

Dans un premier temps, une étude du marché de l'eau et de l'irrigation est proposée. Nous nous pencherons sur les enjeux liés à ce bien commun, la répartition de cette ressource rare et les acteurs principaux du marché de l'eau.

Dans un second temps, nous analyserons les principales méthodes d'irrigation employées en Suisse, ainsi que leurs avantages et inconvénients.

Ensuite, nous plongerons dans le cœur de notre travail avec les descriptions et analyses des quatre projets d'irrigation par pompage au lac sélectionnés. Un tableau comparatif permettra une compréhension factuelle, visuelle et synthétique des informations récoltées.

Une fois nos quatre projets détaillés, nous identifierons les similarités et les analyserons pour ressortir les enjeux principaux relatifs à la mise en place et à la maintenance de ces réseaux d'irrigation.

Enfin, une synthèse sera proposée sur la base des résultats obtenus et permettra d'ouvrir des pistes de réponses à notre problématique.

4.1 Étude de marché

Le marché de l'eau en Suisse est régi par la Confédération et les cantons, conformément à l'art. 76 de la Constitution suisse (Constitution fédérale 2022). La Confédération a pour responsabilité de veiller à une utilisation rationnelle des ressources en eau et à leur protection. Les cantons disposent de ces ressources et garantissent l'octroi de concessions pour les prélèvements destinés à l'approvisionnement en eau, à la production hydroélectrique et à d'autres utilisations. La Confédération fixe les principes applicables à la conservation et à la mise en valeur des ressources en eau (DFAE 2022).

Le marché de l'eau en Suisse concerne plusieurs acteurs clés : la Confédération, les cantons, les communes, les ménages, le secteur du tourisme, de l'industrie, de l'artisanat, de l'énergie, ainsi que le secteur agricole. Ces acteurs se retrouvent en situation de concurrence lorsque les besoins en ressource sont supérieurs à sa quantité disponible. Cela arrive généralement lors des périodes de sécheresse.

Une gestion régionale de l'eau axées sur la protection des écosystèmes et la résolution précoce des conflits d'utilisation est nécessaire (Le Conseil fédéral 2022). Cependant, ni la Confédération, ni les cantons n'ont à disposition des statistiques complètes sur les diverses utilisations de l'eau. La Confédération dispose de données sur la consommation d'eau provenant du réseau d'approvisionnement public, mais ne dispose d'aucune information sur les volumes consommés par les systèmes d'auto-approvisionnements, utilisés par exemple dans l'agriculture. Ces données seraient nécessaires pour identifier les tendances de consommation et établir des prévisions basées dessus (DFAE 2022). Afin de permettre une gestion régionale de l'eau efficace et assurer la protection des ressources par les cantons, il faudrait pouvoir centraliser les données sur l'utilisation de l'eau en Suisse (Le Conseil fédéral 2022). Michael Schärer, Chef de la section de protection des eaux souterraines à l'OFEV explique que « *Quand on sait qui a besoin d'eau, où et en quelle quantité, on peut la distribuer de façon plus judicieuse* » (Jakob 2022).

L'irrigation agricole est réalisée par le biais d'un ensemble de systèmes et services d'irrigation utilisés par les agriculteurs et permettant d'assurer les besoins en eau des cultures (Made in FR 2023). L'irrigation joue un rôle crucial dans l'augmentation des rendements agricoles et la compensation du manque d'eau de pluie. La productivité des terres agricoles dépend de la disponibilité en eau (France Pivots 2019).

Le marché de l'irrigation comprend un ensemble d'activités liées au traitement et au stockage de l'eau, à la fabrication de matériel d'irrigation et au développement d'outils

digitaux (Made in FR 2023). Les machines d'irrigation, notamment celles par aspersion, les systèmes de goutte-à-goutte, les machines par pivot et autres équipements similaires, sont des éléments importants de ce marché. Le segment le plus important concerne spécifiquement les machines d'irrigation par aspersion (Mordor Intelligence 2022).

Le marché mondial des machines d'irrigation est en pleine expansion, avec une estimation de 3'903,9 millions de dollars en 2021, et il devrait atteindre 6'603,6 millions de dollars d'ici 2027, avec un taux de croissance annuel moyen de 9,5% entre 2022 et 2027 (Mordor Intelligence 2022). Plusieurs facteurs encouragent la croissance du marché, entre autre les subventions aux agriculteurs accordées par les politiques gouvernementales, les innovations technologiques, les préoccupations croissantes liées aux sécheresses et aux pénuries d'eau, ainsi que l'augmentation de la demande de productivité des cultures (Mordor Intelligence 2022).

Nos voisins français estiment qu'en 2021, 48% de l'eau consommée dans leurs frontières était absorbée par l'irrigation (Made in FR 2023). Leur marché de l'irrigation est en croissance régulière dû à deux facteurs principaux : le renouvellement du parc installé et les effets du changement climatique sur les besoins en irrigation des agriculteurs.

L'eau, essentielle à la vie terrestre, est considérée comme un bien commun. Un bien caractérisé pour sa non-exclusivité et sa non-rivalité, ce qui signifie qu'il est difficile d'exclure quelqu'un de son utilisation et que la consommation par une personne n'empêche pas d'autres de l'utiliser en même temps. L'eau ne peut pas être possédée exclusivement par un individu ou une entité, mais doit être partagée par l'ensemble de la société. En tant que bien commun, l'eau doit être gérée de manière durable et équitable, pour répondre aux besoins présents et futurs de tous les utilisateurs (Weill, Duval 2009). La gestion d'un bien commun comme l'eau implique la mise en place de réglementations, de politiques et de mécanismes de gouvernance. Il peut y avoir différents niveaux de gestion, du local au national, en fonction des responsabilités et des compétences des autorités concernées. Pour la Suisse, ces différents niveaux s'étendent des communes jusqu'à la Confédération.

Pour assurer une bonne gestion des ressources hydriques et du marché de l'irrigation, il est essentiel de promouvoir une gestion durable de l'eau basée sur l'efficacité de son utilisation, la prévention des écosystèmes aquatiques, la participation des parties prenantes et la coordination entre les différents acteurs impliqués dans la gestion de l'eau.

4.2 Méthodes d'irrigation

Comme mentionné précédemment, l'irrigation offre de nombreux avantages. Elle apporte une source d'eau contrôlée qui protège les cultures des sécheresses, permet d'augmenter la productivité des cultures, avec des rendements souvent doublés par rapport aux terres non irriguées et offre de plus grandes possibilités dans le choix des cultures. Indirectement, l'irrigation agricole contribue à stimuler l'économie locale en créant des emplois et en augmentant les revenus des agriculteurs. Pour bénéficier de ces avantages, il y a plusieurs systèmes d'irrigation à disposition des agriculteurs.

Ces méthodes d'irrigation, avec leurs avantages et inconvénients propres vont définir les coûts, la charge de travail, l'efficacité de l'arrosage et la pression de service nécessaire venant des tuyaux. Par exemple, les asperseurs sont très répandus dans la production maraîchère de plein champ. Ils permettent d'arroser de grandes surfaces simultanément et sont utilisés dans deux des trois méthodes que nous allons survoler.

La première méthode est un arrosage par tuyaux fixes. Ce système comporte en général une ou plusieurs conduites d'arrosage reliées à une conduite principale. Plusieurs asperseurs sont ensuite branchés sur la conduite. Cette méthode a comme avantages notables d'offrir une manipulation aisée et de s'adapter aux parcelles irrégulières. Néanmoins, le montage et le démontage sont fastidieux, en raison du système de tuyaux fixes. Dans les inconvénients, on trouve aussi une distribution de l'eau irrégulière et une sensibilité au vent. Ce système est donc intéressant pour les cultures de pleins champs nécessitant un apport en eau fréquent. Mais il est associé à une lourde charge de travail et un résultat aléatoire dans la répartition de l'arrosage. La pression nécessaire au bon fonctionnement de cette méthode d'arrosage est d'environ 5 bars (Säle 2019).

La seconde méthode est un arrosage par asperseurs mobiles à haute pression ou canon. On les retrouve en différentes tailles, avec des tuyaux pouvant aller de 200 à 1'000 m et jusqu'à 140 mm de diamètre. Ils peuvent desservir une surface allant jusqu'à 80 m de rayon. Cette méthode a une grande capacité d'arrosage, une charge de travail plus faible que pour la première méthode et les asperseurs sont facilement déplaçables pour arroser d'autres cultures. Toutefois, l'eau s'évapore lorsque le temps est ensoleillé et se répartit mal lorsqu'il y a du vent. En l'absence de vent, ce système garantit une bonne répartition transversale. Cette méthode est inadaptée aux parcelles de petite taille ou de forme irrégulière mais convient bien aux grands terrains réguliers. L'eau doit arriver entre 7 et 9 bars, ce qui nécessite une forte pression de service (Säle 2019).

La troisième méthode est la micro-irrigation, aussi connue sous le nom d'irrigation goutte-à-goutte ou irrigation localisée. La parcelle à irriguer est quadrillée en surface par un réseau de petits tuyaux qui apportent l'eau au plus près de la plante (France Pivots 2019). Cette méthode est moins courante en plein champ, elle est surtout utilisée dans les cultures sous abri. Elle consiste à distribuer fréquemment de petites quantités d'eau. Les intervalles d'irrigation sont plus courts et peuvent s'étendre jusqu'à deux arrosages par jour. Il est important d'irriguer à intervalle régulier, car une fois le sol desséché, il est difficile de le réhumidifier avec ce système. Ce procédé permet de distribuer l'eau avec une grande précision ; les pertes sont minimales et la consommation énergétique faible. C'est une méthode insensible au vent et qui requiert une faible pression de service. Néanmoins, malgré ses caractéristiques efficaces et économes en eau, une lourde charge de travail et d'importants investissements y sont associés. Ce n'est donc pas le choix de système le plus attrayant pour les grandes cultures (Säle 2019).

Grâce à cette présentation des méthodes les plus courantes, nous constatons que chaque système va avoir des avantages et inconvénients qui seront pris en compte par les agriculteurs. Ces choix vont avoir un impact sur la pression de service requise venant des tuyaux, la consommation moyenne d'eau et le résultat des cultures. Ce sont des analyses et calculs qui sont loin d'être négligeables. C'est pourquoi, le système qui apportera l'eau auprès des champs devra remplir certains critères, en partant du principe que de l'eau soit disponible.

4.3 Présentation des quatre réseaux

L'étude de ce travail se porte sur l'analyse de quatre systèmes d'irrigation. Ces projets ont une particularité commune : ils ont chacun un système d'approvisionnement en eau avec pompage dans un lac ou un fleuve. Afin d'avoir un panel d'étude intéressant, les projets se répartissent tant dans le temps que dans différentes régions de la Suisse.

Le premier projet qui constitue notre étude est un système d'irrigation dans la région du Furtal, dans le canton de Zurich. Il est en activité depuis 2022. Les deux projets suivants prennent source dans le Lac de Neuchâtel : ArroBroye qui fait partie d'un plus vaste projet, Aquavia, et qui sera inauguré dans quelques années, et le réseau d'irrigation de Portalban, en exploitation depuis 2016. Le dernier projet étudié est un système basé sur La Côte, géré par le Syndicat d'arrosage de Nyon et environ en activité depuis 1975.

Un tableau compare les quatre projets cités précédemment (Tableau 1 : Synthèse des réseaux d'irrigation classés par ordre chronologique, en page 15). Les pages suivantes du tableau sont dédiées à la description plus détaillée de chaque projet.

Une mise en évidence des grandes tendances communes aux quatre projets sera ensuite proposée. Finalement, une synthèse de l'analyse des différents systèmes d'irrigation se fera au terme de la partie descriptive.

4.3.1 Tableau synthétique des réseaux

Tableau 1 : Synthèse des réseaux d'irrigation classés par ordre chronologique

Nom du Projet	Réseau du SANE	Réseau de Portalban	Réseau du Furttal	Réseau ArroBroye - Projet Aquavia
Année d'inauguration	1983	2016	2022	Prévu pour 2027 ou 2028
Région	La Côte, Nyon et région, 18 communes	Portalban, cantons de Fribourg et Vaud	Zurich, Vallée du Furttal	La Broye, ~20 communes entre Vaud et Fribourg
Nombre de bénéficiaires	200 propriétaires, 70 utilisateurs réguliers	40 agriculteurs	25 maraîchers membres	180 agriculteurs
Source de pompage	Lac Léman	Lac de Neuchâtel	La Limmat	Lac de Neuchâtel
m³ d'eau disponible	948 m ³ /h	-	346 m ³ /h	1'850 m ³ /h
Responsables	Le syndicat d'arrosage de Nyon et environs (SANE)	La société coopérative de pompage au lac à Portalban	La coopérative d'irrigation du Furttal (BGF)	Une direction exécutive assurée par un comité composé de 5 agriculteurs
Coût du projet	24 millions CHF	4 millions CHF	8,25 millions CHF	65 millions CHF

Répartition des coûts	50% de subventions réparties entre le canton de Vaud et la Confédération et 50% réparties entre les adhérents (7'000.- par hectare)	Co-financé en partie par les cantons de Vaud (40%) et de Fribourg (21%) ainsi que par la Confédération (25%)	Financés par la Confédération (27%), le canton de Zurich (30%) et par les membres du syndicat (43%)	Financés par la Confédération (27%), par le canton de Vaud (40%) ou par le canton de Fribourg (35%) = 65% en moy. de taux de subvention
Frais d'exploitation annuels	50.-/hectare + CHF 0,30.- /m ³	CHF 0,25.- /m ³ Année humide : ~CHF 17'500.- Année sèche : ~CHF 50'000 .-	Estimé à CHF 300'000.-	CHF 0,65.- /m ³ Année normale : ~CHF 455'000.- Année sèche : ~CHF 780'000.-
Nb d'hectares	1'730 ha	1'740 ha	400 ha	4'200 ha
Consommation moyenne d'eau annuelle	350'000 m ³ en année normale 1'000'000 m ³ en année sèche (2022) = x3 la cons. moyenne	70'000 m ³ en année humide (2021) 200'000 m ³ en année sèche (2022)	350'000 m ³ en année normale 500'000 m ³ en année sèche	700'000 m ³ en année normal 1'200'000 m ³ en année sèche
Raison(s) du projet	Envie de produire des cultures vivrières (besoin en eau)	Région sèche, souhait de produire des cultures à haute valeur ajoutée	Maintenir approvisionnement en eau des exploitations agricoles du Furttal	Maintenir production agricole, protection des cours d'eau, principalement la Broye

5. Réseau d'irrigation du Furttal

La majorité des informations relatives à ce projet proviennent du rapport agricole 2019 (Müller 2019), qui présentait dans les détails le projet d'irrigation du Furttal. Ce réseau d'irrigation est le seul qui prend sa source dans une rivière et non un lac.

Le but de ce projet d'irrigation est de maintenir l'approvisionnement en eau des exploitations maraîchères et agricoles du Furttal (Müller 2019). Un syndicat, de son nom « Bewässerungsgenossenschaft Furttal » et connu sous l'acronyme BGF, a été créé pour encadrer le projet. Ce syndicat est composé de 25 maraîchers et agriculteurs (BGF - Company Profile 2023). Cette coopérative a pour mission d'aménager et d'exploiter le réseau d'irrigation et les installations associées, telles que la station de pompage et le réservoir.

Le Furttal est une région en périphérie de l'agglomération zurichoise, dans le district de Dielsdorf. Elle a pour vocation d'approvisionner la population en produits frais et en denrées alimentaires de haute qualité (Müller 2019). Cette zone, qui requiert de grandes quantités d'eau, avait vu la garantie d'accès à cette ressource s'étioler ces dernières années. L'eau était pompée dans différentes sources, tel que des ruisseaux ou la nappe phréatique. Mais ces ressources, parfois polluées ou restreintes, devenaient inexploitable. Il était urgent de trouver une solution permettant d'assurer l'approvisionnement en eau sur le long terme aux agriculteurs et maraîchers de la région.

L'eau prévue pour alimenter ce système provient de la Limmat, une rivière suisse d'une longueur totale de 39 km. Emissaire du lac de Zurich, elle s'écoule en direction du canton d'Argovie avec comme point de confluence Brugg, où elle se jette dans l'Aar (Schweizerfluss.ch 2023).

Le captage d'eau ainsi qu'une station de pompage seront situées dans la commune d'Oetwil an der Limmat. La zone de captage ne subit que de faibles variations du niveau d'eau, puisqu'elle se trouve dans le secteur de la retenue du barrage de la centrale électrique de Wettingen (Müller 2019). 12,7 kilomètres de conduites ont été construites pour acheminer l'eau de la Limmat vers un réservoir surélevé dans la commune du Hüttikon (Marty Bauleistungen AG 2022). Construit à moitié dans la forêt, cela signifie que les arbres sur 165 m² ont été abattus, 90 m² étant reboisés après les travaux de construction. L'Office du paysage et de la nature a expliqué ce choix en mentionnant que les avantages pour la protection de l'eau l'emportaient sur la protection des forêts (Egloff 2018).

Ce réservoir, d'une capacité de 500 m³, sert de bassin de compensation et permet de maintenir la pression de l'eau du réseau à un niveau constant. Quittant le réservoir, l'eau continue son voyage et le termine auprès de 50 prises d'eau reliées au réseau et réparties dans la zone agricole du Furttal.

Au total, une surface de plus de 400 hectares a été aménagée pour l'irrigation. En tenant compte du changement des surfaces dus à la rotation des cultures et des fermages, 250 hectares bénéficieront chaque année de l'eau de la Limmat pour irriguer des cultures consommatrices d'eau.

La consommation d'eau des cultures a été estimée, sur la base d'enquêtes et de données climatiques, à 500 000 m³/an pendant une année de sécheresse importante, à 340 000 m³/an pendant une année de sécheresse moyenne et à 240 000 m³/an pendant une année humide. Il a aussi été déterminé, sur la base du nombre de gros consommateurs, des surfaces cultivées et des cultures semées, qu'un débit de 96 l/s ou de 8'300 m³ par jour pourraient fonctionner simultanément (Müller 2019).

Dans l'article tiré du rapport agricole 2019, il a été estimé que le coût du projet serait de 8,25 millions de francs. La Confédération participe à hauteur de 27 % et le canton de Zurich finance 30 %. Les membres du syndicat se répartissent le solde, soit 3,5 millions de francs. Le plan de financement du réseau prévoit des charges d'exploitation annuelles de CHF 300'000.-.

L'amortissement des pompes, des organes mécaniques et des équipements électroniques est calculé sur 15 ans. Celui des conduites et des constructions est basé sur trente ans. Le modèle de financement a été approuvé à l'unanimité des adhérents lors de l'assemblée générale de 2018. Celui-ci est réparti de la manière suivante : Le tiers des coûts annuels, soit CHF 100'000.-, sont financés à fonds perdu au début de l'année. Cette participation annuelle est perçue pour 25 % à hauteur du contingent souscrit par chaque exploitation adhérente. Ce qui correspond à la consommation d'eau maximale pendant quinze jours. Les 75 % sont à hauteur de la consommation annuelle moyenne. Le reste de la charge d'exploitation, élevée à CHF 200'000.-, est couverte proportionnellement à la consommation effective pendant l'année en cours (Müller 2019).

En se basant sur les chiffres actuels, le prix de l'eau est compris entre CHF 0.95 et 1.- par m³. Ce prix se situe distinctement au-dessus du coût de l'eau d'irrigation puisée dans des ruisseaux ou la nappe phréatique, mais au-dessous des prix de l'eau potable.

La décision d'octroi de la concession³ et l'autorisation de procéder à des travaux d'amélioration foncière sont entrées en vigueur en avril 2019. Le syndicat d'irrigation a déposé auprès de l'Office des déchets, des eaux, de l'énergie et de l'air du canton de Zurich (AWEL) la demande de concession relative au captage d'eau dans la Limmat durant l'été 2017. L'AWEL a fait examiner la demande par les services cantonaux compétents, puis a transmis une documentation aux communes concernées, à des fins de publication et d'enquête publique (Müller 2019).

Des associations de protection de la nature ont fait opposition aux différentes demandes de concession. Ces contestations ont été entendues par l'AWEL et les préoccupations ressorties ont été prises en compte dans la concession.

La demande portant sur la construction du réseau de conduites principales et du réservoir était du ressort de la législation sur les améliorations foncières. Elle a été traitée par le service zurichois de protection du paysage et de la nature (ALN), parallèlement à la demande de concession. L'examen du dossier par les services cantonaux, de même que la mise à l'enquête publique, ont été coordonnés. Seul le réservoir a suscité deux oppositions. Celles-ci ont été examinées et levées sur place, si bien que le l'ALN a pu soumettre le projet au Conseil d'État pour approbation et promesse d'allocation du subside cantonal. La décision du Conseil d'État a clos la procédure d'autorisation de construire.

Le réseau d'irrigation du Furttal est une grande nouveauté pour la région de Zurich. Il s'agit du premier projet d'irrigation commun dans le canton de Zurich à être approuvé via la procédure d'amélioration foncière et coordonné avec la concession de prélèvement d'eau (Müller 2019). Les coûts sont importants, c'est un investissement à long terme afin d'avoir la garantie d'une eau propre et en quantité suffisante pour les agriculteurs et maraîchers membres. Les contributions de la Confédération et du canton offrent l'apport nécessaire pour concrétiser cette solution. Les contestations ont pu être adressées et certaines concessions ont vu le jour pour parer aux oppositions.

³ Contrat par lequel l'administration autorise une personne privée à utiliser privativement le domaine public. Définition Larousse (Larousse [sans date])

6. Réseau d'irrigation ArroBroye

Le réseau d'irrigation ArroBroye fait partie d'un plus vaste projet : Aquavia. C'est la réunion de trois projets qui combinent plusieurs utilisations de l'eau et partagent une infrastructure de base, commune et nécessaire à tous. Prenant sa source dans le lac de Neuchâtel, le but est d'exploiter durablement les eaux du lac. L'eau pompée a trois débouchés : traiter et acheminer de l'eau potable vers les consommateurs urbains et industriels de la commune d'Estavayer, chauffer et rafraichir des quartiers d'habitations et industriels à distance, par le Groupe E⁴, et distribuer de l'eau aux agriculteurs de la région par le biais d'ArroBroye.

L'eau du lac est une ressource locale et renouvelable. Grâce à ces infrastructures, elle sera acheminée et utilisée dans toute la région de la Broye (*Aquavia* 2021). Le projet Aquavia entre dans sa phase d'étude, en vue d'un démarrage des travaux en 2026. L'investissement global s'élève à 160 millions de francs.

Le projet ArroBroye est donc un projet d'irrigation avec pompage au lac, dans le but d'irriguer les principales cultures de la région. Jusqu'à présent, l'eau était pompée en rivière. Une solution qui n'en n'était plus une, car elle cumulait les restrictions, voire interdictions de pompage lors des périodes de sécheresse (RTS 2015).

« Le but est de maintenir une production agricole durable, par le biais d'une solution d'irrigation sûre. Il s'agit aussi de protéger les cours d'eau, principalement la Broye, qui fait l'objet d'un vaste programme de revitalisation » (Galliker 2022)

Avait partagé Fabrice Bersier, coprésident d'ArroBroye et agriculteur à Vesin, dans un article du journal 24 heures en novembre 2022.

Monsieur Fabrice Bersier s'est rendu disponible pour un entretien téléphonique le 16 mai 2023. Un certain nombre d'informations reportées dans cette partie ressort de cet échange.

Le projet ArroBroye regroupe plus de 180 agriculteurs. Un total de 2'100 parcelles sont inscrites et plus de 4'000 hectares de surface irrigable pourront donc bénéficier du réseau d'irrigation. Grâce à cet accès facilité à l'eau, les exploitants agricoles de la région

⁴ Groupe E : En tant qu'énergéticien suisse de référence et de confiance, nous sommes acteurs de la transition énergétique en apportant les différents types d'énergie et de services énergétiques au cœur de la vie de notre clientèle (Groupe E 2023).

seront en mesure de fournir durablement des produits de qualité et de maintenir les rendements actuels malgré les dérèglements climatiques.

La direction exécutive du projet est assurée par un comité composé de cinq agriculteurs. Comité dont fait partie Fabrice Bersier.

L'inauguration du projet est espérée pour 2027 ou 2028. Les premières réflexions autour de réseaux d'irrigation remontent à quelques années maintenant. Une fusion de deux projets assez similaires s'est faite en juin 2020. En 2021, une étude préliminaire en amélioration foncière a été validée par l'OFAG⁵. Une seconde étude est en cours de révision.

La prise d'eau sera située au large d'Estavayer-le-Lac. Le projet prévoit la construction d'une station principale reliée à une nouvelle prise d'eau au lac, située à environ 40-50 mètres de profondeur. L'eau brute remplira un réservoir de 1'360 m³ relié au réseau d'irrigation d'ArroBroye. Le réservoir sera construit vers Châtillon. Au total, plus de 20 communes de la région de la Broye, réparties entre le canton de Vaud et de Fribourg, bénéficieront du réseau. 145 km de conduites et 22 stations de remise en pression seront construites et réparties dans le réseau. Le débit de pointe est calculé à 1'850 m³/h.

La consommation annuelle d'eau est actuellement estimée par une fourchette de 700'000 à 1'200'000 m³ pour une année normale à une année sèche. L'évolution du besoin en irrigation dans le futur a été anticipé et la consommation annuelle a été estimée de 1'150'000 à 2'100'000 m³.

La régulation des trois Lacs garantit un futur sous contrôle. En effet, la régulation permet d'abaisser les niveaux des hautes eaux et de relever les niveaux des basses eaux, tout en préservant les niveaux moyens (Inderwildi, Wehren 2020). Il est recommandé de mettre en perspective l'impact du pompage dans le lac. Même si le nombre de m³ pompés par année peut sembler important, cela représente à peine 0,5 à 1 cm de la surface du lac.

Le projet est estimé à 65 millions de francs. Cela revient à une approximation de CHF 15'900.- par hectare. Le financement est réparti entre la Confédération, les cantons de Vaud et Fribourg et les membres du réseau. La Confédération subventionne 27%. Le canton de Vaud finance la partie sur ses terres à hauteur de 40% et le canton de fribourg

⁵ OFAG : office fédéral de l'agriculture

35%, ce qui revient à une moyenne de 65% de subvention. Le reste du coût est réparti proportionnellement entre les membres, soit 35%.

Les frais d'exploitation sont calculés à CHF 0,65.- par m³. Nous pouvons donc estimer que pour une année normale, qui utilise 700'000 m³ d'eau, ils s'élèveront à CHF 455'000.-. Pour une année sèche, en moyenne 1'200'000 m³ seront pompés et les frais seront à hauteur de CHF 780'000.-.

L'enjeu majeur de ce projet est l'investissement qu'il représente. L'engagement que cela implique peut être vu comme une prise de risque pour les agriculteurs. Un autre enjeu concerne les questions environnementales qu'un projet d'une telle envergure soulève et les solutions et compromis qui doivent être trouvés pour les contourner.

Aquavia est un projet ambitieux et avant-gardiste. Le partage d'infrastructures similaires pour permettre de répondre à des besoins et problématiques différentes est très ingénieux. L'objectif d'utiliser durablement la ressource qu'est le lac de Neuchâtel offre des solutions sur le long terme. Le réseau d'irrigation d'ArroBroye regroupe plus de 180 agriculteurs qui pourront bénéficier d'un accès à l'eau et donc diminuer leur dépendance aux conditions météorologiques.

7. Réseau d'irrigation de Portalban

Le réseau d'irrigation de Portalban, situé à cheval entre le canton de Vaud et de Fribourg, prend sa source dans le lac de Neuchâtel. Il est administré par la société coopérative de pompage au lac à Portalban. Cette coopérative regroupe une quarantaine d'agriculteurs membres qui bénéficient du système de pompage. Son but est de réaliser et d'entretenir les ouvrages de pompage au lac et ceux des réseaux d'irrigation des différents secteurs de distribution, de favoriser les intérêts de ses membres et de gérer également la distribution d'eau par rapport aux quotas attribués à chaque secteur (Zefix 2023).

Nous avons pu rentrer en contact avec Monsieur José Baechler, président de la coopérative, lors d'un entretien téléphonique le 2 mai 2023. Cet échange a permis d'obtenir de nombreuses informations que nous avons pu exploiter dans ce travail.

La réflexion autour de ce réseau a émergé en 2013 et il a été officiellement inauguré en 2016. Pendant les trois ans qui ont séparé l'idée de l'exploitation effective, le projet a traversé plusieurs étapes. Dans un premier temps, ils ont dû demander les autorisations nécessaires et exposer le projet aux cantons de Vaud et de Fribourg ainsi qu'à la Confédération, afin de bénéficier de subventions. Par la suite, ils ont travaillé avec un ingénieur pour faire les plans du réseau et surmonter les défis techniques de l'installation de la pompe et des canalisations. Grâce à leur statut de pionnier dans la région, les autorisations nécessaires sont arrivées promptement et le projet a pu se mettre rapidement en place.

Les raisons derrière la mise en place de ce projet sont principalement liées aux restrictions liées à l'utilisation de l'eau. Il s'avère que ces limitations se sont décuplées ces dernières années (Jotterand 2023). Les étés secs ne sont pas une nouveauté pour ces travailleurs de la terre. Néanmoins, des solutions individuelles étaient trouvées auparavant. La plupart avaient un petit système de pompage dans une rivière proche de leurs champs. Avec la diminution des flux d'eau et les risques que cela comporte pour l'écosystème, ils ont d'abord fait face à des restrictions lors de périodes particulièrement arides, pour finalement s'y voir interdire l'accès. Face à cet empêchement, ils ont réfléchi à une solution, ce qui a donné naissance à leur collaboration pour mettre en place un système collectif.

Par ailleurs, c'est une région qui a toujours été sèche et les agriculteurs souhaitent avoir plus de choix en cultures consommatrices d'eau. Notamment le maïs, les pommes de terre et le tabac. Ce sont ces mêmes cultures, dites à haute valeur ajoutée, qui rapporteront plus d'argent par la suite.

En été, outre le réchauffement des températures et le besoin en eau, la population est multipliée dans la région avec l'arrivée des touristes dans les campings et autres lieux de détente. Ce qui signifie que la demande en eau s'accroît à la même période où l'offre se réduit. Cela laisse place à de potentielles rivalités entre les usagers. Cependant, l'irrigation agricole ne requiert pas nécessairement de l'eau potable. Certes, il est important que l'eau soit de bonne qualité, pas trop polluée, mais elle n'a pas besoin d'être traitée comme pour l'eau potable. Le réseau d'irrigation leur permet de ne pas être concurrents directs sur cette ressource.

Le projet n'a pas subi beaucoup de freins. Le plus important qui ait été relevé par le président a été de surpasser les interdictions qui touchent à la Grande Cariçaie, le plus grand marais lacustre de Suisse. Recouvrant une superficie de 3'000 hectares, cette région de la rive sud du lac de Neuchâtel compte huit réserves naturelles et est reconnue sur le plan international (Jura & Trois Lacs 2023). Réussir à persuader de l'absence de répercussions néfastes sur l'environnement et recevoir les autorisations pour traverser cette zone a été le plus grand défi qu'ils ont rencontré. Un défi potentiel qui a été mentionné est celui relatif aux moules Quagga. Bien qu'elles n'aient pas encore été un réel problème jusqu'à maintenant, c'est une menace potentielle car elles bouchent facilement des pompes, ce qui a fait déjà des dégâts dans le lac Léman (RTS 2021).

Aujourd'hui le réseau de Portalban rassemble 40 bénéficiaires et 1'740 hectares approvisionnés par le système d'irrigation. Lors d'une année humide comme en 2021, le réseau d'irrigation utilise 70'000 m³ d'eau. En comparaison, une année sèche comme 2022, c'est 200'000 m³ d'eau qui a été pompée et utilisée par le réseau.

Le coût financier du projet s'est élevé à 4 millions de francs. Les coûts ont été partagés entre les cantons, la Confédération et les agriculteurs membres. Les cantons de Vaud et de Fribourg ont participé à hauteur respective de 40% et 21%. La Confédération a financé 25% et le reste du coût a été porté par les membres de la coopérative. En moyenne, le projet a reçu 50% de subvention.

Concernant les frais d'exploitation annuels, ils varient en fonction du nombre de m³ pompés dans l'année. En regroupant les frais fixes, de maintenance, d'électricité ainsi que ceux relatifs aux autorisations, le total revient approximativement à CHF 0,25.- par m³ pompé. Si on fait les calculs en se basant sur la consommation annuelle du réseau, en 2021, une année relativement humide, les coûts se sont élevés à CHF 17'500.- alors qu'une année très sèche, comme 2022, ils se sont élevés à CHF 50'000.-.

Une fois l'eau acheminée depuis le lac jusqu'à la parcelle de l'agriculteur, celui-ci paie approximativement CHF 0,80 le m³. En soustrayant le montant pour financer les frais fixes, cela revient à un prix de vente de CHF 0,55 par m³ pour les agriculteurs membres.

Selon le président de la coopérative, il n'est pas pertinent de considérer le projet sous l'angle de la rentabilité. La question n'est pas tant de savoir si le réseau permet un retour sur investissement positif mais de mesurer comment il impacte positivement la production des agriculteurs et les choix qui en découlent. Le système d'irrigation enlève le risque de manquer d'eau et la variabilité liée à la météo. Il offre un accès continu et une fiabilité, ce qui représente une rentabilité non-monétaire.

Le réseau d'irrigation de Portalban était précurseur autour du lac de Neuchâtel. Aujourd'hui, d'autres projets similaires sont en gestation autour du lac, ce qui démontre l'utilité et l'efficacité de ce type d'infrastructures dans les régions agricoles.

8. Réseau d'irrigation du SANE

Le système d'irrigation de la région de Nyon est le projet le plus ancien de notre étude. En utilisation depuis 1983, c'est 40 ans de loyaux services auprès des agriculteurs de Nyon et région qu'il fête. Sa gestion se fait par l'intermédiaire d'un syndicat, le Syndicat d'Arrosage de Nyon et Environ, aussi connu sous le nom du SANE. Ce projet qui remonte à plus de deux générations est un bel exemple d'esprit d'innovation. Les premières réflexions s'étaient faites en 1965, et portaient sur la pérennité ou non du pompage en rivière et l'analyse des capacités de rétention du sol.

L'association du SANE se forme en 1975 et les travaux débutent en 1981. Il y a eu plus de 6 ans de réflexion, de recherches de solutions, de fonds, d'accords, de partenaires, avant le coup d'envoi des opérations. En 1978, un accord avec la SAPAN⁶ voit le jour. C'est finalement en 1983 que le système d'irrigation est inauguré et arrose pour la première fois les cultures des agriculteurs adhérents. Nous avons rencontré Raynald Pasche, arboriculteur à Prangins et actuel président du syndicat. Un nombre important des informations récoltées proviennent de cet entretien daté du 9 juin 2023.

Le syndicat rassemble 200 membres propriétaires d'un accès au réseau du SANE. Un tiers, soit 70 utilisateurs, exploitent régulièrement le réseau pour arroser leurs cultures. Un des plus grands utilisateurs est l'entreprise maraîchère Biscotte, basée à Vinzel. Au total, le réseau traverse 18 communes et représente 1'730 hectares de surface adhérente et plus de 80 km de conduites. Pour faire tourner un jet, c'est un minimum de 6 bars de pression qui est nécessaire, c'est pourquoi 9 stations de remise en pression sont réparties à des endroits stratégiques tout le long du réseau. Plus de 500 prises sont dispersées à proximités des parcelles.

Le pompage s'effectue à 1'200 mètres de la rive, à 50 mètres de profondeur, au large de Prangins. C'est la SAPAN qui pompe et distribue l'eau. Une partie est acheminée à la station de filtration de l'Asse, pour être ensuite traitée et injectée dans le réseau d'eau potable. L'eau qui n'est pas traitée, l'eau brute, est directement reliée au réseau du SANE (Ville de Nyon 2021). Les questions relatives à l'eau sont gérées par les cantons, la SAPAN dispose donc d'un droit de pompage concédé pas le canton de Vaud. Le système a une disponibilité de 948 m³ par heure. Par année, la consommation est en

⁶ SAPAN : Société anonyme pour le pompage et l'adduction d'eau du lac pour la région nyonnaise

moyenne de 350'000 m³. Il y a eu un pic en 2020, 1'000'000 m³ ont été consommés dû à une année particulièrement sèche.

Le coût du projet était à hauteur de 24 millions de francs. Au total, ils ont reçu 50% de subvention entre la Confédération et le canton. Soit un montant de 12 millions de francs réparti entre les membres du syndicat. Chaque agriculteur a dû déboursé CHF 7'000.- par hectares, soit CHF 0,07.- le mètre carré. Pour un agriculteur, c'est un investissement très important. Lors de nouveaux investissements pour la maintenance, la Confédération participe à hauteur de 27% et le canton finance 40%.

Les frais d'exploitation s'élèvent à CHF 50.- par hectare adhérent au réseau en frais fixe. Le prix du m³ payé par l'agriculteur est de CHF 0,45.-. En fin d'année, ils reçoivent un retour de compteur avec les m³ consommés. Le SANE rachète l'eau à la SAPAN CHF 0,15.- le m³. Les CHF 0,30.- ajoutés au prix d'achat financent les différentes charges de maintenance, pompage et distribution.

En termes de rentabilité, il n'est pas pertinent de donner un chiffre précis, mais il est intéressant de relever que depuis 40 ans, ce réseau offre la possibilité de cultiver des cultures à valeur ajoutée dans une région peu favorable à ces dernières.

Les raisons derrière la création de ce réseau sont multiples et nous allons survoler les principales. La région de Nyon est historiquement sèche, avec un terrain décrit comme « gravillé » et « léger » en argot agricole. C'était un terrain aride, sans grande capacité de rétention d'eau. Ces régions ne sont pas propices aux cultures vivrières, car elles nécessitent une grande quantité d'eau pour pousser. L'eau était puisée dans les petits cours d'eau avoisinant les parcelles, mais déjà en 1965, les agriculteurs se rendaient bien compte que ce n'était pas une solution exploitable à long terme et que le débit des ruisseaux était trop faible pour permettre d'arroser les champs. Sans garantie d'eau, ces agriculteurs ne pouvaient pas se tourner vers des cultures à haute valeur ajoutée, tel que les légumes et les pommes de terre. C'est après ces divers constats que les producteurs se sont finalement tournés vers le lac Léman.

D'après Raynald Pasche, sans ce système, tous les agriculteurs garderaient peut-être des moutons dans la région. La réalisation de ce réseau d'irrigation a permis de conserver la production et l'économie locale. Pour pouvoir utiliser l'eau du réseau, les agriculteurs doivent appeler la personne de service tôt le matin pour demander une permission d'arroser. Les besoins étant généralement simultanés, il est nécessaire d'organiser une répartition par créneau des différentes demandes, pour garder un débit suffisant dans les tuyaux. Ce travail est important et une lourde charge au quotidien.

Le projet a rencontré certains freins lors de sa concrétisation, mais aussi et surtout par la suite, pour la maintenance. Le premier frein est le coût. Pour ces agriculteurs sans recul ni exemple de systèmes similaires et aux ressources limitées, le prix à investir était plus que conséquent. Beaucoup se demandaient si la prise de risque valait la peine et si c'était rentable. Peu d'autres obstacles ont été cités pour la mise en place du projet. C'était une époque avec moins de restrictions ou de besoins en autorisations et la traversée des grands axes, tels que l'autoroute, les chemins de fer et les rivières, se faisait plus facilement.

Ce qui introduit les défis actuels concernant la maintenance. A l'heure actuelle, la traversée d'un grand axe est sujet d'étude et nécessite des autorisations. Les coûts sont bien plus élevés et il y a d'importantes démarches administratives. De plus, pour maintenir tout le système en état, le syndicat doit pouvoir vendre son eau à des clients, des agriculteurs de la région qui cultivent et arrosent. Un autre défi est le désir de ne pas augmenter le prix de l'eau, tout en étant face à un coût de l'énergie plus cher. Ce qui amène à des réflexions pour économiser l'énergie. Enfin, il y a la nécessité d'informatiser le système. Un système informatisé est requis mais il doit être fiable et bien fonctionner. En effet, les risques de l'informatisation d'un service sont les bugs potentiels et les alarmes qui se déclenchent parfois sans raison. Les moules Quagga sont au cœur des préoccupations autour du lac Léman (RTS 2021). La SAPAN n'a pas encore eu de problèmes avec car elles ne s'aventurent pas au-delà de 40 mètres de profondeur. Finalement les défis futurs pour la perpétuation du SANE sont de continuer à vendre de l'eau et de trouver une relève, un renouvellement des intervenants et une jeunesse qui serait prête à se former et à reprendre la responsabilité du réseau pour les prochaines décennies.

Aujourd'hui, le système a été informatisé et les conduites sont régulièrement changées afin de maintenir cet outil en bon état. La géolocalisation des prises sera bientôt mise en service et des alarmes et détections des fuites ont été programmées pour gérer la distribution de l'eau au mieux. Ce réseau, l'un des plus grands du pays, est devenu un modèle à suivre pour d'autres agriculteurs romands, venus voir comment il fonctionne.

Le président du syndicat s'est exprimé sur le réseau en disant : « C'est une belle réussite, c'est un beau projet qu'on doit maintenir ». Il est vrai qu'un projet de cette ampleur serait presque inimaginable aujourd'hui, compte tenu de tous les freins qui viendraient l'entraver. C'est donc grâce à des esprits précurseurs que la région de Nyon jouit d'un réseau d'irrigation fructueux, envié et recopié maintes fois.

9. Analyse des similarités

Cette partie d'analyses a pour but de ressortir les caractéristiques communes aux quatre réseaux. L'étude de ces similarités permet de mieux comprendre les multiples enjeux de ces projets. Les responsables ont fait face à des freins, des entraves à la progression et réalisation du projet, qu'ils ont adressés au mieux. Une fois les obstacles surmontés et les réseaux inaugurés, cet accès à de l'eau d'irrigation leur apporte à tous des bénéfices notables sur le long terme. Notre liste de similarités permet de mettre en lumière les points importants relatifs aux systèmes d'irrigation et offre des pistes de réponse à notre problématique.

9.1 Coûts élevés

La première similarité qui est ressortie, tant dans le réseau du SANE qui a 40 ans que dans celui d'ArroBroye qui est toujours en phase d'étude, est le coût élevé. L'investissement que représente ces projets est très important, spécialement pour le secteur agricole. C'est un métier qui rassemble de grosses charges d'exploitation et les marges sur les prix de vente ne sont pas aussi élevées qu'espéré. Comme le démontre une enquête de la Fédération Romande des Consommateurs de 2022 :

« Le premier et le dernier maillon de la chaîne [producteurs et clients] sont les grands perdants d'un marché où règnent opacité et loi du silence. Le système a été complexe à décortiquer : le prix payé au producteur ne couvre pas toujours ses coûts et la marge des distributeurs peut peser d'une manière démesurée dans le prix final. »
(FRC 2022)

De plus, c'est une sphère qui est tributaire d'un grand nombre d'éléments imprévisibles, tels que la météo, les sécheresses, les tempêtes, la grêle, mais aussi les maladies végétales et autres ravageurs pouvant être destructeurs de cultures entières (OFAG 2022), sans omettre de mentionner les préférences des consommateurs et standards attendus des revendeurs (Grin 2008). Tous ces aléas et attentes sont difficiles à contrôler et obligent les agriculteurs à anticiper un pécule de secours pour les périodes compliquées.

Les coûts relatifs aux différents projets s'élèvent à plusieurs millions. Des ingénieurs et entreprises de construction sont mandatés pour faire les plans nécessaires à la mise à l'enquête du projet et, une fois les autorisations obtenues, construire le réseau de conduites et les autres infrastructures indispensables au bon fonctionnement du système.

Les frais d'exploitation annuels sont calculés différemment en fonction des projets. Après une première analyse comparative des coûts entre les projets, la comparaison s'est avérée peu pertinente, compte tenu le nombre d'éléments spécifiques à chaque réseau.

La question relative à la rentabilité, qui a été posée lors des différents entretiens, n'a pas obtenu de réponses chiffrées ou suscité un constat évident. Il est compliqué et peu pertinent de considérer un tel projet sous l'angle de la rentabilité au sens comptable comme on l'entend généralement. Dans notre contexte, la rentabilité se calcule sur des éléments non financiers, tel que l'impact positif sur le rendement des cultures, la qualité et la quantité de production, ainsi que les choix qui découlent de cette sécurité d'accès continu à l'eau. Un système d'irrigation avec pompage au lac enlève le risque de manquer d'eau et réduit la dépendance liée à la météo. Il offre une garantie, des résultats sur le long terme et amoindrit les risques : des éléments recherchés par tout investisseur avant de placer son argent.

Chaque projet a bénéficié de subventions. Des subventions bienvenues, généralement à hauteur de 27% de la Confédération et variables concernant les cantons, mais généralement entre 30 et 40%. Les subventions octroyées sont donc loin d'être négligeables. En général elles s'élèvent à 50% du financement et sans elles, un certain nombre de projets n'aurait certainement jamais vu le jour. Néanmoins, pour l'obtention de ces subventions, un long processus de vérification et une enquête publique doivent avoir lieu. Par le biais de ces importantes aides financières, nous pouvons déduire que la Suisse comprend l'importance de soutenir le secteur de l'agriculture, pour l'encourager et le préserver au mieux. Nous relevons cependant le manque de visibilité qu'ont ces projets aux yeux du citoyen lambda et le manque de soutien qui en découle inévitablement.

Les subventions d'améliorations foncières sont octroyées sous forme de contributions à fonds perdu, dans le but de promouvoir la réalisation de mesures et d'ouvrages d'améliorations foncières. Elles constituent une tâche commune, financée conjointement par la Confédération et les cantons, pour laquelle la Confédération assume la direction stratégique, les cantons étant chargés de la responsabilité opérationnelle (OFS, Economie Suisse 2019b) (État de Vaud 2023b).

Le canton de Vaud a mis en place un barème pour fixer le taux de subvention en fonction de l'amélioration foncière réalisée. Pour un projet d'assainissement avec pompage, les subventions du canton sont à hauteur de 40% (DGAV-DAGRI 2019).

9.2 Demandes d'autorisations

La deuxième grande caractéristique que nous retrouvons concerne le temps de traitement des projets et les autorisations qui doivent être obtenues en amont. La concession de pompage, les autorisations pour les travaux et celles pour la construction des tuyaux et des réservoirs sont quelques-unes des multiples autorisations qui doivent être rassemblées. Ces demandes se font auprès de plusieurs entités et sont souvent basées sur différentes lois, arrêts et réglementations, en fonction des communes et cantons. La concession de pompage est délivrée par le canton, car ce sont les cantons qui sont responsables du domaine public et souverains dans la gestion de l'eau.

Comme par exemple dans le canton de Vaud, où il faut adresser une demande à l'Etat de Vaud, afin d'obtenir une autorisation d'utiliser les eaux publiques pour le pompage en rivière ou au lac.

*« Pomper de l'eau dans une rivière ou un lac, dériver l'eau d'un cours d'eau, revient à utiliser un bien public à des fins personnelles. Il est donc normal que celui-ci soit mis au bénéfice d'une autorisation et qu'il doive s'acquitter d'une redevance. »
(État de Vaud 2023a).*

Le projet doit faire l'objet d'une enquête publique au préalable et des documents obligatoires sont à joindre à la demande. Dans les documents à remettre, il doit y avoir un plan de situation établi et signé par un géomètre officiel qui mentionne l'emplacement précis de la prise d'eau et du rejet, un profil pour la bonne compréhension du projet, une note explicative de l'installation projetée (usage, débit, etc.), et pour les projets à but d'arrosage/irrigation, il doit être indiqué la période et la fréquence d'arrosage, la surface arrosée et le type de culture (État de Vaud 2023a). C'est donc un gros travail administratif qui se fait en parallèle des autres démarches pour la création d'un réseau d'irrigation.

Le temps de latence pour obtenir des autorisations est un frein qui s'est amplifié ces dernières années, le nombre croissant de projets en gestation rend le temps de traitement des dossiers plus long pour les autorités compétentes et laisse les porteurs de projets en attente. Une fois les autorisations reçues, les redevances demandées sont incluses dans les charges d'exploitation du réseau.

9.3 Protection des écosystèmes aquatiques

La troisième caractéristique notable est relative à la préservation des écosystèmes, tant fluviaux que lacustres, et aux risques d'affecter la biodiversité environnante. Les réseaux d'irrigation sont des travaux qui nécessitent la construction d'un certain nombre d'infrastructures, ce qui résulte en des modifications de la nature alentour. Ces systèmes d'irrigation ont, pour la plupart, été créés pour remplacer le pompage dans les petits cours d'eau des environs, ce qui altérerait la qualité de l'écosystème fluvial, particulièrement lors des périodes de sécheresse, quand le cours d'eau était déjà à son niveau d'étiage⁷. Ce problème est donc résolu avec les réseaux qui ne s'approvisionnent pas dans les cours d'eau alentours mais dans un lac.

Un étudiant en Bachelor en gestion de la nature de la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève nous a parlé des risques liés au pompage dans un lac lors d'un entretien le 28 juin 2023. Par ailleurs, il a travaillé pour l'Association pour la sauvegarde du Léman (ASL) et à la Maison de la rivière (MLDR), respectivement pendant six et quatre mois.

Le premier risque relevé est celui lié à la quantité d'eau qui ne sera pas reversée dans le bassin versant⁸ usuel. Ce changement en quantité peut avoir des répercussions pour d'autres utilisateurs et casser la continuité naturelle du réseau hydrographique.

Le deuxième problème soulevé se rapporte au risque encouru avec de l'eau non traitée, transportant des micro-organismes qui peuvent venir coloniser d'autres bassins versants. Ces mélanges avec des nouvelles espèces peuvent venir déséquilibrer un écosystème.

Le troisième risque touche à la fluctuation du niveau des lacs. Cette variation de niveau, qui était auparavant majoritairement naturelle, va toucher les espèces qui dépendent d'un écotone⁹, dans le cas des lacs : ses rives. Le risque, à terme, est la disparition d'espèces.

⁷ L'étiage est l'état de toute étendue d'eau ou cours d'eau à son niveau le plus bas (AquaPortail 2008)

⁸ Un bassin versant (fluvial ou lacustre) est une portion d'espace terrestre à l'intérieur de laquelle tous les écoulements, en surface ou en profondeur, se dirigent vers le même exutoire (cours d'eau, lac ou mer) (Géoconfluences 2023).

⁹ Zone de transition entre deux écosystèmes, où les conditions d'environnement sont intermédiaires. (Le Robert [sans date])

Finalement, un défi qui touche le pompage dans les lacs est la qualité de l'eau pompée. En Suisse, l'eau est globalement de bonne qualité et beaucoup d'efforts sont fournis pour la garder propre, mais un niveau de pollution élevé dans les lacs pourrait se répercuter sur les cultures irriguées avec cette même eau.

Il a également été relevé par cet étudiant l'importance et le bénéfice des zones agricoles sur la biodiversité. L'agriculture a donc un impact plus positif que les idées reçues sur l'environnement.

Nous comprenons donc qu'à partir du moment où il est question d'activité humaine venant détourner le cours naturel des choses, il y a un danger de répercussions négatives sur l'environnement. Néanmoins, les risques cités peuvent être contrôlés et pris en compte lors des réflexions, tant dans la mise en place que dans la maintenance d'un réseau. Du point de vue de la préservation de l'environnement, pomper de l'eau dans un lac n'est donc pas une action préjudiciable et ne vient pas s'opposer à l'idée de durabilité derrière ces réseaux d'irrigation.

9.4 Garantie

Une similitude qui est ressortie lors de différentes discussions avec les responsables des réseaux est la garantie d'avoir un accès à l'eau et tout ce que cette garantie implique. Cette assurance crée une liberté et permet de bénéficier d'un plus large choix de culture. Les agriculteurs rattachés au SANE n'auraient pas pu produire des cultures à haute valeur ajoutée, de même pour les agriculteurs de Portalban, qui prenaient un risque en plantant des pommes de terre ou du maïs, ne pouvant pas prédire s'ils recevraient suffisamment d'eau pour garantir la croissance de la plante. Cette garantie assure donc la rentabilité des cultures et est un atout non négligeable dans la gestion et les choix relatifs à la production.

9.5 Collaboration

Une autre particularité qui ressort de nos quatre réseaux d'irrigation est le regroupement de plusieurs agriculteurs autour d'un projet et la formation d'un syndicat ou d'une coopérative pour gérer ce dernier. C'est donc par le biais d'une coopération et d'un partage des ressources qu'ils peuvent mettre un système d'irrigation de cette envergure en place. Le nombre de membres varie entre les projets ; celui du Furttal regroupe 25 agriculteurs, celui de Portalban 40 et le SANE en dénombre 200, avec 70 utilisateurs réguliers. Ces projets prennent vie après le rassemblement de particuliers autour d'un problème similaire, pour ensuite rassembler leurs forces et mettre en place une solution judicieuse.

9.6 Meilleure répartition des ressources en eau

Une meilleure répartition des ressources en eau est ressortie des projets qui ont vu le jour après le constat d'un manque de ressources suffisantes pour satisfaire les besoins de chaque usager. C'est un argument qui a été noté dans les deux projets autour du lac de Neuchâtel et de celui du Furttal. Certaines régions essuient des périodes plus compliquées concernant la répartition des ressources en eau. Ces périodes sont généralement isolées, en saison estivale et lors de grands intervalles sans précipitations. Les agriculteurs, désemparés et inquiets pour leurs cultures, se fournissaient parfois sur les réseaux d'eau potable, ce qui créait un conflit dans la répartition de la ressource avec les autres utilisateurs. Les questions, telles que « qui » ou « quoi » prioriser (secteur du tourisme, de l'agriculture, besoin des ménages, ...) soulèvent de nombreux débats. Pour être utilisée à des fins d'irrigation, l'eau n'a pas besoin d'être potable, et donc traitée. Ces réseaux allègent la pression mise sur les ressources en eau potable et limitent les conflits potentiels dans la répartition de la ressource.

10. Synthèse des analyses

Ces six caractéristiques communes à nos quatre projets nous permettent de comprendre les grands enjeux associés à la mise en place et à la maintenance d'un réseau d'irrigation avec pompage au lac. Certaines similarités sont vues comme des barrières à surmonter ; le coût et les autorisations relatives au projet sont les principaux freins. A noter que ces barrières sont temporaires. La protection des écosystèmes ne doit pas être vue comme un frein mais comme une alliée sur le long terme, ces projets doivent être réfléchis pour impacter le moins possible leur environnement. La garantie qu'offre l'accès continu à de l'eau d'irrigation est le bénéfice central de ces systèmes avec pompage au lac. La collaboration entre les agriculteurs et avec les autorités et autres intervenants est cruciale. Elle permet la mise en commun d'un certain nombre de ressources. Une bonne gestion de la répartition des ressources en eau offre de meilleurs rapports entre les utilisateurs et prévient les situations de conflits. Les subventions sont des aides encourageantes pour réussir à mener à bien ces projets coûteux et peu visibles aux yeux des citoyens. Ce sont donc ces enjeux principaux qui sont soulevés lors de la mise en place d'un réseau d'irrigation et qui permettent de trouver des solutions, dans une certaine mesure, aux enjeux économiques et climatiques.

Nous n'avons pas effectué d'analyse quantitative par manque de pertinence dans les résultats. En effet, ces projets sont uniques sous un grand nombre d'aspects, à l'exception des similitudes relevées. Les deux principales limites à notre analyse sont la partie technique des réseaux d'irrigation qui n'a pas été soulevée et les caractéristiques propres de chaque projet qui ne peuvent être anticipées.

Nos analyses ont mis en évidence les façons dont ces réseaux d'irrigation avec pompage au lac permettaient de trouver des pistes de solutions aux enjeux économiques et climatiques relatifs à la gestion de l'eau et l'irrigation agricole. A ce jour, ces systèmes peuvent être considérés comme durables, en opposition à une solution qui serait éphémère et impacterait négativement les dimensions sociales et environnementales. Les risques liés aux sécheresses sont relativement minimisés et les ressources en eau peuvent être distribuées de manières plus ciblées et optimales entre les utilisateurs. Les résultats que nous avons obtenus dans nos analyses serviront de pistes pour répondre à notre question de recherche et conclure ce travail.

11. Conclusion

Afin de clore ce travail, nous allons proposer une réponse à la problématique émise dans l'introduction, en incluant les points importants qui ont été identifiés dans la partie développement et étudiés dans nos analyses. Nous ouvrirons le champ de la réflexion sur deux aspects qui pourraient être améliorés à terme.

Pour rappel, notre sujet d'étude était formulé de la manière suivante : Quels sont les enjeux de la gestion de l'eau et de l'irrigation agricole en Suisse face aux changements climatiques et à la raréfaction de la ressource ? Comment les systèmes d'irrigation prélevant l'eau des lacs peuvent-ils constituer une solution durable afin d'atténuer les risques liés aux périodes de sécheresse pour les agriculteurs et garantir une utilisation optimale de la ressource en eau ?

11.1 Réponse à la problématique

La gestion de l'eau et de l'irrigation agricole en Suisse fait face à des enjeux majeurs dus aux changements climatiques et à la raréfaction temporaire de la ressource. Après l'avoir étudié plus en profondeur dans notre développement, nous avons relevé que les systèmes d'irrigation prélevant de l'eau des lacs peuvent effectivement constituer une solution durable. Un certain nombre de problèmes économiques et climatiques résultent du dérèglement climatique, ce qui nécessite des changements dans la gestion des ressources en eau, ainsi que des solutions innovantes et durables, afin d'utiliser optimalement la ressource.

Les nombreux lacs présents en Suisse offrent une opportunité précieuse pour l'irrigation agricole. Contrairement à l'eau traitée, destinée principalement aux ménages, l'eau des lacs peut être directement utilisée, sans nécessiter de traitement supplémentaire. Bien que les réseaux d'irrigation avec pompage au lac ne soient pas nouveaux en Suisse, comme on a pu le constater avec le système du SANE, datant des années 70, ils s'avèrent représenter une solution durable et adaptée aux changements du régime hydrique de ces dernières années. Autrefois, les rivières étaient surexploitées pour puiser de l'eau à des fins d'irrigation. Aujourd'hui, cette ressource est préservée par des interdictions de pompage, pour ne pas risquer d'empirer la situation déjà précaire de l'écosystème fluvial. L'eau des lacs est une ressource bien plus volumineuse et fiable que celle des rivières, garantissant ainsi un approvisionnement sûr pour l'agriculture.

Pour renforcer les aspects durable et économique de cette solution, il est possible de la combiner avec des technologies modernes. De plus en plus d'agriculteurs utilisent des capteurs et d'autres appareils pour mesurer avec précision les besoins en eau des

plantes, ce qui permet une utilisation optimale de la ressource et réduit son gaspillage. Ces systèmes d'irrigation associés à la technologie permettent aux agriculteurs d'avoir un accès continu à l'eau tout en minimisant les volumes utilisés et sans affecter l'approvisionnement en eau potable d'autres utilisateurs. L'utilisation de telles aides technologiques améliore donc l'efficacité de l'irrigation tout en préservant la ressource en eau.

Un investissement, durable ou non, doit être rentable. Bien que la rentabilité strictement d'un point de vue comptable ne peut être prouvée, il est important de noter que l'accès continu à de l'eau représente une garantie inestimable pour les agriculteurs. Grâce à cette assurance, ils peuvent faire des choix de cultures en toute confiance, sans dépendre des conditions météorologiques et être vulnérables aux changements climatiques.

Par ailleurs, deux aspects relatifs à notre thématique pourraient bénéficier d'une amélioration à terme : la visibilité de ces projets d'irrigation et le recensement des données sur la consommation d'eau par la Confédération et les cantons. Une meilleure visibilité de ces projets permettrait à des particuliers, des associations ou autres groupes intéressés (supermarchés, épiceries, restaurants,...) qui ont les circuits courts à cœur, de participer aux coûts d'investissement de ces projets. Cette participation se ferait par le biais de dons ou autres fonds prévus à cet effet ou moyennant une contrepartie (réduction sur les quantités, premiers choix, priorités, privilèges,..). Cela pourrait créer des situations dites « gagnant-gagnant ». L'autre aspect qui pourrait être amélioré concerne les données à disposition par région et par saison, pour gérer, distribuer et utiliser au mieux les ressources en eau tout au long de l'année. Il serait pertinent que tous ces systèmes d'irrigation soient répertoriés et que les informations soient centralisées et accessibles.

En conclusion, les systèmes d'irrigation prélevant l'eau des lacs offrent une solution intéressante et aux perspectives durables pour l'agriculture en Suisse. En utilisant les réservoirs naturels et abondants des lacs, ces systèmes permettent de faire face aux défis posés par les changements climatiques et la raréfaction de l'eau, particulièrement marquée en été et lors de périodes de sécheresse. A ce jour, ces systèmes permettent d'offrir une garantie d'approvisionnement à long terme, adressant les enjeux économiques et climatiques liés à la gestion de l'eau, tout en répondant aux besoins des agriculteurs suisses.

Bibliographie

AESCHLIMANN, Isabelle, 2022. *Allons-nous manquer d'eau?* 24 août 2022. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=ez_Mh2tcwxk [consulté le 29 mars 2023].

ALEXANDRE TAITHE, 2006. *Partager l'eau, les enjeux de demain*. Paris : Technip. ISBN 2-7108-0872-2.

AQUAPORTAIL, 2008. Étiage : définition et explications. *AquaPortail*. 21 octobre 2008. Disponible à l'adresse : <https://www.aquaportail.com/definition-4166-etiage.html> [consulté le 12 juillet 2023].

AQUAPORTAIL, 2009. Évapotranspiration : définition et explications. *AquaPortail*. 30 mars 2009. Disponible à l'adresse : <https://www.aquaportail.com/definition-4568-evapotranspiration.html> [consulté le 12 juillet 2023].

AQUAPORTAIL, 2016. Stress hydrique : définition et explications. *AquaPortail*. 29 novembre 2016. Disponible à l'adresse : <https://www.aquaportail.com/definition-2606-stress-hydrique.html> [consulté le 10 juillet 2023].

Aquavia, 2021 *aqua-via.ch*. Disponible à l'adresse : <https://www.aqua-via.ch/fr> [consulté le 15 mars 2023].

BERNARD GAËTAN, TACHROUN SOULAIMANE & ZAFAR RÉZA, 2021. L'impact du réchauffement climatique sur l'économie mondiale. *la conscience des étudiants*. 9 mars 2021. Disponible à l'adresse : <https://laconsciencedesetudiants.fr/2021/03/09/limpact-du-rechauffement-climatique-sur-leconomie-mondiale/> [consulté le 1 avril 2023].

BGF - COMPANY PROFILE, 2023. BGF - Bewässerungsgenossenschaft Furtal Company Profile | Dällikon, ZÜRICH, Switzerland | Competitors, Financials & Contacts - Dun & Bradstreet. *Dun&bradstreet*. 2023. Disponible à l'adresse : https://www.dnb.com/business-directory/company-profiles.bgf_-_bew%c3%a4sserungsgenossenschaft_furtal.e953cee17b8495e2d9d5e10e63540dd6.html [consulté le 12 avril 2023].

BOLOGNESI, Thomas, SILVA PINTO, Francisco et FARRELLY, Megan, 2022. *Routledge handbook of urban water governance*. London : Routledge. ISBN 978-1-00-305757-4.

BROOKS, Jonathan, DECONINCK, Koen et GINER, Céline, 2019. Le triple défi de l'agriculture et comment l'aborder - OCDE. *www.oecd.org*. 4 juin 2019. Disponible à l'adresse : <https://www.oecd.org/fr/agriculture/triple-defi-agriculture-aborder/> [consulté le 3 juillet 2023].

BUSSARD, Stéphane, 2023. L'eau, l'enjeu de guerre et paix du XXI^e siècle - Le Temps. 22 mars 2023. Disponible à l'adresse : <https://www.letemps.ch/sciences/environnement/leau-lenjeu-guerre-paix-xxie-siecle> [consulté le 28 juin 2023].

CARANTINO, B. et al., 2020. Effets économiques du changement climatique. *Trésor-éco*. Disponible à l'adresse : <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/2020/07/09/tresor-eco-n-262-effets-economiques-du-changement-climatique> [consulté le 1 avril 2023].

CÉLINE DURUZ, 2020. Les agriculteurs s'organisent pour garantir l'arrosage de leurs cultures. *Terre & Nature*. Disponible à l'adresse : <https://www.terrenature.ch/les->

agriculteurs-sorganisent-pour-garantir-larrosage-de-leurs-cultures/ [consulté le 24 novembre 2022].

C.I.EAU, 2017. L'eau, c'est quoi ? | Centre d'information sur l'eau. 14 juin 2017. Disponible à l'adresse : <https://www.cieau.com/connaitre-leau/connaitre-leau/leau-cest-quoi/> [consulté le 7 juin 2023].

CONSEIL D'ETAT DU CANTON DE VAUD, 1977. *ARRÊTÉ 721.05.1 sur les autorisations de pompage pour l'arrosage (AAPA) du 18 mars 1977.*

CONSEIL FÉDÉRAL, [sans date]. *RS 814.20 - Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux).* Disponible à l'adresse : https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1992/1860_1860_1860/fr [consulté le 15 mars 2023 a].

CONSEIL FÉDÉRAL, [sans date]. *RS 814.201 - Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (OEaux).* Disponible à l'adresse : https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/2863_2863_2863/fr [consulté le 15 mars 2023 b].

CONSEIL FÉDÉRAL, [sans date]. *RS 910.1 - Loi fédérale du 29 avril 1998 sur l'agriculture (Loi sur l'agriculture, LAgr).* Disponible à l'adresse : https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/3033_3033_3033/fr [consulté le 15 mars 2023 c].

CONSTITUTION FÉDÉRALE, 2022. *Art. 76 Cst. · SR 101 · Constitution fédérale de la Confédération suisse · Cst. · 13 février 2022.* Disponible à l'adresse : <https://lawbrary.ch/law/art/CST.-v2022.02-fr-art-76/> [consulté le 12 juillet 2023].

DEFrance PASCAL, 2019. Les agriculteurs en quête de nouveaux moyens d'irrigation en Suisse. *rts.ch.* 15 octobre 2019. Disponible à l'adresse : <https://www.rts.ch/info/regions/10787511-les-agriculteurs-en-quete-de-nouveaux-moyens-dirrigation-en-suisse.html> [consulté le 8 avril 2023].

DFAE, 2022. *Lignes directrices sur l'eau 2022-2025.* Département fédéral des affaires étrangères. Disponible à l'adresse : https://www.eda.admin.ch/content/dam/deza/fr/documents/publikationen/Diverses/Leitlinien_Wasser_2022-2025_FR.pdf

DGAV-DAGRI, 2019. *BARÈME POUR FIXER LE TAUX DES SUBVENTIONS VD.* Morges : Direction générale de l'agriculture, de la viticulture et des affaires vétérinaires. Disponible à l'adresse : https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/economie_emploi/agriculture/fichiers_pdf/Autres/LIS_20190225_taux-AF-DGAV.pdf

EGLOFF, Anna Bérard und Sibylle, 2018. Region - Für 8 Millionen Franken soll Limmatwasser die Furttaler Felder bewässern. *St. Galler Tagblatt.* 25 mai 2018. Disponible à l'adresse : <https://www.tagblatt.ch/limmattal/region-limmattal/fur-8-millionen-franken-soll-limmatwasser-die-furttaler-felder-bewassern-id.1506584> [consulté le 5 avril 2023].

ÉTAT DE VAUD, 2023a. Demander une autorisation d'utiliser les eaux publiques pour le pompage en rivière ou au lac. *www.vd.ch.* 2023. Disponible à l'adresse : <https://www.vd.ch/prestation/demander-une-autorisation-dutiliser-les-eaux-publiques-pour-le-pompage-en-riviere-ou-au-lac> [consulté le 27 juin 2023].

ÉTAT DE VAUD, 2023b. Améliorations foncières agricoles. *www.vd.ch.* 2023. Disponible à l'adresse : <https://www.vd.ch/themes/economie/agriculture-et-viticulture/contributions->

et-aides-financieres-agricoles/ameliorations-foncieres-agricoles [consulté le 7 juillet 2023].

FAO, 2020. *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2020*. Rome, Italy : FAO. The State of Food and Agriculture (SOFA). DOI 10.4060/cb1447en.

FRANCE PIVOTS, 2019. L'irrigation dans le monde agricole : quels enjeux ? *France Pivots*. 12 avril 2019. Disponible à l'adresse : <https://france-pivots.com/pivots-irrigation/lirrigation-dans-le-monde-agricole-quels-enjeux/> [consulté le 14 avril 2023].

FRC, 2022. *La FRC révèle le dessous des marges dans le maraîchage*. Lausanne : Fédération Romande des Consommateurs. Disponible à l'adresse : https://www.frc.ch/wp-content/uploads/2022/10/20221006-CP_maraichage-site.pdf [consulté le 24 juin 2023].

FURRER JULIEN, 2023. Le Val de Bagnes à la pointe de l'innovation en matière d'irrigation. *rts.ch*. 5 juin 2023. Disponible à l'adresse : <https://www.rts.ch/info/regions/valais/14074985-le-val-de-bagnes-a-la-pointe-de-linnovation-en-matiere-dirrigation.html> [consulté le 6 juin 2023]. Last Modified: 2023-06-05T10:11:27Z

GALLIKER, Sébastien, 2022. L'eau du lac pourrait sauver les récoltes de milliers d'hectares dans la Broye. *24 heures*. 18 novembre 2022.

GARCÍA-LÓPEZ, Marcos, MONTANO, Borja et MELGAREJO, Joaquín, 2020. Water Pricing Policy as Tool to Induce Efficiency in Water Resources Management. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 17, no 10, p. 3534. DOI 10.3390/ijerph17103534.

GÉOCONFLUENCES, 2023. Bassin versant. *Géoconfluences*. janvier 2023. Disponible à l'adresse : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/bassins-versants-ressource-en-eau-et-frontieres> [consulté le 12 juillet 2023].

GIESSER, Jeanne, BURGOS, Stéphane et MONNEY, Philippe, 2012. Pratiques d'irrigation des arboriculteurs de Nyon et environs. Disponible à l'adresse : https://www.changins.ch/wp-content/uploads/2012_05_f_301.pdf

GOUEYTHIEU JEAN-PIERRE, 2019. Les biens communs. *Centre de Ressources en Économie-Gestion*. 29 août 2019. Disponible à l'adresse : <https://creg.ac-versailles.fr/les-biens-communs> [consulté le 6 mai 2023].

GRIN, Jean-Pierre, 2008. Défis et perspectives pour l'agriculture suisse. *UDC Suisse*. 12 février 2008. Disponible à l'adresse : <https://www.udc.ch/actualites/publications/exposes/defis-et-perspectives-pour-lagriculture-suisse/> [consulté le 7 juin 2023].

GROUPE E, 2023. Le Groupe | Groupe E. 2023. Disponible à l'adresse : <https://www.groupe-e.ch/fr/decouvrir-groupe-e/groupe-e> [consulté le 12 juillet 2023].

HUDON, Paul-Henri, 2022. L'agriculture d'autrefois, un art sous-estimé. *Journal le Montérégien*. 9 février 2022. Disponible à l'adresse : <https://journallemonteregien.com/lagriculture-dautrefois-un-art-sous-estime/> [consulté le 10 mai 2023].

INDERWILDI, Andreas et WEHREN, Bernhard, 2020. *Régulation des lacs du pied du Jura*. Disponible à l'adresse : file:///C:/Users/marti/Downloads/Regulation_des_lacs_du_pied_du_jura.pdf

JAKOB, Bettina, 2022. Un bien très convoité. *OFEV. No Magazine « l'environnement »*-

La Suisse bientôt à court d'eau ? Disponible à l'adresse : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-wasser/wasser--dossiers/magazin2020-4-dossier/wasser-ns-trockene-bringen.html> [consulté le 24 janvier 2023].

JOTTERAND, Raphaël, 2023. Avec la sécheresse, les premières restrictions d'eau sont tombées - Le Temps. 28 juin 2023. Disponible à l'adresse : <https://www.letemps.ch/suisse/avec-la-secheresse-les-premieres-restrictions-d-eau-sont-tombees> [consulté le 28 juin 2023].

JURA & TROIS LACS, 2023. Réserve naturelle de la Grande Caricaie, Yverdon-les-Bains | Nord vaudois (CH) | Nature. *Jura & Trois Lacs*. 2023. Disponible à l'adresse : <https://www.j3l.ch/fr/P545/lieux/sites-naturels/reserve-naturelle-de-la-grande-caricaie> [consulté le 7 juillet 2023].

KOTLICKI, Marie-José, 2008. *Les activités économiques dans le monde liées à l'eau*. Conseil économique, social et environnemental. Disponible à l'adresse : https://medias.vie-publique.fr/data_storage_s3/rapport/pdf/094000006.pdf [consulté le 5 juillet 2023].

LAROUSSE, Éditions, [sans date]. Définitions : concession - Dictionnaire de français Larousse. Disponible à l'adresse : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/concession/17904> [consulté le 20 juin 2023].

LE CONSEIL FÉDÉRAL, [sans date]. Ressources en eau : le Conseil fédéral veut garantir l'approvisionnement en Suisse. Disponible à l'adresse : <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-88853.html> [consulté le 19 avril 2023].

LE CONSEIL FÉDÉRAL, 2022. *Rapport de base sur la sécurité de l'approvisionnement en eau et sur la gestion de l'eau*. Berne. Disponible à l'adresse : <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/71508.pdf>

LE ROBERT, [sans date]. écotone - Définitions, synonymes, conjugaison, exemples | Dico en ligne Le Robert. Disponible à l'adresse : <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/ecotone> [consulté le 29 juin 2023].

LEFÈVRE, Thierry, 2013. La répartition de l'eau sur la Terre. *Planète viable*. 29 octobre 2013. Disponible à l'adresse : <https://planeteviable.org/repartition-eau-sur-terre/> [consulté le 7 juin 2023].

LIPTON DAVID, 2016. Pourquoi il faut réformer la tarification de l'eau. *Blog du SMI*. 22 mars 2016. Disponible à l'adresse : <https://www.imf.org/external/french/np/blog/2016/032216f.htm> [consulté le 19 avril 2023].

LUCARELLI, Alberto, 2010. IV. La nature juridique de l'eau entre bien public et bien commun. *Annuaire des Collectivités Locales*. Vol. 30, no 1, pp. 87-98. DOI 10.3406/coloc.2010.2138.

MADE IN FR, 2023. le marché de l'irrigation agricole en France. *Made in FR*. 2023. Disponible à l'adresse : <https://madeinfr.fr/etudes-de-marche/agriculture/le-marche-de-lirrigation-agricole-en-france/> [consulté le 14 avril 2023].

MARTY BAULEISTUNGEN AG, 2022. *Marty Bauleistungen AG Einblicke - Wasser marsch!, Reportage, Bewässerung Furttal ZH*. Disponible à l'adresse : <https://www.marty-gruppe.ch/de/einblicke/wasser-marsch/tblid/422/id230/28> [consulté

le 5 avril 2023].

MEULI, Kaspar, 2020. Le château d'eau vacille. *OFEV. No Magazine « l'environnement »*-La Suisse bientôt à court d'eau? Disponible à l'adresse : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-wasser/wasser--dossiers/magazin2020-4-dossier/im-wasserschloss-wird-es-ungemuettlich.html> [consulté le 24 janvier 2023].

MISEREZ MARC-ANDRÉ, 2019. Les Suisses, leur eau et celle des autres. *SWI swissinfo.ch*. Disponible à l'adresse : https://www.swissinfo.ch/fre/en-5-questions_les-suisses--leur-eau-et-celle-des-autres/45415238 [consulté le 27 juin 2023].

MORDOR INTELLIGENCE, 2022. Rapport sur le marché des machines d'irrigation | Taille, part, croissance et tendances (2022-27). 2022. Disponible à l'adresse : <https://www.mordorintelligence.com/fr/industry-reports/agricultural-irrigation-machinery-market> [consulté le 14 avril 2023].

MÜLLER, Urs, 2019. *Projet d'irrigation du Furttal*. Rapport agricole 2019 . Disponible à l'adresse : <https://2019.agrarbericht.ch/fr/politique/ameliorations-structurelles-et-mesures-daccompagnement-social/projet-dirrigation-du-furttal> [consulté le 15 mars 2023].

OFAG, Office fédéral de l'agriculture, 2022. Ravageurs et maladies. 14 avril 2022. Disponible à l'adresse : <https://www.blw.admin.ch/blw/fr/home/nachhaltige-produktion/Pflanzengesundheit/schaedlingeundkrankheiten.html> [consulté le 24 juin 2023].

OFEV, 2021. *Effets des changements climatiques sur les eaux suisses*. Office fédéral de l'environnement OFEV. Disponible à l'adresse : https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/wasser/uw-umwelt-wissen/auswirkungen-des-klimawandels-auf-die-schweizer-gewaesser.pdf.download.pdf/UW-2101-F_HydroCH2018.pdf [consulté le 24 novembre 2022].

OFEV, Office fédéral de l'environnement, 2020. Magazine «l'environnement» 4/2020 - La Suisse bientôt à court d'eau ? by Federal Office for the Environment FOEN - Issuu. *Confédération Suisse*. p. 64.

OFS, ECONOMIE SUISSE, 2019a. Quel est le poids actuel de l'agriculture suisse, en chiffres? *www.economiesuisse.ch*. 11 février 2019. Disponible à l'adresse : <https://www.economiesuisse.ch/fr/dossier-politique/quel-est-le-poids-actuel-de-lagriculture-suisse-en-chiffres> [consulté le 7 juillet 2023].

OFS, ECONOMIE SUISSE, 2019b. Comment l'agriculture est-elle subventionnée en Suisse? *www.economiesuisse.ch*. 11 février 2019. Disponible à l'adresse : <https://www.economiesuisse.ch/fr/dossier-politique/comment-lagriculture-est-elle-subventionnee-en-suisse> [consulté le 6 mai 2023].

ONU FRANCE, 2022. L'eau, une ressource naturelle en voie de disparition. *ONU France*. 26 août 2022. Disponible à l'adresse : <https://unric.org/fr/leau-une-ressource-naturelle-en-voie-de-disparition/> [consulté le 11 juillet 2023].

OTT EMILY, [sans date]. A Sustainable Switzerland: Water Policy to Conserve and Protect | Pangaea Journal. Disponible à l'adresse : <https://sites.stedwards.edu/pangaea/a-sustainable-switzerland-water-policy-to-serve-and-protect/> [consulté le 16 avril 2023].

REVKIN, Andrew, 2018. On parle du changement climatique depuis plus de 30 ans.

Pourquoi n'avons-nous rien fait? *National Geographic*. Disponible à l'adresse : <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/on-parle-du-changement-climatique-depuis-plus-de-30-ans-pourquoi-navons-nous-rien-fait> [consulté le 10 mai 2023].

RTS, 2015. Neuchâtel interdit de pomper l'eau dans les rivières du canton. *rts.ch*. 30 juillet 2015. Disponible à l'adresse : <https://www.rts.ch/info/regions/neuchatel/6974143-neuchatel-interdit-de-pomper-leau-dans-les-rivieres-du-canton.html> [consulté le 23 juin 2023].

RTS, 2021. Dans le Léman, la moule quagga est un casse-tête pour les services des eaux. *rts.ch*. 10 avril 2021. Disponible à l'adresse : <https://www.rts.ch/info/regions/vald/12111430-dans-le-leman-la-moule-quagga-est-un-cassetete-pour-les-services-des-eaux.html> [consulté le 9 juillet 2023]. Last Modified: 2021-04-11T13:22:27Zsection: Vaud

SÄLE, Dr. Verena, 2019. Comparaison de systèmes d'irrigation. *Revue UFA*. Disponible à l'adresse : <https://www.ufarevue.ch/fre/production-vegetale/comparaison-de-systemes-d-irrigation> [consulté le 5 avril 2023].

SCHWEIZERFLUSS.CH, 2023. Limmat. *schweizerfluss.ch*. 2023. Disponible à l'adresse : <https://schweizerfluss.ch/limmat/> [consulté le 9 juillet 2023].

Surface Agricole Utile, 2023 *Eaufrance*. Disponible à l'adresse : <https://www.eaufrance.fr/glossaire/surface-agricole-utile> [consulté le 4 juillet 2023].

TERREAUX, Jean-Philippe, GLEYES, Guy et LOUBIER, Sébastien, 2005. Définition du coût de l'eau d'irrigation: Méthode et applications. In : . ISBN 978-2-85362-651-4.

TOAN, Truong Duc, 2016. Water Pricing Policy and Subsidies to Irrigation: a Review. *Environmental Processes*. Vol. 3, no 4, pp. 1081-1098. DOI 10.1007/s40710-016-0187-6.

VILLE DE NYON, 2021. Eau potable. *Eau potable*. 30 juillet 2021. Disponible à l'adresse : <https://www.nyon.ch/nyon-officiel/politiques-thematiques/politique-de-l-environnement/gestion-et-protection-des-eaux/eau-potable-1679> [consulté le 5 juin 2023].

WEILL, Anne et DUVAL, Jean, 2009. Irrigation. In : *Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée*. Equiterre. ISBN 978-2-922563-22-1.

ZEFIX, 2023. Société coopérative de pompage au lac à Portalban à Portalban - Contact et renseignements | Lixt. 2023. Disponible à l'adresse : <https://www.lixt.ch/fr/registre-du-commerce/societe-cooperative-de-pompage-au-lac-a-portalban-1107670#Publikationen> [consulté le 6 mai 2023].

ZOÏ ENVIRONMENT NETWORK, 2022. Guidelines on Water 2022–25. *Zoï Environment Network*. 2022. Disponible à l'adresse : <https://zoinet.org/product/sdc-water-guidelines-22-25/> [consulté le 10 juillet 2023].