CSD INGÉNIEURS SA
Avenue Industrielle 12
CH-1227 Carouge
+41 22 308 89 00
geneve@csd.ch
www.csd.ch

acade sàrl
antenne à Genève
Ch. Du Fief-de-Chapitre 7
1213 Petit-Lancy
+41 22 870 13 00
contact@acade-agro.ch
www.acade-agro.ch

République et canton de Genève – Département du territoire

Office Cantonal de l'Agriculture et de la Nature

Irrigation des terres agricoles

Etude prospective préliminaire

Rapport de synthèse

Genève, le 15.06.2021/ GE02094.100 – V1.2

Table des matières

1 Introduction 7

2 Besoins 8

2.1 Contexte 8

2.1.1 État des connaissances 8

2.1.2 État des réflexions menées par les Stations fédérales de recherche agronomique 8

2.1.3 Irrigation, le contexte genevois 9

2.2 Collecte des données 10

2.2.1 Compilation de la documentation existante 10

2.2.2 Interviews et rencontres avec des agriculteurs et acteurs concernés par la thématique 10

2.2.3 Questionnaire de consommation 11

2.3 Hypothèses et bases de calcul 11

2.3.1 Cultures prises en compte 12

2.3.2 Localisation des besoins 13

2.3.3 Besoins actuels et stratégies pour les besoins futurs 14

2.3.4 Surfaces et part irrigable 16

2.3.5 Estimation des débits 17

2.4 Évaluation des besoins en eau d'irrigation agricole 18

2.4.1 Besoins par culture 18

2.4.2 Actuel : estimations quantitatives des besoins théoriques 20

2.4.3 Futur I : stratégie « Maintien des cultures et augmentation des besoins » 21

2.4.4 Comparaison entre les scénarios Actuel et Futur I 22

2.4.5 Futur II : stratégie « adaptation des pratiques culturales » 23

3 Ressources 27

3.1 Contexte légal et réglementaire 27

3.1.1 Législation fédérale 27

3.1.2 Législation cantonale 27

3.2 Caractérisation des eaux de surface 28

3.2.1 Critères quantitatifs 28

3.2.2 Critères qualitatifs 28

3.2.3 Lac 29

3.2.4 Rhône 29

3.2.5 Arve 30

3.2.6 Conclusion 31

3.3 Caractérisation des eaux souterraines 32

3.3.1 Approche mise en œuvre 32

3.3.2 Nappes principales 35

3.3.3 Nappes superficielles 41

3.4 Synthèse des ressources potentiellement exploitables pour l'irrigation 46

4 Concepts d'approvisionnement 48
4.1 Approche générale 48
4.2 Identification des opportunités 49
4.2.1 Réseaux thermiques CAD 49
4.2.2 Géothermie 50
4.2.3 Réseau et infrastructure eau potable SIG 50
4.2.4 Autres infrastructures d'alimentation en eau ou d'évacuation des eaux usées 51
4.2.5 Infrastructures routières 52
4.3 Définition et évaluation des scénarios envisageables 54
4.3.1 Bases préliminaires de conception 54
4.3.2 Bases de prédimensionnement et d'évaluation économique 57
4.4 Secteur Arve-Lac 59
4.4.1 Densité de besoins 59
4.4.2 Concepts d'approvisionnement 60
4.4.3 Synthèse de l'évaluation et recommandations pour ce secteur 63
4.5 Secteur Genève-Sud 63
4.5.1 Densité de besoins 63
4.5.2 Concepts d'approvisionnement 64
4.5.3 Synthèse de l'évaluation et recommandations pour ce secteur 69
4.6 Secteur Champagne 69
4.6.1 Densité de besoins 69
4.6.2 Concepts d'approvisionnement 71
4.6.3 Synthèse de l'évaluation et recommandations pour ce secteur 75
4.7 Secteur Mandement 76
4.7.1 Densité de besoins 76
4.7.2 Concepts d'approvisionnement 77
4.7.3 Synthèse de l'évaluation et recommandations pour ce secteur 79
4.8 Secteur Lac Rive droite 79
4.8.1 Densité de besoins 79
4.8.2 Concepts d'approvisionnement 81
4.8.3 Synthèse de l'évaluation et recommandations pour ce secteur 83
4.9 Secteur Céligny 84
4.9.1 Densité de besoins 84
4.9.2 Concepts d'approvisionnement 85
4.9.3 Synthèse de l'évaluation et recommandations pour ce secteur 86

5 Synthèse et conclusion 87

6 Bibliographie 89
Littérature scientifique 89
Documents institutionnels 89
Documents de présentation et de colloque 90

Ouvrage 90

Liste des figures

Figure 1. Secteurs et principales zones de cultures pour la localisation des besoins en eau. 13
Figure 2. Évolution de la somme des températures, de l'évapotranspiration et de la pluviométrie du 1er avril au 15 juin (gauche) et du 11 juin au 31 août (droite) pour la période 1976-2015. 15
Figure 3. Besoins actuels (bleu) et futurs (rouge) pour l'arboriculture. 18
Figure 4. Besoins actuels (bleu) et futurs (rouge) pour le maraîchage. 19
Figure 5. Besoins actuels (bleu) et futurs (rouge) pour les cultures fourragères. 19
Figure 6. Besoins actuels (bleu) et futurs (rouge) pour la pomme de terre. 20
Figure 7. Besoins actuels (bleu) et futurs (rouge) pour la viticulture. 20
Figure 8. Estimation des besoins annuels actuels, pour une année normale et une année extrême. 21
Figure 9. Estimation des besoins annuels futurs, pour une année normale et une année extrême. 21
Figure 10. Comparaison entre les besoins annuels moyens actuels et futurs. 22
Figure 11: Rhône - débit moyen mensuel (2009-2018) 29
Figure 12: Arve - Débit moyen mensuel (2009-2018) 30
Figure 13: Arve - charge mensuelle en matières en suspension: mesures 2018 en jaune et moyennes 2014-2018 en gris (source: Hydrodaten) 31
Figure 14: Eaux souterraines - synthèse des ressources potentielles 34
Figure 15: Synthèse des ressources potentielles 47
Figure 16 : Infrastructures : opportunités et synergies potentielles 53
Figure 17: Synthèse des besoins - localisation 55
Figure 18 : Densité de besoins pour le secteur Arve-Lac 59
Figure 19 : Disponibilité de la ressource par rapport aux besoins pour le secteur Arve-Lac 60
Figure 20 : Réseau envisagé pour le secteur Arve-Lac 61
Figure 21 : Prix de revient du scénario Réseau lac global (à gauche), et partiel (à droite) 62
Figure 22 : Densité de besoins pour le secteur Genève-Sud 63
Figure 23 : Disponibilité de la ressource par rapport aux besoins pour le secteur Genève-Sud 64
Figure 24 : Réseau envisagé pour le secteur Genève-Sud et le scénario Réseau Rhône global 65
Figure 25 : Prix de revient du scénario Réseau Rhône global (en haut à gauche), partiel 1 (en haut à droite), et partiel 2 (en bas) 67
Figure 26 : Densité de besoins pour le secteur Bernex-Champagne 70
Figure 27 : Disponibilité de la ressource par rapport aux besoins pour le secteur Bernex-Champagne 71
Figure 28 : Réseau envisagé pour le secteur Bernex-Champagne et pour le scénario Nappe du Rhône, Aire la Ville 72
Figure 29 : Prix de revient du scénario Nappe du Rhône, Aire la Ville 73
Figure 30 : Réseau envisagé pour le secteur Bernex-Champagne et pour le scénario Nappe d'Avully 73
Figure 31 : Prix de revient du scénario Nappe d'Avully 74
Figure 32 : Réseau envisagé pour le secteur Bernex-Champagne et pour le scénario Réseau de puis le Rhône 75
Figure 33 : Densité de besoins pour le secteur Mandement 76
Figure 34 : Disponibilité de la ressource par rapport aux besoins pour le secteur Mandement 77
Figure 35 : Réseau envisagé pour le secteur Mandement 78
Figure 36 : Prix de revient du scénario Nappe de Montfleury 78
Figure 37 : Densité de besoins pour le secteur Lac Rive droite 80
Figure 38 : Disponibilité de la ressource par rapport aux besoins pour le secteur Lac Rive droite 81

Figure 39 : Réseau envisagé pour le secteur Lac Rive droite 82
Figure 40 : Prix de revient des scénarios Nappes de Montfleury 2 puits (à gauche) et 1 puits (à droite) 83
Figure 41 : Densité de besoins pour le secteur Céligny 84
Figure 42 : Disponibilité de la ressource par rapport aux besoins pour le secteur Céligny 85
Figure 43 : Réseau envisagé pour le secteur Céligny 85
Figure 44 : Prix de revient du scénario Réseau lac global 86

Liste des tableaux

Tableau 1. Liste des acteurs rencontrés par le bureau **acade sàrl** pour l'identification des besoins. 11
Tableau 2. Hypothèses de calculs pour l'estimation des besoins futurs. 16
Tableau 3. Estimation des parts irrigables (actuelles et futures) de chaque culture. 17
Tableau 4. Besoins actuels et futurs estimés par culture, pour une année normale et une année extrême. . 18
Tableau 5. Estimation des besoins moyens par secteur, et variation entre le scénario Actuel et Futur I. 22
Tableau 6 : Techniques de travail au sol permettant de mitiger la sensibilité à la sécheresse. 23
Tableau 7: Débits résiduels minimaux selon le Q347 du cours d'eau (art. 31 LEaux) 27
Tableau 8: Estimation des débits naturels des nappes selon le flux de Darcy pour les zones d'étude retenues des nappes principales 41
Tableau 9: Estimation des débits naturels des nappes selon le flux de Darcy pour les zones d'étude retenues des nappes superficielles 45
Tableau 10: Synthèse des besoins par secteur 56
Tableau 11: Densité de besoins pour le secteur Arve-Lac 60
Tableau 12 : Densité de besoins pour le secteur Genève-Sud 64
Tableau 13 : Densité de besoins pour le secteur Bernex-Champagne 70
Tableau 14 : Densité de besoins pour le secteur Mandement 76
Tableau 15 : Densité de besoins pour le secteur Lac Rive droite 80
Tableau 16 : Densité de besoins pour le secteur Céligny 84

Liste des annexes

Annexe A Changement climatique et agriculture. État des connaissances. 92
Annexe B Synthèse des rencontres avec les agriculteurs et tableau d'interview. 93
Annexe C Carte générale des besoins et détail par secteur (atlas) 94
Annexe D Récapitulatif des besoins (onglets « Données agriculteurs » et « Hypothèses - m3 ha »). 95
Annexe E Surfaces totales, cultivées et irrigables par culture, par secteur et par zone (onglet « Hypothèses - surfaces »). 96
Annexe F Graphiques illustrant les besoins par secteur et par mois, actuels et futurs. 97
Annexe G Base de données générale par zone : surfaces, besoins mensuels et annuels, débits journaliers (Onglet «Synthèse par zone»). 98
Annexe H Syndicat d'irrigation agricole : l'exemple du syndicat de Nyon. 99
Syndicat d'irrigation agricole : l'exemple du syndicat de Nyon 100

Préambule

CSD confirme par la présente avoir exécuté son mandat avec la diligence requise. Les résultats et conclusions sont basés sur l'état actuel des connaissances tel qu'exposé dans le rapport et ont été obtenus conformément aux règles reconnues de la branche.

CSD se fonde sur les prémisses que :

- le mandant ou les tiers désignés par lui ont fourni des informations et des documents exacts et complets en vue de l'exécution du mandat,
- les résultats de son travail ne seront pas utilisés de manière partielle,
- sans avoir été réexaminés, les résultats de son travail ne seront pas utilisés pour un but autre que celui convenu ou pour un autre objet ni transposés à des circonstances modifiées.

Dans la mesure où ces conditions ne seraient pas remplies, CSD déclinera toute responsabilité envers le mandant pour les dommages qui pourraient en résulter.

Si un tiers utilise les résultats du travail ou s'il fonde des décisions sur ceux-ci, CSD décline toute responsabilité pour les dommages directs et indirects qui pourraient en résulter.

1 Introduction

Selon les prévisions des experts sur l'évolution du climat, les besoins en eau de l'agriculture genevoise devraient s'accroître dans les décennies à venir.

Alors qu'en matière d'irrigation, l'agriculture genevoise est actuellement presque entièrement dépendante du réseau de distribution de l'eau des Services Industriels de Genève (SIG), le lac Léman, le Rhône, l'Arve et certaines nappes d'eau souterraines du bassin genevois présentent des potentialités intéressantes qui pourraient être valorisées pour cet usage.

Par ailleurs, des infrastructures planifiées (extension Genilac ; élargissement de l'autoroute de contournement…), existantes ou désaffectées (p.ex. anciens puits AEP) constituent des opportunités intéressantes pour mettre en œuvre de manière économique et rationnelle les futures infrastructures nécessaires à l'irrigation agricole.

Dans ce contexte, l'Office cantonal de l'agriculture et de la nature (OCAN) a mandaté en octobre 2019 les bureaux ***acade sàrl et* CSD Ingénieurs SA** pour mener une réflexion sur les besoins et l'approvisionnement en eau d'irrigation dans un contexte de changement climatique. Celle-ci a notamment pour but de réviser les conclusions réalisées lors de l'étude[1] de 2005 et de les projeter dans le contexte climatique actuel et futur du canton de Genève.

Plus précisément, l'étude est scindée en deux volets ; le premier, confié au bureau ***acade sàrl***, vise à évaluer et localiser les besoins en eau d'irrigation de l'agriculture genevoise par secteurs, en intégrant également les enjeux liés à l'évolution climatique. Le deuxième volet, confié à **CSD Ingénieurs SA** vise d'une part à caractériser les ressources et identifier les volumes exploitables, et d'autre part à définir des concept d'approvisionnement par secteur en validant la pertinence technique et économique de ces derniers sur la base d'une évaluation grossière des investissements et du prix de revient.

Le présent document constitue une synthèse de ces réflexions et est structuré de la manière suivante :

- Besoins (chapitre 2)
- Ressources (chapitre 3)
- Concepts d'approvisionnement (chapitre 4)
- Synthèse et conclusion (chapitres 5)

Ce rapport a fait l'objet d'une première version éditée le 16 novembre 2020 qui a été diffusée auprès de l'Office cantonal de l'agriculture et de la nature (OCAN), de l'Office cantonal de l'Eau (OCEau) et du Service cantonal de géologie (GESDEC).

Le présent document constitue une version mise à jour du rapport, qui intègre notamment les remarques formulées par le GESDEC et l'OCEau.

[1] Office cantonal de l'agriculture et de la nature (2005). *Eau d'irrigation.* Genève : J-M Sermet.

2 Besoins

2.1 Contexte

2.1.1 État des connaissances

Les évolutions climatiques sont déjà une réalité en Suisse. Les rapports climatiques établis par « l'Office fédéral de météorologie et de climatologie » confirment que les changements enregistrés des précipitations, des températures et de l'ensoleillement provoquent des modifications dans nos modes de production[2].

L'évolution climatique nous dirige vers des étés plus chauds, avec des périodes de sécheresse de plus en plus marquées. Nos hivers seront également plus doux et humides. Un changement dans la fréquence des événements extrêmes (vagues de chaleur, fortes précipitations, sécheresses) est également attendu (González-Sánchez & Basch, 2017).

Les changements climatiques globaux vont également s'exprimer par un développement végétal précoce[3].

Cependant, l'évolution des régimes de température et des précipitations peuvent avoir des impacts ambigus. Cette évolution peut avantager ou diminuer la croissance végétale et la production agricole en fonction du contexte climatique local (Bindi & Olesen, 2011; Brönnimann et al., 2014; Lindner et al., 2010). De plus, les auteurs (Henne et al., 2017) soulignent que les impacts du réchauffement global sur les systèmes humain et naturel se font d'ores et déjà sentir à l'échelle locale et régionale.

L'état des connaissances sur le changement climatique et sa potentielle influence sur l'agriculture Suisse font l'objet d'une synthèse bibliographique disponible en annexe (cf 0).

2.1.2 État des réflexions menées par les Stations fédérales de recherche agronomique

Depuis 2009, l'OFAG mandate la station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon pour estimer les besoins en irrigation de l'agriculture suisse. Trois études ont été réalisées, la première en 2009[4] par les auteurs Fuhrer et Jasper, la seconde en 2010[5] par Fuhrer et la troisième, toujours par Fuhrer en 2012[6].

Lors du décompte effectué par l'OFAG en 2007, la Suisse comptait environ 38'000 ha de surface agricole utile (SAU) régulièrement arrosés et 17'000 ha supplémentaire arrosés occasionnellement, ce qui représente moins de 1% de la surface agricole utile suisse. Selon les projections faites par Fuhrer et Jasper en 2009, 41% de la surface potentielle des terres arables et 26% de la SAU devraient pouvoir être irriguées actuellement[7]. Cette étude montre que le potentiel de rendement des surfaces agricoles en Suisse ne peut pas être atteint sans un apport d'eau. Dans les années qui viennent, du fait des changements climatiques et de l'augmentation des températures, la demande en irrigation sera de plus en plus forte en période de végétation. En plus des

[2] Office fédéral de météorologie et de climatologie (2018). Rapport climatique 2018. Zürich : MétéoSuisse

[3] Ibidem.

[4] Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (2009). *Besoin d'irrigation en suisse.* Berne : OFAG

[5] Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (2010). *Estimation des besoins en irrigation pour l'agriculture suisse, rapport final.* Berne : OFAG

[6] Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (2012). *Besoins en eau d'irrigation et ressources disponible dans les conditions climatiques et futures.* Berne : DFE

[7] Ibidem.

incidences économiques et écologiques, cette pression de la demande en irrigation pourrait conduire à des conflits locaux et régionaux pour l'utilisation de l'eau[8].

Dans ce contexte, l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) a publié en 2011 une nouvelle stratégie Climat pour l'agriculture. Ce document, intitulé « Protection du climat et adaptation au changement climatique pour une agriculture et une économie alimentaire suisse durable »[9], met en avant vingt-quatre mesures réalisables dans les exploitations agricoles suisses pour limiter le changement climatique et leur permettre de mieux s'adapter aux conditions futures. Parmi ces mesures, quatre concernent spécifiquement les ressources en eau :

1. *La gestion de l'offre en eau*

La stratégie vise une utilisation efficiente de la ressource et une répartition équitable entre tous les utilisateurs. Le texte mentionne que « les intérêts de l'agriculture doivent être pris en compte dans les processus de nouvelle attribution ou de gestion des eaux »[10]

2. Le stockage de l'eau

Le stockage de l'eau est un élément important de cette stratégie. Que ce soit par la création de bassins d'accumulation ou par l'augmentation du potentiel de rétention des sols agricoles, le but est de pallier aux fluctuations climatiques futures.

3. La distribution de l'eau

La stratégie climat pour l'agriculture comprend l'amélioration des systèmes de distribution de l'eau, c'est-à-dire, l'installation de nouvelles canalisations ou l'optimisation de leur diamètre pour diminuer les pertes en eau ainsi que les coûts. La stratégie insiste également sur l'importance des reconversions techniques vers des systèmes d'irrigation fins plus efficients.

4. Le travail réduit des sols

Enfin, la réduction du travail des sols et l'augmentation du stock de carbone sont également des mesures mises en avant dans la stratégie 2011. Ces deux mesures influencent également la capacité des sols à retenir et à stocker l'eau.

2.1.3 Irrigation, le contexte genevois

L'agriculture genevoise fait face à de nombreux défis, aussi bien économiques que climatiques. En effet, le canton, de par sa situation et la typologie de ses sols, fait face à un besoin important en eau durant la période estivale (mai à septembre). Pour garantir des rendements suffisants et maintenir une production rentable, de très nombreux agriculteurs ont recours à l'irrigation de leurs cultures. Pour ce faire, l'agriculture genevoise utilise, à quelques exceptions près, exclusivement le réseau d'eau potable (SIG). L'utilisation de puits de captage ou de pompage dans les cours d'eau majeurs est anecdotique.

Cette dépendance au réseau SIG implique des contraintes pour les agriculteurs. En effet, cette ressource, certes de qualité, représente une part importante des charges qui pèsent sur les exploitations. De plus, les informations collectées lors des entretiens individuels menés dans le cadre de la présente étude tendent à montrer que le réseau actuel ne sera pas en mesure d'absorber les besoins supplémentaires dus à l'augmentation de logements, d'activités, et particulièrement des besoins agricoles dus aux épisodes de sécheresse de plus en plus fréquents. Le fait d'utiliser de l'eau potable pour irriguer des cultures vivrières constitue également un paradoxe, quand bien même l'eau utilisée à des fins agricoles ne représente guère plus de 1% de la totalité de l'eau distribuée par les SIG, en l'occurrence environ 55 millions de m^3 par an[11].

[8] Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (2010). *Estimation des besoins en irrigation pour l'agriculture suisse, rapport final.* Berne : OFAG

[9] Office fédéral de l'agriculture (2011). *Stratégie Climat pour l'agriculture.* Protection du climat et adaptation au changement climatique pour une agriculture et une économie alimentaire suisse durable. Bern : OFAG

[10] Ibidem.

[11] Office cantonal de l'agriculture et de la nature (2015). *Rapport de synthèse. Eau d'irrigation.* Genève : OCAN

2.2 Collecte des données

La collecte des données nécessaires à la réflexion visait à obtenir les informations nécessaires à l'analyse des besoins et à l'identification des secteurs concernés. Celle-ci s'est déroulée en trois étapes successives décrites ci-dessous.

2.2.1 Compilation de la documentation existante

La liste ci-dessous présente les lois en vigueur concernant l'irrigation, ainsi que les études principales sur cette thématique en Suisse. Une bibliographie exhaustive se trouve au chapitre 6 du présent document.

- Loi fédérale sur la protection des eaux du 24 janvier 1991 (LEaux), RS 814.20
- Loi fédérale sur l'agriculture du 29 avril 1998 (LAgr), RS 910.1
- Ordonnance fédérale sur les améliorations structurelles dans l'agriculture du 7 décembre 1998 (OAS), RS 913.1
- Loi genevoise sur eaux du 5 juillet 1961 (LEaux-GE), L 2 05
- Loi genevoise sur les amélioration foncières (LAmF), M 1 05
- Loi genevoise sur la promotion de l'agriculture du 21 octobre 2004 (LPromAgr), M 2 05
- Office fédérale de l'agriculture OFAG (2011). *Stratégie Climat pour l'agriculture. Protection du climat et adaptation au changement climatique pour une agriculture et une économie alimentaire suisses durable.* Berne : DFE
- Office fédéral de l'agriculture OFAG (2011). *Stratégie Climat pour l'agriculture. Protection du climat et adaptation au changement climatique pour une agriculture et une économie alimentaire suisses durable.* Berne : DFE
- Station de recherche Agroscope Reckenholz (2012), *Besoins en eau d'irrigation et ressources disponibles dans les conditions climatiques actuelles et futures*. Berne : DFE
- Station de recherche Agroscope Reckenholz (2014), *Irrigation et changement climatique : une analyse régionale du déficit en eau. Zurich : IDU.*
- Office cantonal de l'agriculture et de la nature (2015). *Rapport de synthèse. Eau d'irrigation.* Genève : OCAN

2.2.2 Interviews et rencontres avec des agriculteurs et acteurs concernés par la thématique

La première étape, basée sur des interviews avec des agriculteurs genevois, a permis d'évaluer et de localiser les points suivants :

- Types de cultures dépendantes de l'irrigation,
- Localisation du besoin en eau dans le canton,
- Besoins et défis de l'agriculture, projets et les attentes des agriculteurs.

Lors de cette étape, les personnes suivantes ont été rencontrées :

Tableau 1. Liste des acteurs rencontrés par le bureau **acade sàrl** pour l'identification des besoins.

Nom	Fonction	Secteur d'activités, organisme
Biéri, Claude	Agriculteur	Grandes cultures, élevage
Cudet, Alexandre	Maraicher	Maraichage sous serre et tunnel
Desbiolles, Pascal	Éleveur	Production fourragère et élevage
De Los Cobos, Gabriel	Hydrogéologue	GESDEC
De Montmollin, Alexandre	Directeur de service	OCAN
Erard, François	Directeur	AgriGenève
Graf, Marc	Agriculteur	Grandes cultures, élevage
Jaquenoud, Alban	Maraicher	Maraichage
Magnin, Philippe	Maraicher	Maraichage
Martelain, Jacques	Directeur	GESDEC
Ménétrey, Claude	Agriculteur	Arboriculture
Meyer, Josef	Agriculteur	Grandes cultures, élevage, vigne
Pasquini, François	Directeur	Office Cantonal de l'eau
Patry, Xavier	Directeur	Union maraichère de Genève
Probst, Frédéric	Viticulteur	Viticulture et grandes cultures
Serex, Pascal	Arboriculteur	Arboriculture et grandes cultures
Vuagniat, René	Agriculteur	Viticulture et maraîchage
Vuillod, Georges	Maraicher	UMG et maraîchage

Ces rencontres ont permis de confirmer l'intérêt des agriculteurs du canton pour la thématique de l'eau d'irrigation agricole ; en effet, si ce thème a longtemps été mis de côté par les agriculteurs comme un sujet secondaire, il semble que les dernières années et leurs épisodes de sécheresse les ont poussés à accorder une importance croissante à ce sujet.

La synthèse des discussions est disponible en annexe du document (0).

2.2.3 Questionnaire de consommation

La deuxième étape a été centrée sur la collecte de données concernant l'utilisation en eau des exploitations agricoles, selon les différents types de cultures. Cette collecte a été réalisée auprès des agriculteurs préalablement rencontrés, à l'aide d'un questionnaire portant sur leur consommation en eau actuelle, effective et théorique ; il était demandé aux agriculteurs d'inscrire leur consommation effective mensuelle par culture pour les années 2018 et 2019. A partir de ces données, les agriculteurs devaient ensuite estimer leurs besoins actuels par type de culture, pour une année dite « normale » et une année dite « particulièrement sèche ». Cette deuxième catégorie a ensuite été renommée « année extrême », car les arboriculteurs et viticulteurs ont mentionné, outre les besoins en eau d'irrigation, des besoins en eau pour la lutte contre le gel.

Cette deuxième étape a permis d'obtenir les éléments suivants :

- Évaluation du besoin global par type de culture en m^3/ha/mois.
- Évaluation du besoin saisonnier (entre mai et septembre).
- Évaluation des variations de besoins entre une année dite « normale » et une année dite « extrême ».

Une synthèse des résultats ainsi qu'un exemplaire du questionnaire sont disponibles en annexe du document (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

2.3 Hypothèses et bases de calcul

Les hypothèses et résultats présentés ci-dessous se basent sur la collecte de données décrite ci-dessus, soit la littérature scientifique, les discussions avec les agriculteurs du canton, les résultats du questionnaire de consommation d'eau et les données de surfaces culturales transmises par l'OCAN (surfaces 2019).

Il est important de rappeler que cette estimation se base sur une quantité très faible de données, ce pour deux raisons principales :

- Les seuls agriculteurs sondés sont les agriculteurs rencontrés préalablement pour un entretien (plus quelques autres jugés représentatifs pour certaines cultures.
- La participation des agriculteurs à ce questionnaire était basée sur le volontariat. Très peu d'agriculteurs ont répondu au questionnaire. Les résultats obtenus ont tout de même permis de définir des besoins moyens pour chaque type de culture considéré (exception : pomme de terre, estimation des besoins par acade).

2.3.1 Cultures prises en compte

Lors des entretiens, les cultures suivantes ont été identifiées comme nécessitant une irrigation :

- Maraîchage (sans distinction entre cultures plein champ et sous abri)
- Pomme de terre
- Viticulture (principalement aspersion pour la lutte contre le gel)
- Cultures fourragères : maïs et luzerne
- Arboriculture (irrigation au goutte à goutte et aspersion pour la lutte contre le gel)

La nécessité d'irriguer est déterminée en fonction des besoins en eau de la culture ainsi que de la rentabilité d'un apport en eau ; ainsi, d'autres cultures pourraient avoir besoin d'eau, mais leur irrigation n'est pas intéressante financièrement.

Les cultures de maraîchage ont été considérées comme un tout, sans distinction entre les cultures de pleine terre/hors sol, d'extérieur/sous tunnel/sous serre. Les surfaces d'horticulture, gazons et pépinières ont été agrégées aux surfaces de maraichage et traitées de la même manière. Les données de surfaces mises à disposition par l'OCAN auraient permis de faire la distinction entre les cultures d'extérieur, sous tunnel et sous serre, mais la plupart des données de consommation d'eau transmises par les maraîchers ne faisaient aucune distinction entre ces modes de culture. Nous avons finalement pris le parti de conserver cette donnée, qui nous semble suffisante au stade actuel de la réflexion.

Concernant la viticulture et l'arboriculture, il s'est avéré que le besoin en eau d'irrigation est en augmentation dans un objectif de lutte contre le gel ; en effet, les épisodes de gel tardif ont tendance à devenir plus fréquents[12] avec le changement climatique. L'année 2021 l'a fortement démontré, avec un épisode de gel autour du 20 avril, qui a causé des dégâts importants sur les arbres fruitiers dans le canton. Pour la vigne, la quasi-totalité du besoin en eau concerne l'aspersion contre le gel, seules les jeunes vignes nécessitant une irrigation en cas de périodes sèches. A Genève, cette pratique est encore peu répandue, mais ce besoin a néanmoins été mis en évidence lors des entretiens, et il semble que plusieurs viticulteurs envisagent d'installer de tels systèmes de lutte.

Le maïs et la luzerne sont les cultures fourragères intéressantes à irriguer. Ces cultures ont été regroupées sous l'appellation « cultures fourragères ». Il est important de noter que, dans les données mises à disposition par le canton, la luzerne est incluse dans la catégorie « prairies temporaires » ; la surface de luzerne a donc été estimée à partir des surfaces de prairies temporaires.

[12] Office fédéral de l'agriculture OFAG (2011). *Stratégie Climat pour l'agriculture. Protection du climat et adaptation au changement climatique pour une agriculture et une économie alimentaire suisses durable.* Berne : DFE

2.3.2 Localisation des besoins

La surface du canton a été découpée en six secteurs, représentant une unité dans l'espace et caractérisés par une typologie d'exploitation (principales cultures du secteur) ou de sols différents (Figure 1, cette carte ainsi que le détail des secteurs se trouvent en format A3 en 0). Les limites de secteurs suivent généralement les limites communales, sauf pour les communes-villes (Genève, Carouge, Lancy) et pour la commune de Bernex, dont les surfaces principalement maraichères de la Plaine de l'Aire ont été placées dans le secteur Genève Sud.

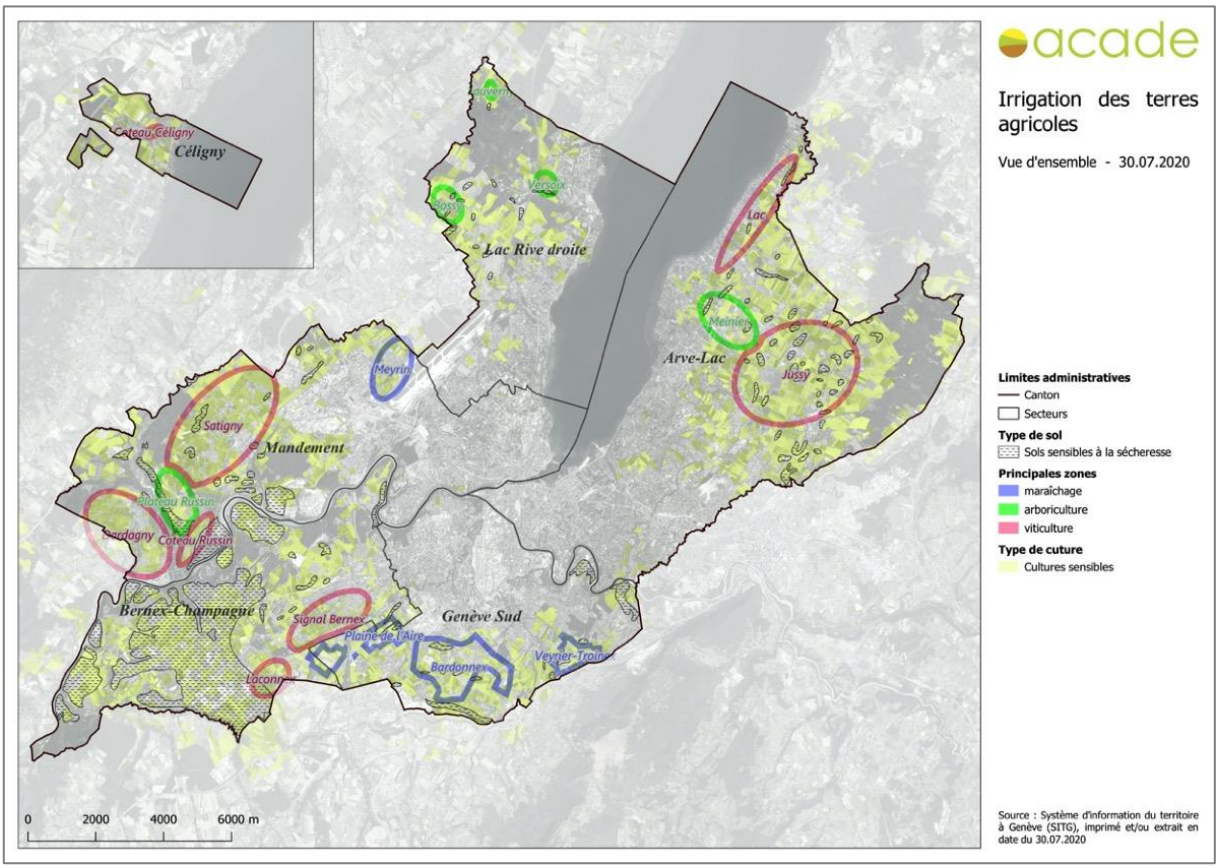


Figure 1. Secteurs et principales zones de cultures pour la localisation des besoins en eau.

Dans chaque secteur, des zones à plus forte concentration en besoins en eau ont été identifiées. Les cercles de couleur représentent les cultures fixes (viticulture, arboriculture, serres et tunnels) ; l'aplat jaune représente l'emplacement des principales zones de terres assolées, dans lesquelles se situent les cultures de pomme de terre, maïs et luzerne. La limite des zones de viticulture et arboriculture a été définie en regroupant les fortes concentrations de cultures d'un même type. Les trois zones de maraichage reprennent les limites administratives des trois ZAS du canton. Au total, 17 zones ont été mises en évidence.

Les caractéristiques de chaque secteur sont décrites ci-dessous.

Secteur « Arve-Lac »

Le secteur « Arve-Lac » est défini par une activité agricole centrée autour des grandes cultures et de la viticulture. Les vignes sont réparties en deux zones principales : le coteau s'étalant au bord du lac d'Anières à Hermance (zone « Lac »), et la région de Jussy (zone « Jussy »). Les grandes cultures constituent un tissu autour des villages et sont relativement dispersées. On compte un peu d'arboriculture, autour des villages de Meinier (zone « Meinier ») et Presinge.

Les sols de ce secteur sont généralement peu sensibles à la sécheresse (terres assez lourdes).

Secteur « Genève Sud »

Cette région comporte la plus forte présence de grands maraîchers, la plupart situés sur la ligne 'Lully – Charrot – Troinex' (zones « Plaine de l'Aire », « Bardonnex » et « Veyrier-Troinex »).

Les sols de ce secteur sont généralement peu sensibles à la sécheresse. Une grande partie des cultures maraichères du secteur sont conduites en hors-sol.

Secteur « Bernex-Champagne »

Ce secteur est caractérisé par une prédominance de vignes et de grandes cultures. Les vignes se situent sur la ligne 'Coteau de Bernex – Soral' (zones « Signal Bernex » et « Laconnex »). Le reste de la campagne est constitué principalement de grandes cultures.

Les sols de ce secteur ont une forte sensibilité à la sécheresse, du fait de leur forte teneur en sables et du sous-sol riche en graviers.

Secteur « Mandement »

Ce secteur est constitué majoritairement de vignes, qui s'étendent sur les communes de Satigny (zone « Satigny »), Russin (zone « Coteau Russin ») et Dardagny (zone « Dardagny »). Ces cultures sont favorisées par de fortes déclivités du terrain. On trouve également une grande densité de cultures fruitières sur le plateau de Russin (zone « Plateau Russin ») ainsi qu'une zone mixte « maraichage-petits fruits » à Meyrin (zone « Meyrin »).

Les sols de ce secteur sont peu sensibles à la sécheresse, à l'exception de certains terrains à forte déclivité.

Secteur « Lac - Rive droite »

Ce secteur est basé sur les grandes cultures et l'élevage, mais comprend également une part importante de cultures fruitières (zones « Bossy », « Versoix » et « Sauverny ») et de vignes.

Les sols de ce secteur sont généralement peu sensibles à la sécheresse.

Secteur « Céligny »

Ce secteur comporte principalement des grandes cultures, ainsi qu'un coteau viticole (zone « Coteau Céligny »).

Les sols de ce secteur sont généralement peu sensibles à la sécheresse.

2.3.3 Besoins actuels et stratégies pour les besoins futurs

Besoins actuels

Les besoins en eau par type de culture (m^3/ha) ont été estimés en compilant les données d'arrosage reçues de la part des agriculteurs et en les rapportant aux surfaces annoncées dans le même questionnaire.

Les besoins totaux par secteurs ont été calculés en rapportant les besoins en eau par type de culture aux surfaces de cultures référencées pour les paiements directs en 2019, corrigées à l'aide du coefficient de part irrigable défini ci-dessous.

Le calcul des besoins par culture ou par surface est présenté à chaque fois selon deux variantes, soit pour une année dite « normale », et pour une année dite « extrême ». Nous avons préféré cette appellation aux termes « minimal » et « maximal », sachant qu'ici, en théorie, le besoin minimal serait nul, ou ne prendrait en compte que les besoins liés aux cultures sous abris, ce qui n'est pas représentatif de la pratique.

Il est important de noter que l'estimation des besoins actuels ne représente pas la consommation effective actuelle en eau de l'agriculture genevoise, mais bien les besoins actuels exprimés par les agriculteurs comme étant la quantité d'eau optimale qu'ils souhaiteraient apporter actuellement à leurs cultures.

Il est en outre important de rappeler que l'estimation des besoins a été réalisée sur la base d'un échantillon très restreint de données. Les valeurs indiquées dans le présent rapport sont donc à considérer comme des ordres de grandeur, plutôt que comme des valeurs de référence. Dans le cas de la mise en œuvre d'un réseau d'irrigation à grande échelle, ces valeurs devront être précisées avec les agriculteurs de la zone concernée.

Stratégies pour les besoins futurs

Dans l'estimation des besoins futurs, deux stratégies ont été considérées ; la première, intitulée « Stratégie Maintien des cultures et augmentation des besoins », fait l'hypothèse que les cultures et les méthodes culturales resteront les mêmes à l'avenir, et que la seule adaptation sera une augmentation des apports en eau. Cette stratégie permet une évaluation chiffrée des besoins en eau relativement facile à calculer.

La deuxième stratégie a été intitulée « Adaptation des pratiques culturales ». Dans cette variante, nous faisons l'hypothèse que le volume d'arrosage actuel sera conservé, et que des adaptations seront faites au niveau des choix variétaux et des techniques culturales.

Dans cette stratégie, nous ne présentons pas d'estimation chiffrée des besoins en eau car celle-ci présente trop d'inconnues, et est fortement dépendante de politiques agricoles cantonales et fédérales. Le chapitre 2.4.5 traite de cette stratégie et présente des pistes de réflexion sur ce sujet.

Il s'agit encore de noter que l'évolution réelle des besoins agricoles en eau d'irrigation se situera probablement entre les deux stratégies présentées, avec des modifications des pratiques culturales couplées à des apports plus importants en eau dans certains cas.

Futur I : Stratégie « Maintien des cultures et augmentation des besoins »

Dans le présent document, l'évolution des volumes d'arrosage pour les dix à quinze prochaines années est estimée à environ +20-30%.

Cette estimation reprend la diminution de 20% des précipitations estivales attendue selon le scénario CH2050[13], ainsi que l'augmentation de l'évapotranspiration lors de fortes chaleurs[14]. Notre estimation se base également sur une étude menée par l'institut Arvalis dans la région lyonnaise entre les années 1976 et 2015[15], qui montre une tendance à l'augmentation des températures et de l'évapotranspiration des plantes au printemps et en été, ainsi qu'une diminution des précipitations en été. Ceci amène à un déficit hydrique non couvert par les précipitations, surtout en été, ainsi qu'à une plus forte précocité des cultures et des cycles de végétation plus courts (Figure 2).

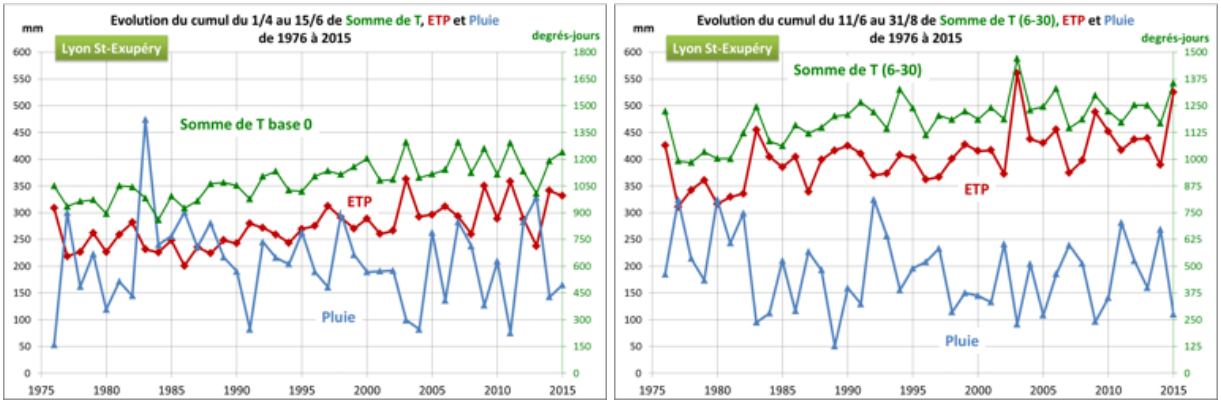


Figure 2. Évolution de la somme des températures, de l'évapotranspiration et de la pluviométrie du 1er avril au 15 juin (gauche) et du 11 juin au 31 août (droite) pour la période 1976-2015[16].

Les hypothèses de calcul pour l'estimation des besoins futurs sont récapitulées dans le Tableau 2. Les calculs des besoins futurs se basent sur les besoins actuels (année normale et année extrême).

[13] Organe consultatif sur les changements climatiques (OcCC), *Les changements climatiques et la Suisse en 2050 (2007), OcCC-ProClim, Berne.*

[14] Arvalis, Colloque au champ « Innover pour une meilleure irrigation », 26 mai 2016, GENAS).

[15] Ibidem.

[16] Arvalis, Colloque au champ « Innover pour une meilleure irrigation », 26 mai 2016, GENAS

Tableau 2. Hypothèses de calculs pour l'estimation des besoins futurs.

Type de besoin	Critère	Hypothèse pour année normale future	Hypothèse pour année extrême future
Arrosage	Avancement de la saison au printemps	2 semaines (sauf pomme de terre) : • février futur = moyenne février-mars actuel • mars futur = moyenne mars-avril actuel • avril futur = moyenne avril- mai actuel	1 mois (sauf pomme de terre) : • février futur = mars actuel • mars futur = avril actuel • avril futur = mai actuel
	Augmentation des besoins en été	+20% de mai à octobre	+30% de mai à août +20% de septembre à octobre
Lutte contre le gel	Avancement de la saison au printemps	–	2 semaines : • mars futur = moyenne mars-avril actuel
	Augmentation des besoins au printemps	+50% en avril et mai	+80% en avril et mai

Le récapitulatif des besoins en m^3/ha figure dans l'0.

Il est important de noter la différence qui existe entre les cultures pérennes (arboriculture, viticulture, prairies permanentes), qui sont en place et s'adaptent « spontanément » aux variations climatiques (avancement naturel de la saison, « incontrôlable » par l'homme), et les cultures annuelles (grandes cultures, maraichage) qui dépendent de l'intervention humaine pour être mises en place plus tôt, ou pas. Les hypothèses formulées ici constituent donc pour ces dernières cultures des potentiels d'avancement de la saison. Il est important de noter que le risque de gel important en début de saison risque de limiter les installations précoces de cultures annuelles.

En ce qui concerne les cultures pérennes, la lutte contre le gel augmente sensiblement, car l'apparition d'épisodes de gel sur une végétation plus avancée augmentera la nécessité d'intervenir pour lutter contre des pertes de récolte[17].

D'autre part, le raccourcissement des cycles de végétation n'est pas pris en compte dans notre estimation des besoins. En effet, les facteurs bio-climatiques responsables d'un raccourcissement des cycles de végétation sont multiples et donc compliqués à quantifier. De plus, les importantes fluctuations climatiques d'une année à l'autre rendent l'estimation de ce facteur périlleux. De plus, le raccourcissement des cycles de végétation lié à l'avancement de la saison de végétation pourrait amener à ajouter une culture dans l'année, notamment pour les cultures à rotation rapide telles que les cultures maraichères. Ceci pourrait amener à des demandes en eau encore plus importantes. Il est important de noter que d'après l'OFAG, dans le contexte du changement climatique, la durée des cycles de végétation et la disponibilité des ressources en eau vont prendre une importance primordiale[18].

2.3.4 Surfaces et part irrigable

Pour chaque secteur et chaque zone, trois types de surfaces ont été définies :

- La **surface totale** (indépendante de l'utilisation du sol)
- La **surface cultivée** (SAU, vignes et quelques surfaces d'horticulture, gazons, pépinières hors SAU)

[17] Office fédéral de l'agriculture OFAG (2011). *Stratégie Climat pour l'agriculture. Protection du climat et adaptation au changement climatique pour une agriculture et une économie alimentaire suisses durable.* Berne : DFE

[18] Ibidem.

- La **surface irrigable**

La surface irrigable tient compte de la part irrigable pour chaque type de culture ; en effet, nous avons fait l'hypothèse que les cultures ne sont et ne seront pas toutes irriguées à 100%. La part irrigable totale a été définie en tenant compte de la sensibilité à la sécheresse de la culture, de l'intérêt d'une irrigation pour celle-ci ainsi que de la sensibilité à la sécheresse des sols du secteur. La « part irrigable » ainsi déterminée nous a permis d'évaluer les surfaces de chaque culture (actuelles et futures) à inclure pour les besoins en irrigation de chaque secteur et zone.

Les parts irrigables sont récapitulées dans le Tableau 3. Comme pour l'évaluation des besoins en m3/ha, la part irrigable actuelle correspond à une valeur théorique « optimale », et pas à la surface effectivement irriguée actuellement.

Tableau 3. Estimation des parts irrigables (actuelles et futures) de chaque culture.

Type de culture	Part de surface irrigable actuelle théorique	Part de surface irrigable future
Arboriculture	60%	100%
Maraichage	100%	100%
Cultures fourragères (maïs)	40% (Bernex-Champagne : 60%)	60% (Bernex-Champagne : 100%)
Cultures fourragères (luzerne[19])	20% (Bernex-Champagne : 40%)	40% (Bernex-Champagne : 80%)
Pomme de terre	100%	100%
Vigne[20]	Mandement et Bernex-Champagne : 40% Arve-Lac : 20% Autres secteurs : 0%	Mandement et Bernex-Champagne : 60% Arve-Lac : 40% Autres secteurs : 20%

Les surfaces totales, cultivées et irrigables sont récapitulées dans l'0.

2.3.5 Estimation des débits

A partir des besoins estimés, des débits (m3/h) moyens, maximaux et d'horaires de pointe ont été calculés à partir des hypothèses suivantes :

- Débit moyen : besoin annuel calculé sur 10h/jour, soit 3650 h/an
- Pic journalier : besoin mensuel maximum calculé sur 10h/jour, soit 300 h/mois
- Horaire de pointe : besoin mensuel maximum calculé sur 10h/jour et 20 jours d'arrosage, soit 200 h/mois

Ce calcul est réalisé pour chaque zone et chaque secteur.

Cette estimation néglige la surface de maraîchage sous tunnel ou serre qui est irriguée en continu, indépendamment (ou presque) de la pluviométrie.

[19] La luzerne ne concerne qu'une partie des prairies temporaires, c'est pourquoi la part irrigable est assez faible.

[20] Part irrigable définie selon l'importance de la vigne dans chaque secteur :
- Mandement : grande importance
- Bernex-Champagne : importance moyenne mais grande sensibilité à la sécheresse
- Arve-Lac : importance moyenne
- Autres secteurs : importance faible

2.4 Évaluation des besoins en eau d'irrigation agricole

2.4.1 Besoins par culture

Le Tableau 4 synthétise les besoins estimés de chaque culture (m3/ha), actuels et futurs, pour une année normale et une année extrême. Ces données sont détaillées à l'aide de graphiques et analysées ci-dessous.

Tableau 4. Besoins actuels et futurs estimés par culture, pour une année normale et une année extrême.

		m3/ha												
Culture	Scénario	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	TOTAL
Arboriculture	Actuel_normal	0	0	0	285	349	191	149	64	0	0	0	0	**1'038**
	Actuel_extrême	0	0	0	528	455	298	191	106	0	0	0	0	**1'579**
	Futur_normal	0	0	43	417	479	230	179	77	0	0	0	0	**1'423**
	Futur_extrême	0	0	328	975	692	387	249	138	0	0	0	0	**2'769**
Maraîchage	Actuel_normal	58	68	124	222	318	444	944	524	529	60	44	21	**3'356**
	Actuel_extrême	58	74	133	279	410	583	1'271	699	712	64	49	23	**4'356**
	Futur_normal	58	96	173	270	381	532	1'133	629	635	73	44	21	**4'045**
	Futur_extrême	58	133	279	410	533	758	1'652	909	854	77	49	23	**5'737**
Cultures fourragères	Actuel_normal	0	0	0	0	0	600	600	600	0	0	0	0	**1'800**
	Actuel_extrême	0	0	0	0	800	800	800	800	800	0	0	0	**4'000**
	Futur_normal	0	0	0	0	0	720	720	720	0	0	0	0	**2'160**
	Futur_extrême	0	0	0	800	1'040	1'040	1'040	1'040	960	0	0	0	**5'920**
Pommes de terre	Actuel_normal	0	0	200	300	300	300	300	0	0	0	0	0	**1'400**
	Actuel_extrême	0	0	200	400	400	400	400	0	0	0	0	0	**1'800**
	Futur_normal	0	0	250	300	360	360	360	0	0	0	0	0	**1'630**
	Futur_extrême	0	0	400	400	520	520	520	0	0	0	0	0	**2'360**
Viticulture	Actuel_normal	0	0	0	80	80	0	0	0	0	0	0	0	**160**
	Actuel_extrême	0	0	0	160	235	125	75	0	0	0	0	0	**595**
	Futur_normal	0	0	0	120	120	0	0	0	0	0	0	0	**240**
	Futur_extrême	0	0	80	363	386	163	98	0	0	0	0	0	**1'089**

Arboriculture

Les besoins actuels sont estimés entre 280 et 530 m³/ha durant les mois d'avril et mai pour le goutte-à-goutte et l'aspersion. Selon notre estimation d'augmentation, les besoins futurs atteindront à la même période 400 à 1'000 m³/ha. Une part grandissante de l'eau est utilisée en aspersion ou micro aspersion pour lutter contre le gel. Une fois les périodes de gel passées, l'arrosage diminue graduellement avec l'avancée de la saison.

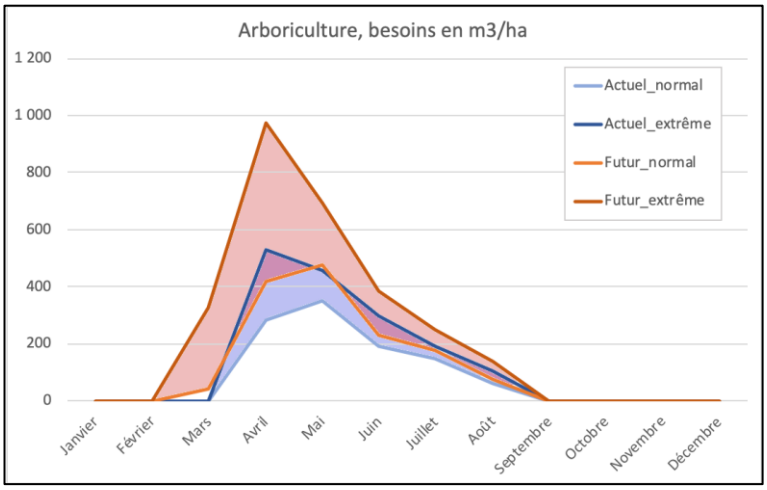


Figure 3. Besoins actuels (bleu) et futurs (rouge) pour l'arboriculture.

Maraîchage

Les fluctuations des besoins actuels sont représentées par l'aire bleutée (Figure 4) sur le graphique ci-dessous. Les besoins actuels sont estimés entre 950 et 1'300 m³/ha durant le mois de juillet. Selon notre estimation d'augmentation, les besoins durant la même période atteindront entre 1'200 et 1'700 m³/ha à l'horizon 10-15 ans. Les besoins de pic représentent 85% des besoins totaux en eau.

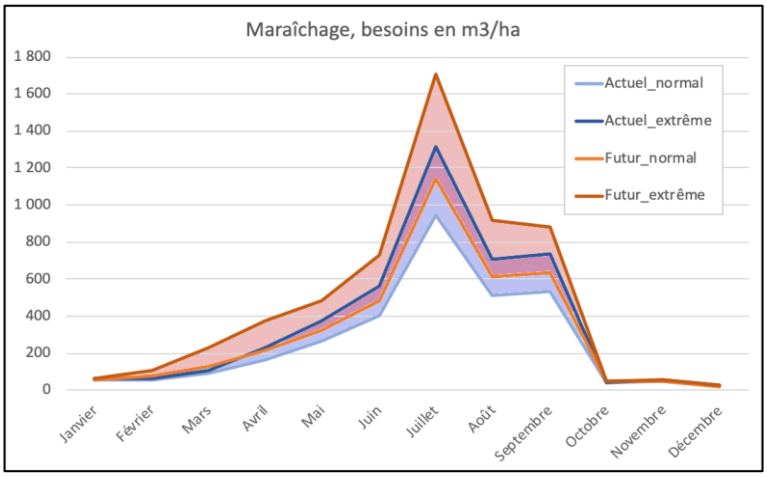


Figure 4. Besoins actuels (bleu) et futurs (rouge) pour le maraîchage.

Cultures fourragères (Maïs et luzerne)

Les besoins actuels sont estimés entre 600 et 800 m³/ha durant les mois de mai à septembre. Selon notre estimation d'augmentation, les besoins durant la même période atteindront 360 et 480 m³/ha à l'horizon 10-15 ans (Figure 5). Malgré une baisse des effectifs d'animaux de rente, le besoin en fourrage pour l'élevage devient de plus en plus fort étant donné les difficultés d'approvisionnement sur le marché extérieur, notamment durant la période estivale. Il est important de noter que les fourrages sont également sous l'influence d'un potentiel changement de loi[21] qui pourrait déboucher sur l'extensification de leur production à l'échelle locale[22].

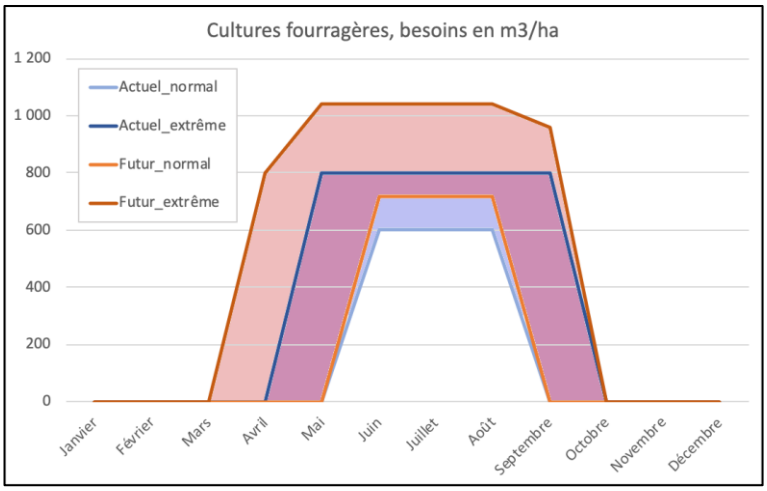


Figure 5. Besoins actuels (bleu) et futurs (rouge) pour les cultures fourragères.

Pomme de terre

Les besoins actuels sont estimés entre 300 et 400 m³/ha durant les mois d'avril à juillet. Selon notre estimation d'augmentation, les besoins durant la même période atteindront 360 et 480 m³/ha à l'horizon 10-15 ans (Figure 6).

[21] Initiative populaire fédérale 'Pour une eau potable propre et une alimentation saine – Pas de subventions pour l'utilisation de pesticides et l'utilisation d'antibiotiques à titre prophylactique'. Art. 104, al. 3a. (https://www.bk.admin.ch/ch/f/pore/vi/vis473t.html).

[22] Agroscope, Analyse d'impact relative à l'initiative pour une eau potable propre : effets économiques et structurels dans l'agriculture, 2019

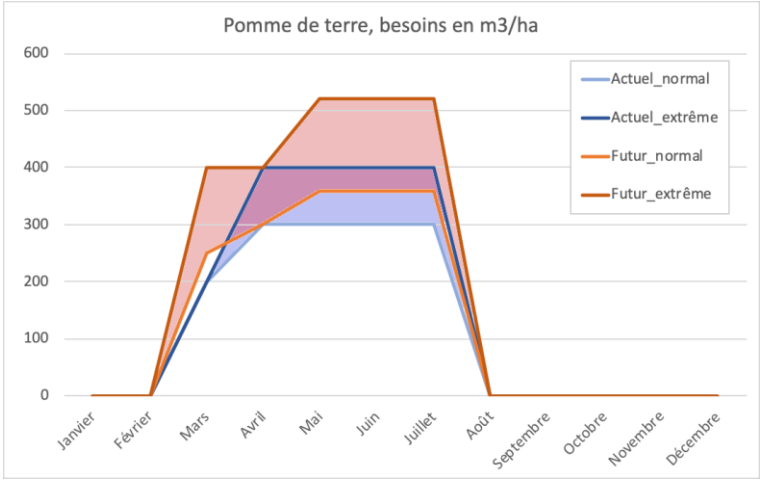


Figure 6. Besoins actuels (bleu) et futurs (rouge) pour la pomme de terre.

Viticulture

Les besoins actuels sont estimés entre 80 et 240 m³/ha durant les mois d'avril et mai. Selon notre estimation d'augmentation, les besoins durant la même période atteindront 120 et 400 m³/ha à l'horizon 10-15 (Figure 7).

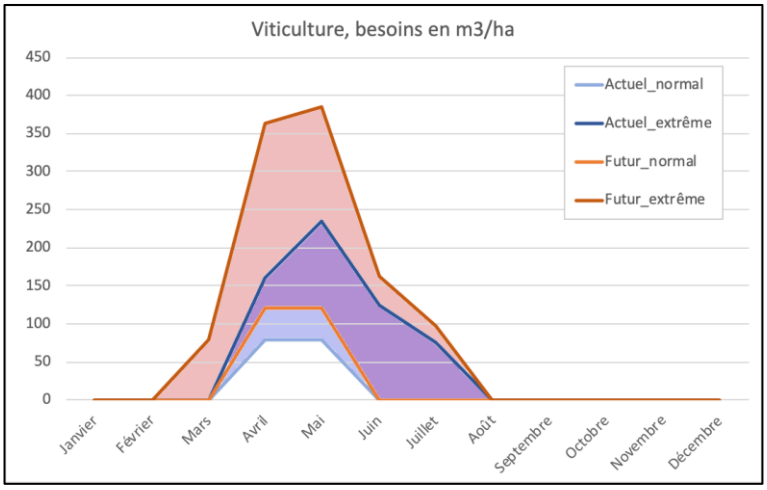


Figure 7. Besoins actuels (bleu) et futurs (rouge) pour la viticulture.

2.4.2 Actuel : estimations quantitatives des besoins théoriques

Besoins totaux

Au total, les besoins actuels théoriques (optimaux) sont estimés à 1'600'000 m3 pour une année normale, et jusqu'à 1'700'000 m3 pour une année extrême. La Figure 8 (gauche) illustre la répartition des besoins annuels totaux par mois. On voit sans surprise que les besoins principaux pour une année normale se situent sur les mois de juin à août. Pour une année extrême, ces besoins « de pic » se prolongent sur mai et septembre. Le plus fort besoin au printemps s'explique notamment par des risques de gel plus forts. Le besoin soutenu en septembre vient des besoins en irrigation des cultures fourragères, et dans une moindre mesure, de parcelles viticoles.

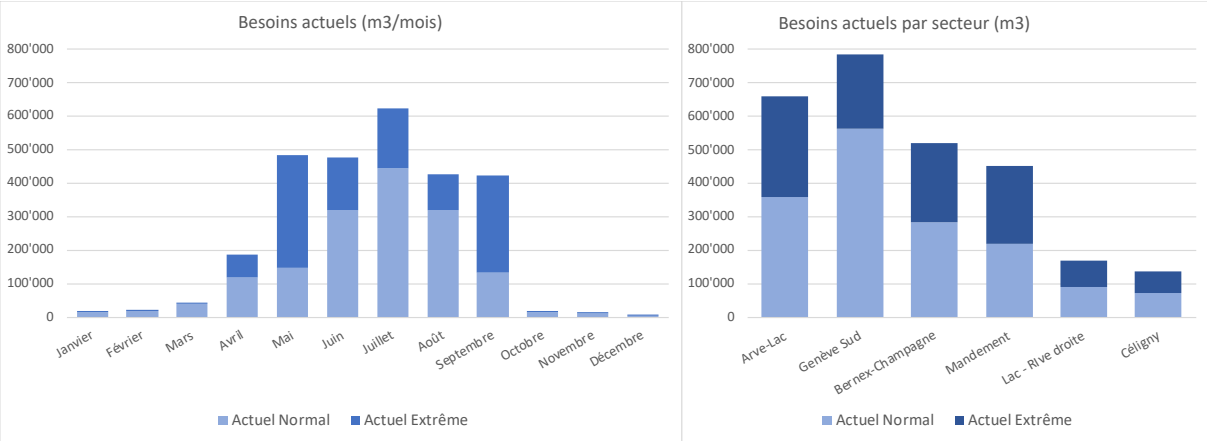


Figure 8. Estimation des besoins annuels actuels, pour une année normale et une année extrême.

La répartition annuelle par secteur (Figure 8 droite) montre que le plus fort besoin en année normale se situe dans le secteur « Genève Sud », qui comprend une grande concentration de cultures maraichères. Par contre, le volume d'eau de ce secteur évolue moins en année extrême que autres secteurs, qui doublent quasiment leurs besoins en eau. Ceci s'explique par la relative stabilité des besoins en eau de la culture maraichère, contrairement à d'autres cultures qui consomment de plus grands volumes en année extrême qu'en année normale.

2.4.3 Futur I : stratégie « Maintien des cultures et augmentation des besoins »

Besoins totaux

Au total, les besoins futurs théoriques sont estimés à 2'500'000 m3 pour une année normale, et jusqu'à 5'500'000 m3 pour une année extrême. La Figure 9 (gauche) illustre la répartition des besoins annuels totaux par mois. Comme dans le cas des besoins actuels, on voit que les besoins principaux pour une année normale se situent sur les mois de juin à août. Pour une année extrême, ces besoins « de pic » se prolongent sur avril-mai et septembre. Le plus fort besoin au printemps s'explique notamment par des risques de gel plus forts, et par l'avancement de la saison. Le besoin soutenu en septembre vient des besoins en irrigation des cultures fourragères, et dans une moindre mesure, de parcelles viticoles.

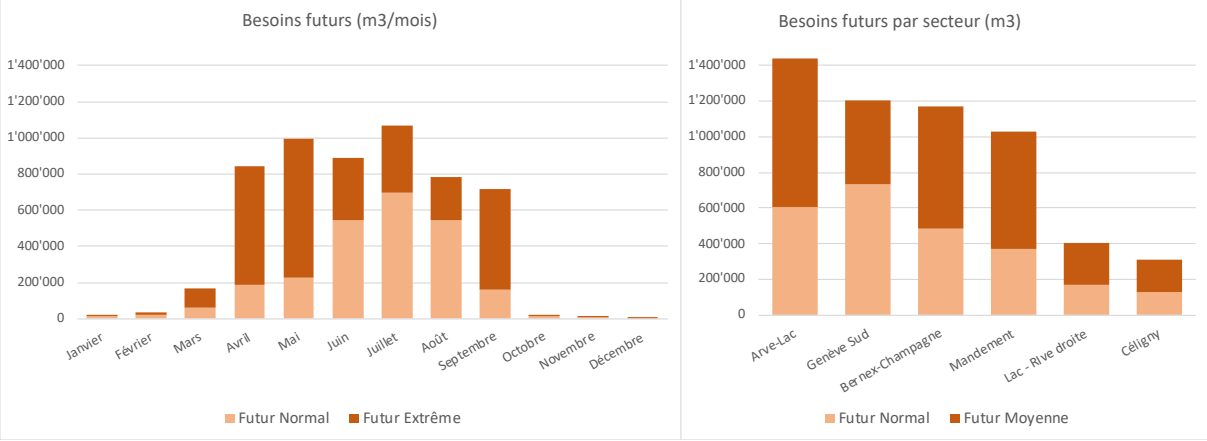


Figure 9. Estimation des besoins annuels futurs, pour une année normale et une année extrême.

La répartition annuelle par secteur (Figure 9 droite) montre que le plus fort besoin en année normale se situe toujours dans le secteur « Genève Sud », qui comprend une grande concentration de cultures maraichères, mais la différence avec les autres secteurs est moins importante que pour les besoins actuels. Comme dans le cas des besoins actuels, le volume d'eau de ce secteur évolue moins en année extrême que autres secteurs, qui doublent largement leurs besoins en eau, ce qui fait que le secteur Arve-Lac devient le secteur le plus demandeur en eau en année extrême.

2.4.4 Comparaison entre les scénarios Actuel et Futur I

La Figure 10 et le Tableau 5 permettent de comparer les besoins moyens actuels et futurs. Concernant la répartition mensuelle (Figure 10 gauche et totaux en bas du Tableau 5), on observe que les grandes augmentations des besoins se situent sur les mois de mars et avril (>160% d'augmentation) ce qui s'explique par les hypothèses d'avancement de la saison et d'augmentation des épisodes de gel. Les mois de février et mai-septembre montrent également de fortes augmentations (58-94%), qui s'expliquent par l'hypothèse d'avancement de la saison pour le mois de février, et par l'augmentation des températures et la diminution de la pluviométrie pour les mois d'été.

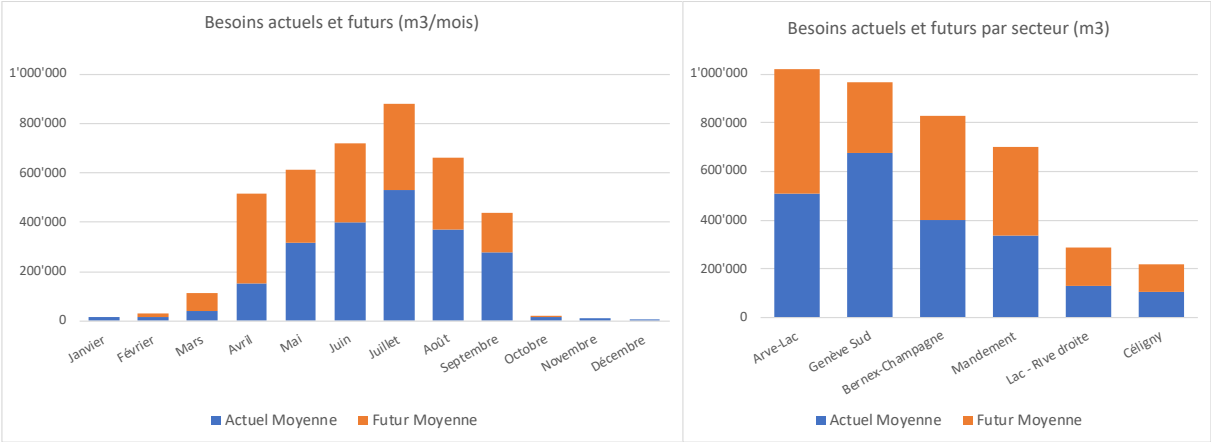


Figure 10. Comparaison entre les besoins annuels moyens actuels et futurs.

Concernant la répartition par secteur (Figure 10 droite et totaux à droite du Tableau 5), on observe que tous les secteurs à l'exception de Genève Sud, montrent une augmentation des besoins moyens d'environ 100%. Le secteur Genève Sud montre une augmentation plus faible (44%, ce qui s'explique par le fait que ce secteur contient beaucoup de cultures maraichères qui sont déjà irriguées à 100%, alors que la part irrigable des autres cultures augmente entre l'estimation des besoins actuels et futurs. De plus, les besoins en eau d'irrigation des cultures maraichères sous serres augmentent moins, relativement, que ceux d'autres cultures pleine terre.

Tableau 5. Estimation des besoins moyens par secteur, et variation entre le scénario Actuel et Futur I.

		m3 tot mensuel moyen												
Secteur	Scénario	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	TOTAL SECTEUR
Arve-Lac	Actuel	2'227	2'728	7'742	23'650	72'084	104'321	125'365	99'000	66'473	2'394	1'796	844	**508'625**
	Futur	2'227	4'406	18'902	118'346	145'086	199'515	224'380	188'932	114'778	2'873	1'796	844	**1'022'086**
	Variation	0%	62%	144%	400%	101%	91%	79%	91%	73%	20%	0%	0%	**101%**
Genève Sud	Actuel	8'568	10'494	19'336	40'041	69'595	100'389	187'811	113'409	104'597	9'211	6'911	3'246	**673'609**
	Futur	8'568	16'951	35'725	80'120	103'429	147'167	256'674	162'484	136'289	11'053	6'911	3'246	**968'618**
	Variation	0%	62%	85%	100%	49%	47%	37%	43%	30%	20%	0%	0%	**44%**
Bernex-Champagne	Actuel	1'944	2'380	7'503	23'872	60'427	80'048	97'926	72'649	50'572	2'089	1'568	736	**401'714**
	Futur	1'944	3'845	17'731	101'317	124'366	159'116	180'202	146'320	90'671	2'507	1'568	736	**830'323**
	Variation	0%	62%	136%	324%	106%	99%	84%	101%	79%	20%	0%	0%	**107%**
Mandement	Actuel	1'354	1'658	4'209	49'382	76'458	61'902	67'392	41'732	29'045	1'455	1'092	513	**336'192**
	Futur	1'354	2'678	28'609	151'425	163'365	113'413	115'137	75'351	46'991	1'746	1'092	513	**701'674**
	Variation	0%	62%	580%	207%	114%	83%	71%	81%	62%	20%	0%	0%	**109%**
Lac Rive droite	Actuel	234	287	1'112	11'112	22'595	28'029	28'767	23'829	13'626	251	189	89	**130'119**
	Futur	234	463	7'233	42'573	46'150	55'963	56'181	49'154	26'490	302	189	89	**285'020**
	Variation	0%	62%	550%	283%	104%	100%	95%	106%	94%	20%	0%	0%	**119%**
Céligny	Actuel	251	308	1'836	4'285	15'151	23'216	25'617	21'028	13'076	270	203	95	**105'337**
	Futur	251	497	3'676	23'698	29'724	45'170	48'074	42'156	24'232	324	203	95	**218'100**
	Variation	0%	62%	100%	453%	96%	95%	88%	100%	85%	20%	0%	0%	**107%**
TOTAL PAR MOIS	**Actuel**	**14'578**	**17'855**	**41'739**	**152'343**	**316'310**	**397'905**	**532'878**	**371'646**	**277'390**	**15'671**	**11'758**	**5'522**	**2'155'595**
	Futur	**14'578**	**28'840**	**111'875**	**517'479**	**612'120**	**720'344**	**880'649**	**664'397**	**439'452**	**18'806**	**11'758**	**5'522**	**4'025'820**
	Variation	**0%**	**62%**	**168%**	**240%**	**94%**	**81%**	**65%**	**79%**	**58%**	**20%**	**0%**	**0%**	**87%**

Les graphiques illustrant le détail des besoins par secteur et par mois, actuels et futurs, figurent en 0. La base de données générale décrivant les surfaces, les besoins mensuels et annuels, et les débits journaliers par zone et par secteur figure en 0.

2.4.5 Futur II : stratégie « adaptation des pratiques culturales »

Cette stratégie fait l'hypothèse que le volume d'arrosage ne variera pas dans le futur, et que des adaptations seront faites au niveau des choix variétaux et des techniques culturales. Dans cette variante, les besoins en eau restent équivalents aux besoins actuels théoriques estimés au chapitre 2.4.2 du présent rapport. Cela implique tout de même une augmentation par rapport au volume d'eau d'irrigation utilisé à l'heure actuelle.

L'adaptation des techniques culturales a globalement pour objectif de mitiger la sensibilité à la sécheresse des cultures et des sols. Selon la revue de littérature ainsi que des discussions avec les agriculteurs genevois, les techniques présentant un intérêt pour l'agriculture genevoise fonctionnent selon différents principes qui sont décrits ci-dessous.

Travail du sol

Les techniques culturales liées au travail du sol ont toutes pour but d'améliorer le stock en eau assimilable par les plantes dans les sols, ainsi que de maximiser leur résilience à la sécheresse. Ces techniques sont déjà utilisées à Genève par un nombre croissant d'agriculteurs, mais sont encore peu connues et maitrisées par la grande majorité des exploitants agricoles.

Le Tableau 6 récapitule les principales techniques de travail du sol permettant de mitiger sa sensibilité à la sécheresse.

Tableau 6 : Techniques de travail au sol permettant de mitiger la sensibilité à la sécheresse.

Technique	Avantage	Inconvénient
Non travail du sol	Augmentation du pourcentage de macroporosité => réservoir d'eau utilisable plus élevé (réserve totale reste stable)[23]	Utilisation de pesticides (herbicides) pour remplacer le labour
Couverts végétaux, allongement des rotations (insertion de prairies)	Idem non travail du sol + Meilleure régénération de la structure des sols (meilleure résilience), Recharge en éléments nutritifs, Limitation de la prolifération des pathogènes[24]	
Augmentation du taux de matière organique dans les sols	Augmentation du stock total d'eau dans les sols (rôle d'éponge), Effet « puit de carbone » (réduction du CO2 atmosphérique)[25]	Faible disponibilité de matière organique à Genève

L'augmentation de la matière organique dans les sols, même si elle a un effet direct réduit sur la quantité d'eau assimilable par les plantes dans les sols, participe à la santé globale des sols[26], ce qui favorise des plantes en bonne santé et plus résilientes à la sécheresse. A noter que les sols genevois sont particulièrement pauvres en matière organique[27], notamment du fait du faible nombre de têtes de bétail sur le canton. De plus en plus d'agriculteurs sont conscients de cette problématique et cherchent à y remédier, en réintroduisant de la matière organique sous différentes formes (fumier, compost de fumier ou de déchets végétaux, etc.) dans les sols.

[23] Short term changes in crop yield and soil properties induced by the reduction of soil tillage in a long term experiment in Switzerland. Soil and Tillage Research, 174, 120-129. https://doi.org/10.1016/j.still.2017.07.002

[24] Archambeaud, M. (2016). Les couverts végétaux gestion pratique de l'interculture (2e édition). FranceAgricole.

[25] AGRIDEA (2019). *Matière organique des sols cultivés, enrichir plutôt que consumer.* Lindau : Agridea

[26] Union suisse des paysans (2019). *L'agriculture suisse à l'ère du changement climatique.* Brugg : *USP*

[27] Haute école spécialisée de suisse occidentale (2018). *L'agriculture de conservation des sols comme moyen d'adaptation aux changements climatiques.* Genève : HEPIA

Limites : Actuellement, l'utilisation importante de pesticides pour compenser le labour reste malheureusement encore la solution privilégiée, alors que le contexte suisse va dans la direction d'une suppression (ou en tout cas d'une forte diminution) de l'utilisation des pesticides. La faible disponibilité en matière organique animale à Genève pousse à chercher des moyens pour valoriser les déchets végétaux à Genève pour l'agriculture. Ceci implique de revoir le fonctionnement depuis la collecte des déchets, en passant par leur traitement, et jusqu'à leur utilisation au champ.

Choix des cultures

L'idée de cette technique est de remplacer des plantes à fort besoin en eau d'irrigation par d'autres plantes mieux adaptées aux périodes de sécheresse. Il peut s'agir de remplacer une variété par une autre, ou même d'introduire de nouvelles cultures. Par exemple, le tournesol et le sorgho peuvent être cultivés sans irrigation et dans des climats chauds comme substitut au maïs.

Pour répondre à ce défi, les instituts de recherche agronomique poursuivent différentes stratégies de sélection pour adapter les variétés culturales aux changements climatiques. Dans cette optique, l'union suisse des paysans énonce six axes principaux de sélection :

- Prolonger la période de floraison (augmentation de la résilience en cas de dommage)
- Préférer une densité de stomates moins importante (régulation de l'évapotranspiration)
- Privilégier les systèmes racinaires profonds
- Diminuer la sensibilité aux ravageurs
- Étendre le spectre des variétés disponibles
- Utiliser et recroiser d'anciennes variétés robustes

Limites : La substitution de certaines cultures par des variétés plus résistantes doit prendre en compte tous les aspects et contraintes économiques. La modification du type de culture peut se faire seulement si les débouchés économiques et les marges brutes dégagées sont intéressants. Par exemple, le sorgho est bien moins demandeur en eau que le maïs. Le producteur réalise alors des économies d'eau importantes. Seulement, les rendements du sorgho ainsi que les débouchés économiques ne permettent pas actuellement de réaliser une plus-value intéressante. Cependant, dans une moindre mesure, ces cultures de niches pourraient s'avérer intéressantes pour une agriculture urbaine ou périurbaine comme à Genève. La réalisation de tels projets nécessite bien-entendu un appui politique et financier important.

Avancement des périodes de culture

Le but du semi précoce (stratégie d'esquive) est de profiter d'un stress hydrique moins prononcé en début de saison. Il s'agit ici de choisir des cultures plus précoces, mais aussi moins sensibles au gel.

Limites : Une telle stratégie n'est pas envisageable dans tous les secteurs à l'heure actuelle. Par exemple, pour le secteur maraîcher qui pratique des cultures sur une période prolongée de l'année avec plusieurs récoltes en pleine terre ou sous abris, cette stratégie est peu applicable. Les cultures pérennes et les prairies ne sont pas non plus adaptées à ce genre de stratégie pour la simple et bonne raison que ces cultures démarrent naturellement en fonction des conditions climatiques de l'année.

Cette stratégie s'adresse donc principalement aux grandes cultures. Dans ce cadre, il s'agit également de penser la rotation complète sur l'année, de manière à éviter un sol nu après récolte, durant la fin de l'été. L'installation d'une culture dérobée, ou même d'une seconde culture après récolte pourrait induire des besoins en eau supplémentaires qui viendraient compenser la diminution des besoins de la culture principale.

Le point clé de cette stratégie d'avancement des périodes de culture réside dans les protections du marché suisse en période hivernale. En effet, à l'heure actuelle, le marché d'importation est ouvert en hiver. La production suisse n'étant pas en mesure de concurrencer les importations étrangères d'un point de vue financier, la viabilité de ce type de stratégie est très dépendante du soutien politique à la production locale. Si cette solution est envisagée, il faudra adapter les normes et les directives à la période de production suisse pour qu'il existe un réel intérêt.

Agroforesterie

L'agroforesterie est une technique agriculturale consistant à introduire des arbres dans ou entre l'espace cultivé. Son but est de créer des conditions plus favorables aux cultures en se servant des services écosystémiques fournis par les arbres, dont[28] :

1) La séquestration du carbone atmosphérique par la biomasse des arbres ou par les sols :

La séquestration du carbone se fait par fixation du CO2 atmosphérique par les arbres (photosynthèse et croissance foliaire. La fixation du carbone à long terme dans la biomasse de l'arbre n'est pas le seul phénomène important. Le cycle de vie de l'arbre réactive les flux de nutriments qui sont d'habitude freinés dans le milieu agricole. La réactivation de ces cycles nutritifs participe également à l'augmentation de la biomasse des sols (microorganismes, etc.), ainsi qu'à l'augmentation du taux de matière organique.

2) L'enrichissement et/ou la conservation de la biodiversité :

La mise en place de « micro-écosystèmes » représentés par les arbres (intérieur du tronc, zone racinaire, feuillage, etc.), active l'apparition et la conservation de niches écologiques importantes pour la microfaune[29]. Avec cette augmentation de la microfaune vient toute une cohorte d'organismes très différents, des oiseaux en passant par les vers de terre, les insectes et bien-entendu les champignons. Plus largement, ces organismes vivants participent à la bonne santé des cultures et des écosystèmes en occupant les niches écologiques et en « combattant » l'introduction de pathogènes.

3) L'enrichissement des sols en matière organique :

Cette activité biologique se nourrit des résidus de cultures et des feuilles des arbres tombés au sol et incorpore les nutriments dans les sols, les rendant disponibles pour les cultures. Plus largement, l'activité biologique augmente le taux de matière organique et d'azote présents dans les sols et ainsi participe au stockage à long terme du carbone atmosphérique.

4) L'impact majeur sur la qualité de l'air et des eaux avoisinantes :

La compétition instaurée par la présence commune d'arbres et de cultures pousse le réseau racinaire des arbres à se développer plus en profondeur[30]. L'extension en profondeur des racines des arbres participe à la remontée capillaire de l'eau de nappes vers la surface. Ceci bénéficie aux cultures et réduit de facto, le stress hydrique au champ durant les périodes chaudes. L'effet d'ombrage apporté par les arbres participe également à la réduction du stress hydrique par la diminution des températures au sol et par la réduction de l'intensité des radiations solaires reçues au sol.

Limites : les pratiques d'agroforesterie étant encore peu développées dans nos régions, l'agriculture dispose actuellement de peu de recul sur cette technique, et de peu de connaissances appliquées. En outre, certaines plantes sont susceptibles d'être limitées par la concurrence des arbres (nutriments, lumière, etc.) plutôt que favorisées au travers d'une synergie.

Techniques d'irrigation

<u>Smart-irrigation ou agriculture de précision</u>

Depuis quelques années, un intérêt croissant pour des systèmes d'irrigation plus performants et économes en eau est observé. Le fort développement des outils informatiques pour l'agriculture permet à présent d'optimiser les réseaux d'irrigation en fonction des conditions environnementales. Ces nouveaux outils permettent de prendre en compte dans les volumes d'arrosage l'humidité des sols, le rayonnement solaire, le vent et l'évapotranspiration réel au champ.

---

[28] Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. Agroforestry Systems, 76(1), 1-10. https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7

[29] Ibidem.

[30] Xavier Hamon, Christian Dupraz, Fabien Liagre. L'agroforesterie, outil de séquestration du carbone en agriculture. 2009. hal-02820921

Ces nouveaux paramètres apportent une vision beaucoup plus précise des besoins de chaque culture et permettent également de mieux planifier l'irrigation. Cette irrigation est alors réalisée en fonction de critères environnementaux mesurés en temps réel. Ces mesures permettent de connaître les besoins exacts de chaque culture et donc de faire des économies d'eau importantes en irriguant toujours « au bon endroit et au bon moment »[31].

Un aspect très intéressant de ces nouveaux systèmes est la possibilité d'automatiser et de commander à distance les apports en eau[32]. L'automatisation et la mesure des paramètres environnementaux amènent des économies de temps et de ressources importantes, permettant également de réduire les coûts d'exploitation.

Du point de vue des investissements, les prix sont devenus relativement abordables pour les capteurs d'humidité des sols et de radiation solaire. L'investissement pour le matériel et le système de gestion informatique est normalement rapidement compensé par les économies d'eau et l'augmentation des rendements agricoles.

Limites : La mise en place d'un système de smart irrigation/farming en Suisse est confrontée à diverses limitations, telles que :

- Besoin de compétences techniques et d'un temps d'apprentissage
- Système plus adapté à la conduite de grandes/très grandes parcelles en agriculture intensive[33]
- Investissement important au départ et rentabilité encore difficile à évaluer[34]
- Frais de maintenance et de calibrage des outils et des capteurs
- Tend à faire diminuer les emplois agricoles.

Indépendamment des nouvelles techniques de smart irrigation, les techniques d'arrosage utilisées à Genève comprennent déjà pour la plupart une recherche d'économie d'eau. Néanmoins, des potentiels d'économie d'eau existent encore probablement, notamment sur les éléments suivants :

- Type d'irrigation utilisé : le goutte à goutte est plus économe en eau que l'aspersion.
- Périodes d'arrosage : favoriser la nuit ou tôt le matin afin d'éviter une trop forte évaporation

A noter cependant que l'aspersion permet également de lutter contre le gel, ce que ne permet pas le goutte à goutte. La technique choisie doit donc tenir compte de l'ensemble des besoins de la culture.

Conclusion pour la stratégie « adaptation des pratiques culturales »

Les différentes méthodes présentées représentent des pistes de réflexion visant à mitiger la croissance des besoins en eau avec l'évolution du climat à venir. Au vu des nombreuses inconnues liées à l'application de ces techniques, il est difficile d'estimer quantitativement les économies d'eau que celles-ci pourraient permettre de réaliser. Il semble réaliste de faire l'hypothèse que ces techniques permettront au mieux d'éviter une augmentation des besoins en eau, mais pas de diminuer les besoins actuels.

Dans tous les cas, la plupart de ces techniques sont intéressantes car elles offrent la possibilité de mitiger les effets de la sécheresse sur les cultures par des moyens détournés, et d'améliorer la santé des cultures et des sols de manière plus globale, ce qui augmentera dans tous les cas leur résilience. Dans le cas d'un approfondissement de l'étude actuel sur des zones réduites, il s'agira de mesurer le potentiel de ces différentes méthodes, et de tenter d'en associer une ou plusieurs à un apport en eau d'irrigation.

Il est important de rappeler que ces différents modèles adaptatifs ne peuvent pas être portés et réalisés uniquement par les agriculteurs. La mise en place de telles stratégies implique une réflexion globale et des choix forts en termes de politique agricole. L'acceptation de rendements inférieurs, un système de compensation des marges brutes ainsi que la mise en place de nouveaux débouchés économiques semblent être des pistes indispensables à la mise en place des stratégies exposées dans ce chapitre.

---

[31] INRA (2017). Agriculture de précision. Orléns : INRA

[32] King, A. (2017). Technology : The Future of Agriculture. Nature, 544(7651), S21-S23. https://doi.org/10.1038/544S21a

[33] INRA (2017). Agriculture de précision. Orléns : INRA

[34] Ibidem.

3 Ressources

3.1 Contexte légal et réglementaire

3.1.1 Législation fédérale

À l'échelle de la Confédération, les principales bases légales et réglementaires à considérer dans le cadre de la présente étude sont la Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) du 24 janvier 1991 et l'Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) du 28 octobre 1998.

Les dispositions d'intérêt particulier pour la présente étude sont celles définies au chapitre 2 de la LEaux, qui définissent les conditions d'autorisation des prélèvements dans les cours d'eau et nappes souterraines. L'article 29 LEaux précise que « *doit être titulaire d'une autorisation celui qui, sortant des limites de l'usage commun […] opère un prélèvement dans un cours d'eau à débit permanent [ou] opère, dans des lacs ou des nappes d'eaux souterraines, un prélèvement qui influence sensiblement le débit d'un cours d'eau à débit permanent* ».

Selon l'article 30 LEaux, les prélèvements n'étant pas destinés à l'alimentation en eau potable peuvent être autorisés si *« a. les exigences énoncées aux art. 31 à 35 sont respectées; b. associé à d'autres prélèvements, il réduit de 20 % au plus le débit Q347 d'un cours d'eau et ne dépasse pas 1000 l/s ».*

Les débits minimaux à atteindre en fonction du débit Q347 du cours d'eau sont fixés à l'article 31 LEaux :

Q_{347}	Débit résiduel minimal
≤ 60 l/s	50 l/s (+8 l/s par tranche de 10 l/s)
≥ 60'000 l/s	10'000 l/s

Tableau 7: Débits résiduels minimaux selon le Q347 du cours d'eau (art. 31 LEaux)

Ce débit résiduel est susceptible d'être augmenté selon les dispositions prévues à l'alinéa 2 de l'article 31.

3.1.2 Législation cantonale

Au niveau cantonal, les bases légales et réglementaires à considérer sont la Loi sur les eaux (LEaux-GE) du 5 juillet 1961 et le Règlement sur l'utilisation des eaux superficielles et souterraines (RUESS) du 5 mars 2003.

La LEaux-GE stipule à l'article 17 que « *le fonctionnement naturel du régime hydrologique du cours d'eau doit être préservé ou reconstitué autant que possible* », et que « *les objectifs et les mesures de gestion quantitative sont définis, pour chaque cours d'eau, dans les schémas et, pour les cours d'eau transfrontières, de façon concertée avec les autorités vaudoises ou françaises* ». L'article 8-RUESS précise que « *toute utilisation de l'eau à des fins agricoles ou industrielles d'une capacité égale ou supérieure à 10 000 litres/minute est soumise, quelle que soit sa durée, à une concession délivrée par le Conseil d'Etat.[2] Pour les installations de peu d'importance, à savoir d'une capacité inférieure à 10 000 litres/minute, elles sont soumises à une autorisation délivrée par le département ». Par ailleurs, « tout captage d'eau dans une nappe souterraine du domaine public au moyen d'une installation permettant de débiter plus de 300 litres/minute est soumis à une concession délivrée par le Conseil d'Etat.[2] Pour les installations de peu d'importance, à savoir d'une capacité inférieure à 300 litres/minute, elles sont soumises à une autorisation du département » (article 9 – RUESS).*

3.2 Caractérisation des eaux de surface

Le Lac, le Rhône et l'Arve sont les seules ressources superficielles retenues pour cette étude, en raison de leur abondance et des critères de qualité. En effet, en termes quantitatifs, les prélèvements sont interdits dans les cours d'eau dont le Q_{347} est inférieur à 50 l/s, ce qui exclut la quasi-totalité des cours d'eau du canton.

Par rapport à cette restriction, l'Allondon, la Versoix et le Nant d'Avril pourraient être considérés, mais le maintien d'un débit d'étiage non perturbé est impératif en raison des exigences écomorphologiques et la qualité des eaux de ces cours d'eau est potentiellement sujette à des problèmes liés à la concentration en produits phytosanitaires et en micropolluants.

3.2.1 Critères quantitatifs

Les critères quantitatifs sont définis par la législation : le débit résiduel minimal est fixé en fonction du Q347 du cours d'eau selon l'article 31 (cf. Tableau 7 ci-dessus) ; par ailleurs l'ensemble des prélèvements sur le cours d'eau ne doit pas réduire le Q_{347} de plus de 20%.

3.2.2 Critères qualitatifs

Les critères qualitatifs à retenir dépendent du type d'irrigation : les exigences sont en particulier plus élevées pour l'irrigation au goutte à goutte en raison du risque de colmatage.

Il n'existe pas de norme au niveau national ou européen, mais des recommandations ont été émises par le ministère de l'agriculture du Canada et reprises en France par Système d'évaluation de la qualité Eau pour l'usage irrigation. Plusieurs paramètres physico-chimiques sont à prendre en considération (Couture, 2006):

- Les sédiments, qui peuvent obstruer les installations de captage et de distribution (risque en cas s'approvisionnement avec une eau de surface)
- La salinité, mesurée par la conductivité électrique(µS/cm) ; la pression osmotique empêche les racines d'absorber l'eau ; une conductivité électrique inférieure à 500 µS/cm représente un risque salin nul (risque négligeable pour les eaux de surface,)
- La proportion relative de Sodium (Na+): qui agit sur la perméabilité du sol
- Le pH, qui influence la disponibilité des éléments nutritifs, doit idéalement se situer entre 5.5 – 6.5, des valeurs jusqu'à 8.0 – 8.5 sont cependant acceptables
- Les micropolluants minéraux et les pesticides: le ministère de l'agriculture du Canada a fixé des recommandations par rapport à ces paramètres

3.2.3 Lac

3.2.3.1 Aspects quantitatifs

Le lac Léman peut être considéré comme une ressource virtuellement infinie.

3.2.3.2 Aspects qualitatifs

Les résultats du programme 2018 de surveillance des eaux du lac de la CIPEL montre que les teneurs en éléments trace métalliques des eaux du Léman sont stables et faibles, et que les concentrations individuelles en pesticides restent faibles et les teneurs totales oscillent, en fonction de la période de l'année et de la profondeur, entre 0.08 et 0.19 µg/L. Ces résultats confirment les tendances des années précédentes.

Ces teneurs satisfont pleinement aux exigences requises pour l'environnement ainsi que pour la production d'eaux de boisson au sens des législations suisse et française (CIPEL, 2019). Par ailleurs, les teneurs en métaux et en pesticides sont largement inférieures aux recommandations émises par le ministère de l'agriculture du Canada.

Les eaux du lac sont en outre exemptes de teneurs significatives en sédiments fins.

3.2.4 Rhône

3.2.4.1 Aspects quantitatifs

Le Q_{347} du Rhône est de 134 m^3/s (Valeur de l'OFEV pour la station des Rippes à Chancy). Selon la législation, l'ensemble des prélèvements sur la ressource ne devrait pas diminuer le débit Q_{347} de plus de 20%. Le régime hydrologique du Rhône étant en phase avec la demande agricole (hautes eaux en période de forte demande en eau d'irrigation), aucune restriction d'usage ne s'impose sur cette ressource selon SECOE (séance du 22.11.19). Les demandes d'autorisation devront néanmoins démontrer un usage rationnel et parcimonieux de la ressource.

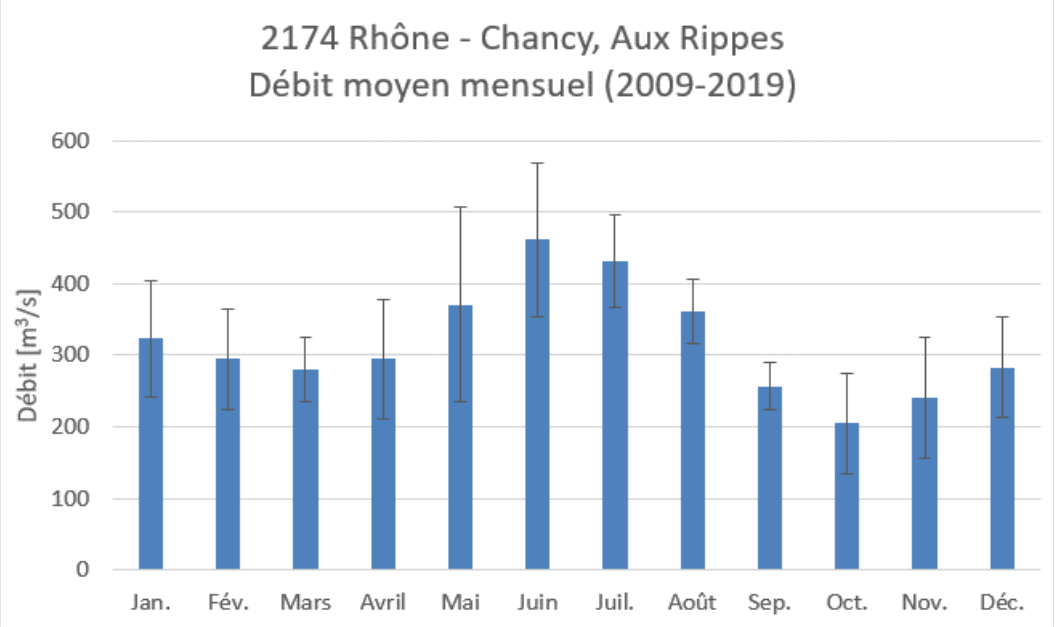


Figure 11: Rhône - débit moyen mensuel (2009-2018)

3.2.4.2 Aspects qualitatifs

La station Rhône-Chancy 2174 fait partie du programme national de surveillance à long terme des rivières suisses (NADUF) de l'EAWAG.

Le maxima de la température mensuelle moyenne est enregistré en août (19.82 °C), et le minima en février (5.73 °C).(données Hydrodaten OFEV).

Le pH (à 25 °C) moyen de l'eau est de 8.

Les eaux du Rhône sont en outre exemptes de teneurs significatives en sédiments fins.

3.2.5 Arve

3.2.5.1 Aspects quantitatifs

Le Q_{347} de l'Arve est de 20.4 m³/s (Valeur de l'OFEV pour la station du Bout-du-Monde). Selon la législation l'ensemble des prélèvements sur la ressource ne devrait pas diminuer le débit Q_{347} de plus de 20%. Le régime hydrologique de l'Arve étant en phase avec la demande agricole (hautes eaux en période de forte demande en eau d'irrigation), aucune restriction d'usage ne s'impose sur cette ressource selon SECOE (séance du 22.11.19) d'un point de vue quantitatif.

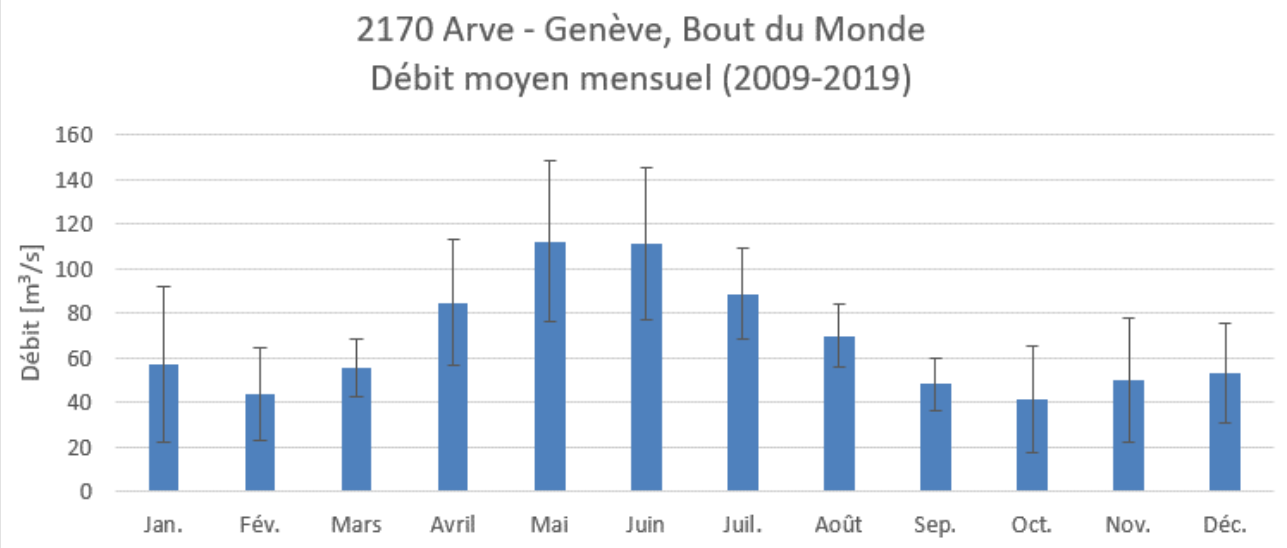


Figure 12: Arve - Débit moyen mensuel (2009-2018)

3.2.5.2 Aspects qualitatifs

Le maxima de la température mensuelle moyenne est enregistré en août (12.01 °C), et le minima en janvier (4.08 °C) (données Hydrodaten OFEV).

Les eaux de l'Arve sont fortement chargées en sédiments, en particulier pendant la période estivale comme le montre la Figure 13. Cette charge de sédiments fins est problématique pour l'utilisation d'eaux qui seraient pompées dans l'Arve et impliquerait la mise en œuvre de dispositifs de décantation et de filtration sophistiqués pour envisager le pompage et l'usage de l'eau prélevée.

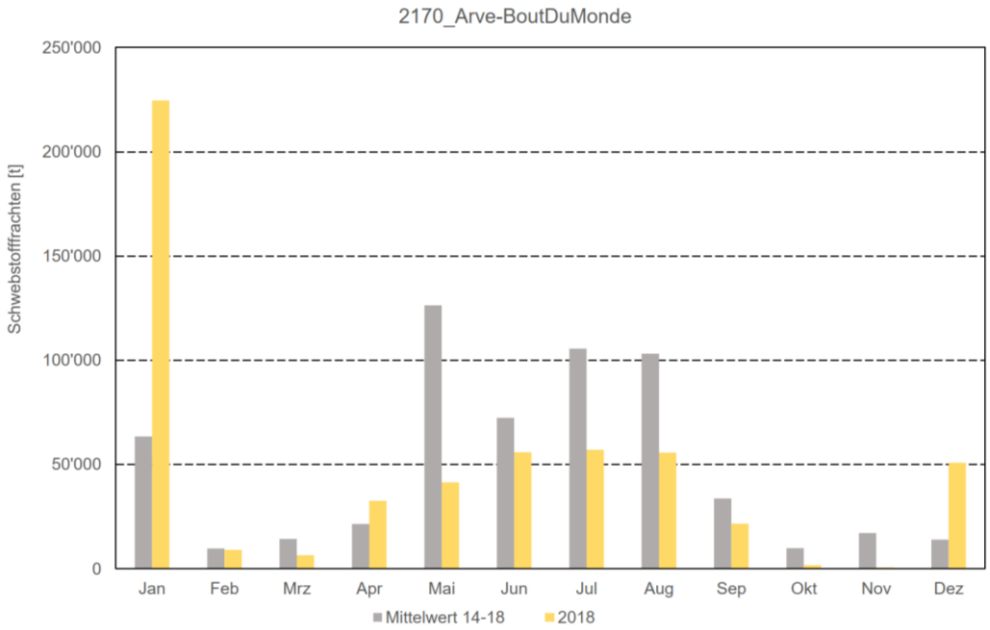


Figure 13: Arve - charge mensuelle en matières en suspension: mesures 2018 en jaune et moyennes 2014-2018 en gris (source: Hydrodaten)

La station de réalimentation artificielle de la nappe du Genevois de Vessy mise en œuvre en 1980 pour compenser la surexploitation de la nappe constitue une telle installation équipée d'un dispositif de filtration performant. Ce dispositif de traitement et de réinfiltration est cependant assujetti au débit de l'Arve, le captage est uniquement activé en périodes de basses eaux, lorsque la teneur en sédiments est la plus faible.

Après quelques essais infructueux ayant engendré le colmatage rapide des filtres, les eaux de l'Arve ne sont en particulier plus prélevées au printemps ou en été, soit pendant la période présentant les besoins d'irrigation.

Ce constat permet donc d'exclure les possibilités concrètes d'utilisation de l'eau de l'Arve, soit via l'utilisation de la station de traitement/réinfiltration existante de l'Arve soit via la mise en œuvre d'une nouvelle entité de filtration spécifique (faisabilité technique non démontrée ; ampleur et coût de réalisation et d'exploitation de l'installation disproportionnés).

Des traces de perchlorate ont été retrouvées dans l'Arve en 2017. Bien que les concentrations soient actuellement faibles, ces ions qui se retrouvent dans la nappe du Genevois dans laquelle l'Arve s'exfiltre, peuvent s'accumuler dans certains légumes.

3.2.6 Conclusion

Le lac et le Rhône sont donc les seules ressources en eau de surface présentant un potentiel pour l'irrigation agricole. Ces 2 ressources qui se situent dans la continuité hydrologique l'une de l'autre, présentent un potentiel très intéressant en terme quantitatifs et présentent une qualité adéquate.

A partir des contraintes et exigences règlementaires définies et en tenant compte des autres usages actuels ou futurs de ces ressources, un prélèvement cumulé de de 5 m^3/s à des fins d'irrigation agricole pourrait être envisagé (p.ex. 2.5 m^3/s prélevé dans le lac et 2.5 m^3/s prélevé dans le Rhône).

Les captages de débit supérieur à 160 l/s (10'000 l/min), impliquent la délivrance d'une concession du Conseil d'État et ceux de débit inférieur une autorisation.

Les dossiers de requête correspondants devront démontrer que le principe d'usage rationnel et parcimonieux de la ressource en eau est bien pris en compte.

3.3 Caractérisation des eaux souterraines

3.3.1 Approche mise en œuvre

L'inventaire des nappes présentes sur le territoire cantonal a été établi selon les cartes disponibles sur SITG, les données disponibles élaborées essentiellement par le GESDEC et des informations complémentaires issues de séances avec le GESDEC et SIG.

On distingue les 2 catégories de formations géologiques sièges des aquifères suivantes :

- Les **nappes principales du domaine public** - L'Alluvion ancienne (9ab), unité alluvionnaire graveleuse de la base du Würmien pour les nappes principales du domaine public (Nappe du Rhône et de Montfleury)
- Les **nappes superficielles** - Le retrait würmien gravelo-sableux (6ab), dont la base imperméable est constituée par le toit de la moraine würmienne argileuse, pour les nappes superficielles de Chancy, de la Champagne et de l'Aire.

Les aquifères identifiés selon les 2 catégories définies sont représentées sur la Figure 14 présentée à la page suivante et caractérisées aux paragraphes ci-après.

En lien avec les besoins et contraintes spécifiques à la présente étude, les paramètres suivants ont été pris en considération :

- Statut de protection
- Utilisation actuelle et prévue – réserve pour alimentation publique en eau de boisson – utilisation géothermique
- Lien avec les eaux de surface (soutien étiage) ou des milieux naturels
- Estimation préliminaire d'un ordre de grandeur de la capacité de la nappe, basée sur une évaluation grossière de la capacité d'écoulement et du renouvellement naturel du secteur d'aquifère considéré selon la formule de Darcy, intégrant des estimations préliminaires des paramètres : gradient hydraulique ; perméabilité ; épaisseur saturée et surface de l'aquifère selon les données disponibles lors de la réalisation de ce volet d'étude, au début 2020.
- Ces estimations constituent des premières orientations visant à définir des ordres de grandeur des potentiels présents et ne sauraient en aucun cas servir de base au dimensionnement concret d'un dispositif, qui devra être effectué à un stade ultérieur au moyen de données et d'une approche plus précise.
- Des données issues d'essais de pompage récemment effectués ou planifiés, notamment dans le cadre du programme GEothermies, permettront également de préciser les capacités estimées. Les résultats de ces essais peuvent s'avérer inférieurs aux valeurs estimées préalablement sur la base des caractéristiques générales des aquifères.
- Éléments disponibles relatifs à la qualité des eaux et à la vulnérabilité aux risques de pollution

Afin d'assurer une gestion durable et une exploitation efficiente des ressources du sous-sol, le canton de Genève s'est doté en 2020 d'un Plan de gestion des ressources du sous-sol (PGR).

Le PGR est basé sur une vision – intégrer les ressources souterraines pour réaliser la transition écologique soutenue par deux principes directeurs :

- Protéger et assurer une gestion durable
- Exploiter de manière efficiente les ressources,

qui se déclinent en trois objectifs stratégiques :

- Coordonner les développements
- Acquérir et diffuser de nouvelles connaissances
- Clarifier les conditions d'exploitation.

Le développement de l'exploitation des eaux souterraines à des fins d'irrigation agricole devra s'inscrire dans les principes et objectifs fixés par le PGR.

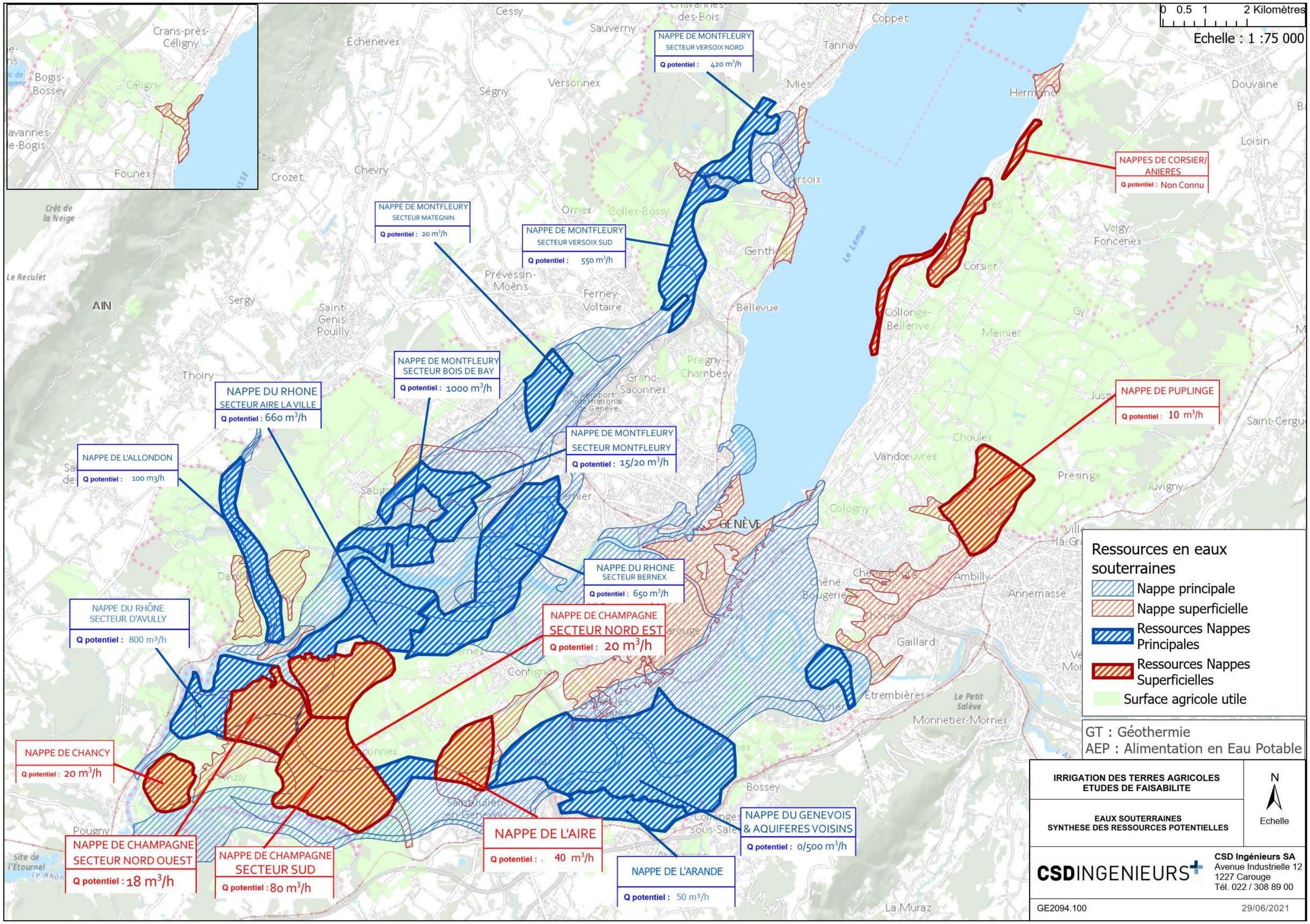


Figure 14: Eaux souterraines - synthèse des ressources potentielles

3.3.2 Nappes principales

3.3.2.1 Nappe du Genevois

La nappe du Genevois constitue la principale ressource d'eau souterraine exploitée pour l'alimentation en eau potable à l'échelle de l'agglomération transfrontalière du Grand Genève.

Elle s'étend sur le sud du canton de Genève et les territoires français limitrophes sur une longueur d'environ19 km et une largeur de 1,5 à 5 km. Elle se situe entre 50 et 90 m de profondeur et est relativement bien protégée des atteintes de surface par des couches de moraines très peu perméables. Son épaisseur saturée est comprise en entre 10 et 40 m ce qui permet d'estimer son volume total exploitable à 17 millions de m^3.

Cette nappe est alimentée par l'infiltration directe des eaux de surface (lac ; lit de l'Arve) et par la station de réalimentation de la nappe de Vessy mise en service en 1980.

L'exploitation de la nappe est pilotée par la Commission transfrontalière d'exploitation de la nappe du Genevois – créée en 1978. La nappe est potentiellement exploitée au moyen de 10 puits sur le canton de Genève et de 5 puits pour la Communauté de Communes du Genevois

En exploitation normale, jusqu'en 2016, les prélèvements représentent environ 15 millions de m^3/an avec un volume réinfiltré à la station de Vessy de l'ordre de 9 millions de m^3/an. Jusqu'à cette date, la répartition des volumes exploités s'établissait à raison d'environ 2/3 pour le canton de Genève (correspondant à 20% de la consommation globale en eau potable) et environ 1/3 pour les collectivités françaises (essentiellement CCG - Communauté de Communes du Genevois).

L'exploitation de la nappe est quasiment arrêtée depuis 2017 en raison d'une pollution constatée au perchlorate dont la source serait l'accumulation au cours du temps une ancienne contamination provenant de la partie amont de l'Arve. Une autre pollution a été constatée au NNDMS (fongicide interdit depuis 2005) a priori localisée dans la partie sud-ouest de la nappe.

En outre, la Communauté de Communes du Genevois a mis en exploitation en 2018 le nouveau puits de Matailly, qui exploite la nappe du Rhône en aval de Chancy. Ce nouveau puits assure la moitié des besoins de la CCG et permet donc de réduire la sollicitation de la Nappe du Genevois

Donc indépendamment de la situation actuelle liée à la pollution au perchlorate, la nappe du Genevois disposerait d'une capacité potentielle pour une utilisation agricole, pouvant être estimée jusqu'à 1 à 2 millions de m^3/an.

Par rapport à la pollution aux perchlorate, une sollicitation agricole pourrait contribuer à l'assainissement de la pollution dans le sens qu'elle permettrait d'activer la circulation et le renouvellement de l'eau. Cette solution devrait cependant être compatible avec la problématique d'accumulation de perchlorates constaté pour certaines cultures (p.ex. exclusion des cultures présentant ce risque des surfaces irriguées par cette ressource). Des tests d'assainissement devraient être entrepris prochainement sous la coordination de SIG et du GESDEC au niveau du puits de Soral. L'assainissement de cette pollution est une opération complexe qui devrait durer entre 10 et 15 ans selon les estimations actuelles.

Outre la redevance fixée par le RUESS, l'exploitation de la nappe du Genevois est en principe soumise à la taxe de réalimentation fixée par la Commission transfrontalière d'exploitation et qui représente un montant compris entre 20 et 40 cts/m^3.

Le GESDEC est en outre défavorable à la réalisation de nouveaux puits dans la nappe du Genevois puisqu'ils sont à considérer comme des points de faiblesse potentiels supplémentaires par rapport à la maîtrise des risques de pollution.

La valorisation de puits existants non ou sous-utilisés serait donc à privilégier.

En outre, à proximité de la nappe du Genevois, se développent des **aquifères** qui seront répertoriés sur la prochaine version mise à jour de la carte hydrogéologique du canton. On peut notamment citer la **nappe qui se développe au droit du vallon de l'Arande** entre la douane de Bardonnex et Landecy/Collonges, qui présente une extension intéressante et une profondeur saturée localement supérieure à 10 m. En première approximation, le potentiel exploitable de cette nappe peut être estimé à un ordre de grandeur de 50 m^3/h.

3.3.2.2 Nappe de Montfleury

La nappe principale de Montfleury n'est actuellement pas exploitée pour l'alimentation en eau potable. Son exploitation comme ressource géothermique est en revanche envisagée et elle a fait l'objet dans ce contexte de différentes campagnes d'investigations dans le cadre du programme GEothermies.

Cette nappe se découpe en différents secteurs représentés sur Figure 14 qui sont décrits spécifiquement ci-après :

- **Secteur de Versoix 1** :
  - Nappe alimentée par l'infiltration directe de la rivière la Versoix au bénéfice des graviers de l'alluvion ancienne subaffleurants dans la zone d'alimentation naturelle. Ce compartiment de nappe présente un sens d'écoulement en direction du nord-ouest, pour trouver son exutoire dans le Léman.
  - Ce compartiment de nappe est relativement bien protégé des atteintes de surface par des couches de moraines très peu perméables. Hormis la zone d'infiltration de la rivière la Versoix vers la nappe qui est classée en secteur Au de protection des eaux, le reste de cette nappe se trouve en secteur B de protection des eaux.
  - Le toit de la nappe dans ce secteur est présent à environ 30 m de profondeur avec une superficie de l'ordre de 1.5 km^2 et une épaisseur saturée de l'ordre de 20 m.
  - Un potentiel important a été mis en évidence par des investigations récentes réalisées dans le cadre du programme Géothermies; confirmant l'intérêt de cette nappe pour la géothermie voire pour l'alimentation en eau potable future (réserve stratégique).
  - Le potentiel global de la nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé de manière préliminaire à 420 m^3/h. Des récents essais de pompage réalisés dans le cadre du programme GEothermies semblent indiquer une capacité moins importante qu'initialement escompté. Cette estimation devra donc être précisée aux stades ultérieurs de la démarche.

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable, selon des limites et modalités à préciser ultérieurement en fonction des besoins liés à la géothermie et à l'alimentation en eau potable future le cas échéant.

- **Secteur de Versoix 2 :**
  - Nappe alimentée d'une part au nord par l'infiltration directe de la rivière la Versoix au bénéfice des graviers de l'alluvion ancienne subaffleurants dans la zone d'alimentation naturelle et d'autre part au sud par le ruisseau Le Gobé. Ce compartiment de nappe présente un sens d'écoulement en direction du centre de ce compartiment, pour trouver son exutoire principal dans le nant des Limites, à la hauteur de la route de Collex.
  - Ce compartiment de nappe est relativement bien protégé des atteintes de surface par des couches de moraines très peu perméables. Hormis la zone d'infiltration de la rivière la Versoix vers la nappe qui est classée en secteur Au de protection des eaux, le reste de cette nappe se trouve en secteur B de protection des eaux.
  - Le toit de la nappe dans ce secteur est présent à environ 45 m de profondeur avec une superficie de l'ordre de 2 km^2 et une épaisseur saturée de l'ordre de 15 m.
  - Le potentiel global de la nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé à 550 m^3/h. Des récents essais de pompage réalisés dans le cadre du programme GEothermies semblent indiquer une capacité moins importante qu'initialement escompté. Cette estimation devra donc être précisée aux stades ultérieurs de la démarche.

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable, selon des limites et modalités à préciser ultérieurement en fonction des besoins liés à la géothermie et à l'alimentation en eau potable future le cas échéant.

- **Secteur de Mategnin :**
  - Nappe alimentée au nord par l'infiltration directe du Nant du Gobé au bénéfice des graviers de l'alluvion ancienne subaffleurants dans la zone d'alimentation naturelle. Ce compartiment de nappe représente le début du corps principal de la nappe de Montfleury et s'écoule en direction du sud-ouest pour rejoindre la nappe d'accompagnement du Rhône dans le zone du Bois-de-Bay, jusqu'en aval du barrage de Verbois.
  - Ce compartiment de nappe est relativement bien protégé des atteintes de surface par des couches de moraines très peu perméables. Cette portion de nappe se trouve en secteur B de protection des eaux.
  - Le toit de la nappe dans ce secteur est présent à environ 25 m de profondeur avec une superficiel de l'ordre de 1 km^2 et une épaisseur saturée d'environ 10 m.
  - Le potentiel global de la nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé à 20 m^3/h. Cette valeur pourra être confirmée ou précisée sur la base d'investigations prévues dans le cadre de GEothermies, dont les premiers résultats donnent des valeurs intéressantes, mais doivent être consolidées par es essais de pompage longue durée.

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable, avec un potentiel toutefois a priori limité et selon des limites et modalités à préciser ultérieurement en fonction des besoins liés à la géothermie le cas échéant..

- **Secteur de Montfleury :**
  - Nappe dans la continuité du Secteur de Mategnin décrit ci-dessus. Ce compartiment de nappe se situe dans le corps principal de la nappe de Montfleury et s'écoule en direction du sud-ouest pour rejoindre la nappe d'accompagnement du Rhône dans le zone du Bois-de-Bay, jusqu'en aval du barrage de Verbois.
  - Ce compartiment de nappe est relativement bien protégé des atteintes de surface par des couches de moraines très peu perméables, sauf dans certains secteurs ou des gravières se développent (suppression de la protection naturelle durant l'extraction des graviers qui est reconstituée lors du remblayage par des matériaux fins). Cette portion de nappe se trouve en secteur B de protection des eaux.
  - Le toit de la nappe dans ce secteur est présent à environ 50 m de profondeur avec une superficiel de l'ordre de 2 km^2 et une épaisseur saturée comprise entre 2 et 5 m au maximum.
  - Productivité maximale (capacité de pompage instantanée) estimée pour des puits respectivement de 4.5'', 6'', 8'' et 10'', à savoir 24, 32, 26 (rabattement 1 m) et 32 l/min (rabattement 1m).
  - Le potentiel global de la nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé à 15 m^3/h.

-

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable, avec un potentiel toutefois a priori limité et selon des limites et modalités à préciser ultérieurement en fonction des besoins liés à la géothermie.

- **Secteur aval – Bois-de Bay (ZIBAY)**
  - Secteur aval de la nappe de Montfleury, qui rejoint la nappe d'accompagnement du Rhône dans le secteur du Bois-de-Bay, jusqu'en aval du barrage de Verbois. La nappe principale d'accompagnement du Rhône est alimentée d'une part par les exfiltrations du Rhône et d'autre part par l'arrivée et le mélange avec le nappe de Montfleury depuis le nord-est.
  - Ce compartiment de nappe était relativement bien protégé des atteintes de surface par des couches de moraines très peu perméables. Toutefois, tous le secteur de la ZIBAY a fait l'objet d'extraction des graviers entre les années 1960 et 1990 environ, avec localement extraction d'une partie des graviers saturés. Suite au remblayage avec des matériaux fins, cette protection naturelle a été partiellement reconstituée, toutefois avec des matériaux dont le degré de pollution n'est pas connu avec exactitude. C'est pour cette raison que la quasi-totalité du secteur de la ZIBAY est inscrite au cadastre cantonal des sites pollués.
  - Cette portion de nappe se trouve en secteur B de protection des eaux.
  - Le toit de la nappe dans ce secteur est présent à environ 20 m de profondeur avec une superficie de l'ordre de 2 km^2 et une épaisseur saturée d'environ 10 m.
  - Trois anciens puits de captage SIG en activité sont recensés dans ce secteur, qui ont été reconvertis pour l'alimentation énergétique du quartier des Vergers à Meyrin avec possibilité d'extension vers le CERN et la ZIMEYSA
    - Puits de Peney I : Situé en amont de la route du Bois-de-Bay, à la hauteur du Ruisseau de la Maison Carrée.
    - Puits de Peney II : Situé en amont du village de Peney-Dessus en arrivant par le route de Peney depuis Vernier.
    - Puits de Peney III : Situé en amont de la route du Bois-de-Bay, entre le centre de lavage et dépôt de Dupraz Bus et le site de traitement des déchets de Pascual Transports.
  - Le potentiel global de la nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé à 1'000 m^3/h. Cette valeur devra être précisée à un stade ultérieure en considérant notamment les interactions avec les puits et captages existants.

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable, avec un potentiel important, selon des limites et modalités à préciser ultérieurement en fonction des besoins liés à la géothermie.

3.3.2.3 Nappe du Rhône

La nappe principale du Rhône ne présente pas d'intérêt pour l'alimentation en eau potable. Son exploitation comme ressource géothermique est en revanche potentiellement envisagée dans le contexte du programme GEothermies.

Cette nappe se découpe en différents secteurs représentés sur la Figure 14 qui sont décrits spécifiquement ci-après :

- **Secteur de Bernex : Exploitation agricole possible**
  - Nappe alimentée par l'infiltration des eaux de pluie. Ce compartiment de nappe présente un sens d'écoulement en direction du nord/nord-ouest, pour trouver son exutoire dans le Rhône comme nappe d'accompagnement.

- Les alluvions anciennes sont recouvertes par une couche protectrice constituée par la moraine würmienne (7c/7d) et le retrait würmien limono-argileux (6c/6d). Cette couche protège localement l'aquifère de pollutions potentielles de surface. L'épaisseur de ces formations très peu perméables diminue vers l'aval, en direction d'Aire-la-Ville. Cette portion de nappe se trouve en secteur B de protection des eaux.
- Le toit de la nappe dans ce secteur sur situe à environ 50 m de profondeur avec une superficie de l'ordre de 3.5 km^2 et une épaisseur saturée d'environ 10 m. Cette portion de nappe se trouve en secteur B de protection des eaux.
- À noter qu'un part non négligeable de ce périmètre est inscrit au plan directeur des gravières avec une exploitation qui a débuté en 2017 sur le plateau entre Bernex et Aire-la-Ville.
- Le potentiel global de la nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé à 650 m^3/h.

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable, avec un potentiel important, selon des limites et modalités à préciser ultérieurement en fonction des besoins liés à la géothermie.

- **Secteur – Aire-La-Ville :**
  - Les caractéristiques d'alimentation et d'écoulement de cette nappe peuvent être caractérisées comme suit :
    - Un écoulement général globalement parallèle au cours du Rhône d'est en ouest, sans véritable composante nette de drainage nappe/fleuve ou fleuve/nappe. Il s'agit clairement d'une nappe dite d'accompagnement du fleuve.
    - Une zone de fort gradient piézométrique (=forte pente de la nappe) sous le village d'Aire-la-Ville, coïncidant avec la torsion des écoulements : Ce gradient de l'ordre de 7‰ est lié très certainement à la modification des écoulements souterrains qu'a créé historiquement la construction du barrage de Verbois.
    - Une zone de plus faible gradient piézométrique dans le secteur de la place d'Armes et de la haute terrasse en amont hydraulique : dans ce secteur le gradient est de l'ordre de 1 à 2‰. Ces valeurs sont le reflet d'un écoulement facilite des eaux souterraines traduisant la bonne porosité des matériaux et donc la forte perméabilité de l'aquifère.
    - Le toit de la nappe dans ce secteur se situe à environ 15 m de profondeur avec une superficie de l'ordre de 2 km^2, et une épaisseur saturée moyenne d'environ 10 m.
    - Sur la basse terrasse, en aval de la place d'arme, sous le village d'Aire-la-Ville, la nappe s'épaissit pour atteindre une épaisseur saturée de plus de 20 m d'épaisseur.
    - Au droit de la place d'arme (haute terrasse), l'épaisseur saturée par la nappe est comprise entre 10 et 15 m.
  - Ce compartiment de nappe est considéré comme relativement bien protégé des atteintes de surface par des couches de moraines très peu perméables, même si cette protection naturelle présente une épaisseur de quelques mètres uniquement. Cette portion de nappe se trouve en secteur B de protection des eaux.
  - Le potentiel global de la nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé à 660 m^3/h).

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable, avec un potentiel important, selon des limites et modalités à préciser ultérieurement en fonction des besoins liés à la géothermie.

- **Secteur – Avully :**

- Ce secteur est pauvre en information concernant l'aquifère profond des alluvions anciennes, et les informations sont très dispersées. La géologie de cette nappe peut se résumer comme suit :
  - Le substratum de l'aquifère est constitué directement par la molasse dont le toit est situé vraisemblablement entre 330 et 350 msm.
  - Les forages existants révèlent une épaisseur moyenne d'alluvions anciennes comprise entre 30 m et 45 m s'amenuisant en direction du Rhône (15 m).
  - Les ouvrages disponibles indiquent une épaisseur d'alluvions saturées de l'ordre de 5 m à 20 m et diminuant en direction du Rhône.
  - Le niveau de la nappe est profond (80m sous Avully) se situant autour de la cote 349 msm
- Globalement l'écoulement de cette nappe se caractérise du sud vers le nord en direction du Rhône selon un gradient relativement faible de 2‰, ce qui témoigne d'un écoulement facilité des eaux souterraines, reflet d'une bonne porosité des matériaux et donc d'une bonne perméabilité de l'aquifère.
- Ce compartiment de nappe est relativement bien protégé des atteintes de surface par des couches de moraines très peu perméables. Cette portion de nappe se trouve en secteur B de protection des eaux.
- Le toit de la nappe dans ce secteur se situe à environ 75 à 80 m de profondeur avec une superficie de l'ordre de 4 km^2, et une épaisseur saturée moyenne d'environ 15 m.
- Le potentiel global de la nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé à 800 m^3/h.

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable, avec un potentiel important, selon des limites et modalités à préciser ultérieurement en fonction des besoins liés à la géothermie.

3.3.2.4 Nappe de l'Allondon

- La nappe de l'Allondon est située sur les communes de Dardagny, de Russin et le département de l'Ain. Sur territoire suisse, la nappe de l'Allondon accompagne la rivière depuis la frontière française jusqu'à son embouchure dans le Rhône, sur une distance d'environ 5 km.
- Vers l'embouche avec le Rhône, cette nappe principale de l'Allondon se mélange avec la nappe superficielle de la Plaine, globalement à la hauteur du site industriel de Firmenich SA à la Plaine. D'une largeur minimale de 100 m aux Granges, elle s'élargit vers l'aval jusqu'à atteindre 600 m. Globalement elle représente une superficie de l'ordre de 2.2 km^2
- L'épaisseur de la zone saturée est supérieure à 10 m dans son sillon central, tandis que des extensions latérales présentent des épaisseurs inférieures.
- Elle est naturellement alimentée par les eaux souterraines provenant du Jura, par l'infiltration directe des eaux de surface et par l'infiltration à travers le lit du cours d'eau.
- Cette nappe ne présente pas de protection naturelle contre les atteintes de surface. En effet, la formation graveleuse de l'alluvion ancienne est subaffleurante. C'est pour cette raison que cette nappe se trouve en secteur Au de protection des eaux. Des pollutions de la nappe par des contaminants provenant du CERN ont déjà été observées par le passé
- Un puits de captage en activité est recensé dans ce secteur. Il s'agit du puits de Russin exploité par SIG qui est situé au droit du point d'équilibre exfiltration / infiltration en rive gauche de la rivière, approximativement à la hauteur du village de Dardagny. Ce puits raccordé au réseau eau potable de SIG est exploité de manière occasionnelle, principalement en période de fort tirage, soit en période estivale et en période de vendanges. Il permet également de garantir la défense incendie des hameaux du secteur. La capacité actuelle de 25 l/s sera augmentée à 45 l/s au maximum suite à une restructuration du réseau dans le secteur. Selon les statistiques de consommation transmises par SIG, ce puits dispose d'une capacité résiduelle très limitée pour des besoins complémentaires en irrigation.

L'exploitation agricole de cette nappe n'est pas envisageable au droit du puis existant mais pourrait potentiellement être prise en considération en aval, dans le secteur de la Plaine, à proximité de l'embouche avec le Rhône, en considérant cependant la vulnérabilité de cette nappe aux pollutions.

3.3.2.5 Synthèse préliminaire pour les nappes principales

La synthèse de l'estimation préliminaire des capacités des secteurs des nappes principales considérés est présenté dans le tableau ci-dessous.

Comme déjà mentionné, ces estimations constituent des premières orientations visant à définir des ordres de grandeur des potentiels présents et ne sauraient en aucun cas servir de base au dimensionnement concret d'un dispositif, qui devra être effectué à un stade ultérieur au moyen de données et d'une approche plus précise.

Zones d'étude retenues	Nappes	Épaisseur saturée moyenne [m]	Perméabilité moyenne estimée [m/s]	Q global (m3/h) Estimation selon flux de Darcy
Versoix 1	Montfleury	20	9.50E-04	**420**
Versoix 2		15	5.00E-04	**550**
Mategnin		10	2.50E-04	**18**
Montfleury		5	1.00E-04	**15**
ZIBAY		10	5.00E-03	**1000**
Bernex	Rhône	10	1.00E-03	**650**
Aire-la-Ville		10	7.00E-03	**660**
Avully		15	1.00E-03	**800**

Tableau 8: Estimation préliminaire des débits potentiellement exploitables des nappes selon le flux de Darcy pour les zones d'étude retenues des nappes principales

3.3.3 Nappes superficielles

3.3.3.1 Nappe du Nant d'Avril / Montfleury

La synthèse des données disponibles met en évidence que la nappe superficielle de Nant d'Avril n'est pas continue à l'échelle régionale et que la carte hydrogéologique disponible auprès du GESDEC n'est pas précise dans ce secteur.

Cette nappe de capacité limitée est intégralement située au droit du périmètre de la zone industrielle ZIMEYSA et ne présente aucun intérêt concret pour l'irrigation agricole.

3.3.3.2 Nappes superficielles de Russin / Dardagny

Le toit de ces deux nappes se situe à environ 2 m de profondeur avec une superficie de l'ordre de 0.75 km^2 et une épaisseur saturée variant entre 0.5 et 2 m pour la nappe de Dardagny et une superficie de l'ordre de 0.8 km^2

et une épaisseur saturée variant entre 0.5 et 2 m pour la nappe de Russin. Elles se développent dans les formations morainiques perméables (moraine et retrait würmien(ne)) de faible épaisseur et d'extension limitée.

Ces nappes possèdent une capacité très limitée et ne présentent donc aucun intérêt pour l'irrigation agricole, au-delà d'un potentiel usage local très limité.

3.3.3.3 Nappe de la Champagne

La nappe de la Champagne s'étend sur le vaste plateau du même nom situé entre les villages de Cartigny au Nord, Avully au Nord-Ouest, Avusy à l'Ouest, Sézegnin et Soral au Sud et Laconnex à l'Est. Il s'agit de la plus grande nappe superficielle du canton et de l'aquifère ayant le plus de résurgences naturelles et de liens avec les eaux de surface.

Cette nappe se développe au droit de formations morainiques perméables (moraine et retrait würmien(ne)) qui se sont déposée au-dessus d'unités glacio-lacustres argileuses et qui permettent l'établissement d'une nappe d'eau souterraine superficielle.

Cette nappe est principalement alimentée par l'infiltration des eaux de pluie, essentiellement en période de faible évaporation et hors de la période de végétation, soit hors de la période estivale.

Les exutoires de cette nappe sont constitués par des résurgences caractérisées ou diffuses situées sur l'ensemble du pourtour de cette nappe et qui constituent une contribution significative au débit d'étiage de cours d'eau ou à l'alimentation de milieux humides.

On peut signaler que les principales sources issues de cet aquifère alimentent le nant des Fourches, la Laire via la source du Moulin de Veigy, le Bief du Moulin de la Grave, le Nant de Couchefatte, le Nant de la Fontaine d'Epeisses, l'Eau Morte et le Nant des Crues, le Nant de Cartigny, le Nant de Longemalle, le Nant de Pré-Fleuri, le nant du Moulin de Vert, le Ruisseau du Moulin de la Ratte et le Bief du Lavoir de la Petite Grave.

Cette nappe alimente aussi de nombreux captages et fontaines situées à Sézegnin (route du Creux-du-Loup, chemin des Neufs), Avusy (chemin du Cannnelet, hameau de Champlong), Passeiry (fontaine du village) et Avully (fontaine des Tanquons, fontaine d'Epeisses, chemin des Meurons).

L'emprise de la nappe englobe de vastes secteurs de gravières anciennes et remblayées ou en cours d'exploitation. Des perturbations de l'intégrité de la nappe ou de son régime d'écoulement sont à prendre en considération pour les anciennes exploitations mise en œuvre avant les années 2000.

À l'échelle régionale, la nappe superficielle de la Champagne peut être divisée en trois secteurs, décrits ci-après :

- **Secteur Nord-Ouest**

<u>Avully :</u>

A proximité d'Avully la nappe s'établit au sein du remplissage gravelo-sableux du retrait würmien (6a et 6b). L'épaisseur de ces formations grossières est très hétérogène avec des changements parfois brutaux traduisant vraisemblablement l'existence probable de paléo-chenaux fluvio-glaciaires.

En termes de répartition, il semble que les épaisseurs rencontrées les plus importantes (>7m) se situent au sud/sud-est du village d'Avully, entre le village et la route de Chancy. Un paléo-chenal est nettement identifiable au niveau du village d'Athenaz, un second moins marqué semble se dessiner au sud-ouest du village d'Avully.

Le toit de la nappe dans ce secteur se situe entre 3 et 5 m de profondeur et une épaisseur saturée variant entre 3 et 7 m.

<u>Athenaz :</u>

A proximité d'Athenaz la nappe s'écoule en direction de l'ouest (Champlong) et alimente également différents exutoires. Le toit de la nappe dans ce secteur se situe entre 3 et 12 m de profondeur et une épaisseur saturée variant entre 2 et 6 m.

- Le potentiel global de ce secteur de nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé à 18 m^3/h.

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable ponctuellement, ; elle est cependant soumise à de fortes contraintes liées aux hétérogénéités de l'aquifère et à la préservation des débits des

exutoires naturels, assurant l'alimentation de cours d'eau et milieux naturels. Elle présente en outre une vulnérabilité importante aux pollutions, avec notamment des contaminations récemment observées en micropolluants (NN-DMS).

- **Secteur Nord- Est**

Cartigny **:**

Dans les environs de Cartigny la nappe s'établit au sein du remplissage gravelo-sableux du retrait würmien (6a et 6b). L'épaisseur de ces formations grossières est très hétérogène avec des changements parfois brutaux traduisant vraisemblablement l'existence probable de paléo-chenaux fluvio-glaciaires.

Le toit de la nappe dans ce secteur se situe entre 3 et 5 m de profondeur et une épaisseur saturée variant entre 3 et 7 m.

Laconnex-Eaumorte :

La nappe présente un gradient hydraulique relativement faible et la nappe ne contribue pas massivement à des exutoires répertoriés, excepté pour le Nant des Crues qui est à ce jour canalisé. Le toit de la nappe dans ce secteur se situe entre 4 et 8 m de profondeur et une épaisseur saturée variant entre 2 et 5 m.

- Le potentiel global de ce secteur de nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé à 20 m^3/h.

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable ponctuellement, ; elle est cependant soumise à de fortes contraintes liées aux hétérogénéités de l'aquifère et à la préservation des débits des exutoires naturels, assurant l'alimentation de cours d'eau et milieux naturels. Elle présente en outre une vulnérabilité importante aux pollutions, avec notamment des contaminations récemment observées en micropolluants (NN-DMS).

- **Secteur Sud**

A proximité de Sézegnin-Soral la nappe est drainée vers la source du Moulin de Veigy et vers les fontaines de Sezegnin. De plus, la nappe constitue dans ce secteur le principal soutien d'étiage à la rivière la Laire. Le toit de la nappe dans ce secteur se situe entre 8 et 18 m de profondeur et une épaisseur saturée variant entre 3 et 5 m.

- Le potentiel global de ce secteur de nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé à 80 m^3/h.

L'exploitation agricole significative de ce secteur de nappe n'est pas à envisager du fait du rôle crucial de cet aquifère pour l'alimentation de La Laire en période d'étiage.

3.3.3.4 Nappe de Chancy

Ce petit aquifère est situé sur le plateau de Chancy. Cette nappe est principalement alimentée par l'eau de pluie qui s'infiltre ainsi que par des résurgences de la nappe de la Champagne qui la surplombe, identifiées sous le Cannelet dans le secteur de Champlong.

L'exutoire de cette nappe correspond à des résurgences qui s'écoulent dans le Rhône (notamment captées par les drainages du mur confortatif de Chancy qui vise à limiter les déplacements liés au grand glissement de terrain de Chancy) et dans le bas cours de la Laire. Cette nappe n'a a priori pas de contact direct avec des cours d'eau.

Globalement, le toit de la nappe dans ce secteur se situe à environ 5 m de profondeur avec une superficie de l'ordre de 1 km^2, et une épaisseur saturée d'environ 5 m.

- Le potentiel global de ce secteur de nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé à 20 m^3/h.

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable dans un contexte local, avec un potentiel limité à préciser ultérieurement.

3.3.3.5 Nappe de la Plaine de l'Aire

La nappe superficielle de l'Aire se développe en rive gauche du cours d'eau à l'amont de Lully. Elle est alimentée par l'exfiltration de l'Aire dans la partie amont et par les eaux météoriques. Plus en aval, avant de rejoindre Lully, les interactions s'inversent et c'est la nappe qui alimente le cours d'eau, contribuant ainsi à la présence d'un débit d'étiage sur le tronçon renaturé.

Cette nappe est présente à moins de 5 m de profondeur avec une épaisseur saturée de l'ordre de 2,5 – 3m, une perméabilité moyenne k de 5 x 10^{-4} m/s et un gradient de 0,6%.

Cette nappe est déjà exploitée pour l'irrigation agricole avec un puits implanté à proximité du cours d'eau exploité par l'entreprise Jacquenoud avec un débit autorisé de 300 l/min. Depuis 2020, l'exploitation de ce puits est interrompue lorsque le débit de l'Aire est inférieur à 50 l/s, ce qui restreint considérablement la contribution de ce puits en particulier durant les mois d'été.

Un concept de saturation optimisée de la nappe avec une infiltration stimulée de l'eau de l'Aire (bassin et drains d'infiltration) a été étudié (OCEau ; Etude CSD 2009) qui permettait d'augmenter le volume d'eau disponible de 150 à 250'000 m3/an (sur 6 mois – correspond à un débit supplémentaire de 10 l/s) _ Nappe fonction de soutien d'étiage à l'Aire

- Le potentiel global de ce secteur de nappe selon sa capacité d'écoulement naturelle est grossièrement estimé à 40 m^3/h, pouvant être augmenté jusqu'à 60 m3/h avec mise en œuvre du concept d'infiltration stimulée des eaux de l'Aire.

Exploitation agricole de cette nappe envisageable, potentiellement optimisable avec le concept d'infiltration, en coordination avec les besoins d'alimentation de l'Aire en étiage et d'autres usages éventuels (géothermie).

3.3.3.6 Secteur de Bardonnex / Veyrier / Troinex

Le secteur de Veyrier – Troinex qui se développe au droit d'anciens marais ne présente pas d'aquifère caractérisé répertorié. Ce secteur présente néanmoins des formations aquifères d'épaisseurs a priori limitée, alimentées par les résurgences et circulations d'eau provenant du pied du Salève.

- Deux forages ont été réalisés à proximité de la Serres des Marais en 2014 avec l'interception de 2 horizons aquifères à 14m et entre 35- 45 m de profondeur. Les débits pompés, respectivement de 4 et de 1 à 2 l/s doivent être confirmés sur la base d'essais de pompage longue durée.
- Le potentiel global de ce secteur reste à préciser.

En outre, des puits désaffectés exploitant des nappes superficielles, implantés sur territoire français, mais à proximité immédiate de la frontière pourraient constituer une opportunité pour l'irrigation des terres des secteurs à proximité. Il s'agit notamment du puits de Collonges-sous-Salève, à proximité immédiate de Croix-de-Rozon et du puits de Monnetier dans le secteur Pas-de-l'Echelle/Etrembières à proximité immédiate de Veyrier.

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable dans un contexte local, avec un potentiel à préciser ultérieurement.

3.3.3.7 Nappe de Puplinge

Le secteur de Puplinge, entre le Foron et la Seymaz présente une nappe superficielle d'une une emprise d'environ 1,5 km^2 en amont de Thônex implantée à moins de 10 m de profondeur avec une épaisseur saturée comprise entre 1,5 et 3,5 m, une perméabilité de l'ordre de 1 x 10^{-3} m/s et un gradient de l'ordre de 0,1 %.

- Le potentiel global de ce secteur de nappe est grossièrement estimé entre 5 et 10 m3/h.

L'exploitation agricole de ce secteur de nappe est envisageable dans un contexte local, avec un potentiel limité à préciser ultérieurement et en se coordonnant avec une exploitation géothermique (investigations réalisées dans le cadre du programme GEothermies).

3.3.3.8 Nappes superficielles en bord de lac – secteur Collonge- Corsier – Anières - Hermance

Ces aquifères qui se développent dans les alluvions anciennes à proximité du lac sont mal connues. Elles pourraient présenter un potentiel non négligeable. Des investigations complémentaires seraient nécessaires afin de préciser cet aspect et envisager une potentielle exploitation (géothermie ; agricole ; évtl eau potable).

3.3.3.9 Synthèse des débits potentiels

La synthèse de l'estimation préliminaire des capacités des nappes superficielles est présentées dans le tableau ci-dessous.

Comme déjà mentionné, ces estimations constituent des premières orientations visant à définir des ordres de grandeur des potentiels présents et ne sauraient en aucun cas servir de base au dimensionnement concret d'un dispositif, qui devra être effectué à un stade ultérieur au moyen de données et d'une approche plus précise.

Zones d'étude retenues	Nappes	Epaisseur saturée moyenne [m]	Perméabilité moyenne estimée [m/s]	Q global (m3/h) Estimation selon flux de Darcy
Chancy	Chancy	5	4.00E-04	**20**
Champagne Nord-Ouest	Champagne	5	6.00E-04	**18**
Champagne Nord-Est		5	6.00E-04	**20**
Champagne Sud		4	1.50E-03	**80**
Nant d'Avril secteur gravière	Nant d'Avril	2	1.10E-03	**3**
Nant d'Avril ouest rue Sablières		2	1.10E-03	**3**
Aire	Aire	3	8.50E-04	**40**
Puplinge	Puplinge	3	1.00E-03	**10**
Dardagny	Dardagny	1.5	2.50E-04	**4**
Russin	Russin	1.5	2.50E-04	**2**

Tableau 9: Estimation préliminaire des débits des nappes selon le flux de Darcy pour les zones d'étude retenues des nappes superficielles

3.4 Synthèse des ressources potentiellement exploitables pour l'irrigation

A partir des éléments présentés aux paragraphes précédent une synthèse des ressources en eau de surface et en eau souterraine potentiellement exploitables pour l'irrigation à l'échelle du canton de Genève est présentée sur la Figure 15 ci-après.

Cette synthèse distingue les 3 types de ressources suivantes :

1. Ressources à potentiel important – potentiellement valorisables à large échelle, soit le lac, le Rhône et certaines nappes d'eaux souterraines principales
2. Ressources à potentiel moyen – exploitation envisageable à l'échelle locale
3. Ressources à potentiel limité/soumis à de fortes contraintes – exploitation difficilement envisageable

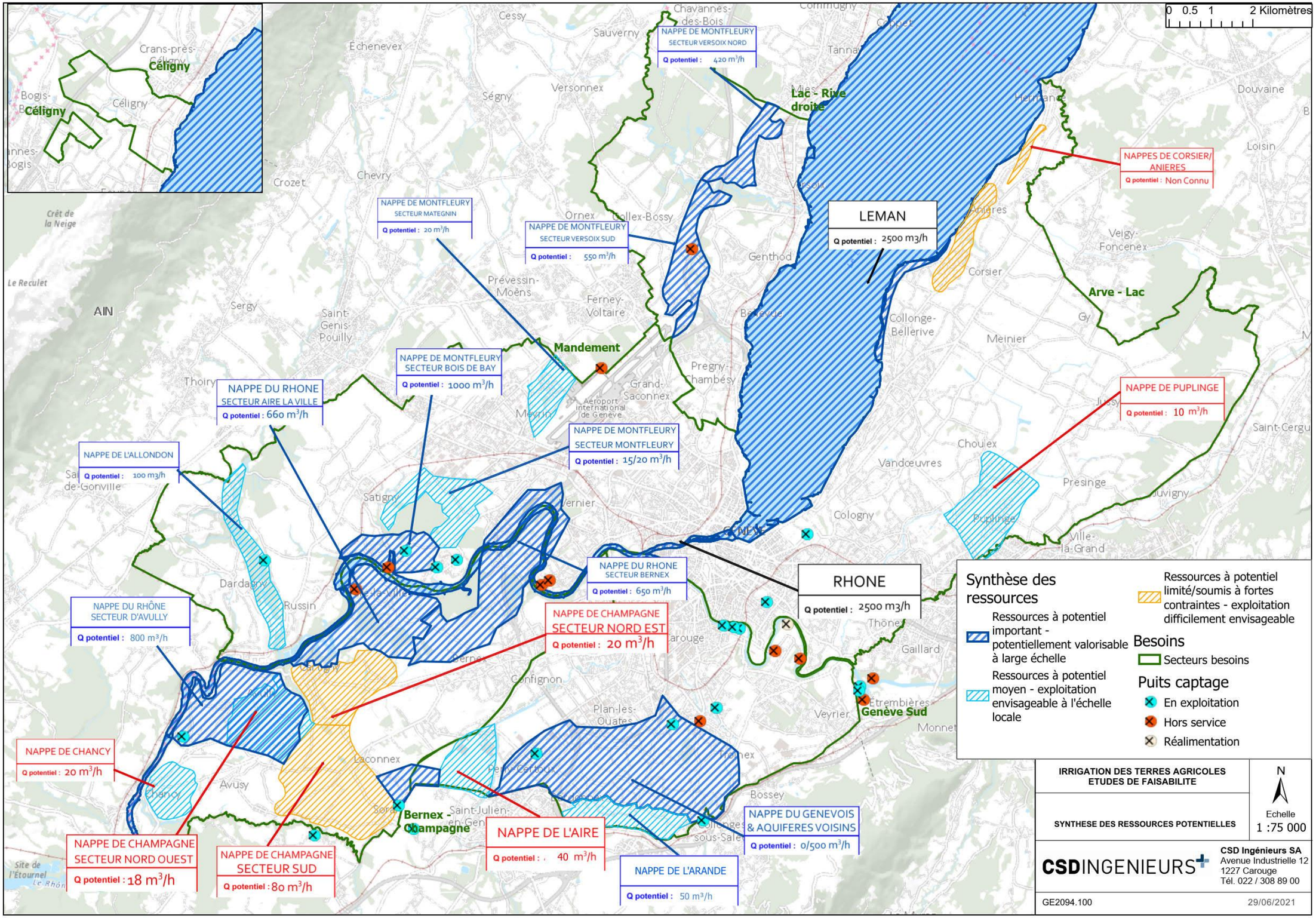


Figure 15: Synthèse des ressources potentielles

4 Concepts d'approvisionnement

4.1 Approche générale

L'identification et l'évaluation des concepts d'approvisionnement envisageables est basée sur un premier temps sur la superposition de la localisation des besoins et des différentes ressources disponibles en fonction de leur importance.

Les ressources à potentiel limité ne peuvent uniquement entrer en ligne de compte pour satisfaire des besoins agricoles situés à proximité, alors que les ressources à potentiel important (lac ; Rhône et certaines nappes principales) peuvent être considérer pour alimenter de vastes secteurs au moyen d'un réseau d'adduction conséquent.

La faisabilité technique et le coût de déploiement d'un réseau peut être influencée favorablement au cas où des synergies pourraient être mises en évidence avec des infrastructures ou des projets connexes.

L'identification de ces opportunités fait l'objet du chapitre 4.2. ci-après qui inventorie également l'existence d'éventuelles infrastructures désaffectées ou sous-utilisées (p.ex. puits de pompage) qui pourraient être valorisées pour l'irrigation.

En parallèle de cette démarche, les projets d'infrastructures actuels ou planifiés ont été identifiés afin de déterminer les éventuelles synergies et opportunités existantes.

Finalement, les variantes de concepts ont été définies par secteur et leur faisabilité économique a été étudiée sur la base d'une estimation des coûts préliminaires qui devra être précisée dans les phases ultérieures de mise en œuvre (chapitre 4.3).

4.2 Identification des opportunités

Afin d'identifier les opportunités et synergies envisageables en terme d'infrastructures, une recherche détaillée des installations existantes, désaffectées ou planifiées sur le canton de Genève et pouvant être valorisées pour l'irrigation agricole a été effectuée. Les données de base de ce chapitre proviennent essentiellement des sources suivantes : données cartographiques SITG, contacts directes avec les Services Industriels de Genève et différents services de l'État de Genève, sources internes CSD.

Les opportunités envisageables sont à considérer tant en termes d'utilisations conjointes que de synergies travaux ; elles concernent les infrastructures/installations suivantes :

- Réseaux thermiques CAD
- Exploitation géothermique
- Réseau et infrastructures eau potable SIG
- Autres infrastructures d'alimentation en eau ou d'évacuation des eaux usées
- Infrastructures routières

La Figure 16 synthétise les différentes infrastructures identifiées dans le cadre de cette démarche. Ces dernières sont décrites plus précisément dans les paragraphes ci-après.

4.2.1 Réseaux thermiques CAD

Les principales opportunités liées aux réseaux thermiques concernent les synergies en termes de travaux, notamment de fouilles. De plus, en ce qui concerne les réseaux hydrothermiques, des synergies avec les travaux liés à des prises d'eau dans les eaux superficielles ou des puits dans les nappes sont aussi possibles.

Par ailleurs, une éventuelle utilisation des eaux de rejet des circuits ouverts serait potentiellement envisageable, cependant elle soulève des contraintes de températures.

Les informations et éventuelles opportunités liées aux réseaux thermiques identifiés sont synthétisées dans les paragraphes ci-après. Ces dernières seront présentées plus en détails dans les concepts d'approvisionnement par secteur le cas échéant.

Réseau CAD Rive Gauche :

- Réseau structurant en cours de planification
- Circuit fermé avec 2 conduites aller – retour (90° – 50°C)
- Raccordement à la STEP d'Aire pour la production de chaleur – diverses autres sources envisagées
- Réalisation prévue à l'horizon 2021/2022 pour quelques tronçons prioritaires (p.ex. dans le secteur de la traversée de la route de Chancy) et à l'horizon 2025/2026 pour les tronçons restants
- Projet d'une CCF – Bois (incinérateur) en cours : possiblement raccordée au CAD Rive Gauche

Réseau GéniLac

- Réseau structurant existant avec extension en cours
- Boucle ouverte avec plus de 1'000 m^3/h rejetés dans le Rhône ou l'Arve - température de rejet entre 3°C (Hiver) et 12°C (été)
- Nouvelle prise d'eau dans le lac en travaux
- Déploiement du réseau en cours – zone urbanisée

Réseau Zimeysa – les Vergers

- Réseau existant alimenté par les 3 puits de Peney
- Circuit thermique ouvert avec eau à destination du Lac des Vernes (Meyrin) - soutien étiage (minimise le risque d'eutrophisation)

- Une seule conduite ancienne avec une utilisation en série - pas réellement de réserve de capacité de la conduite en été
- Potentiel réseau projeté dans la ZIBAY à partir du réseau existant – étude en cours
- Projet de boucle d'anergie ZIMEYSA avec puits grande profondeur – caractérisation des besoins en cours

Projet de réseau à Anières

- Études effectuées à initiative communale (phase avant-projet) - a priori le projet semble difficilement viable vu la faible densité

Réseau CAD CEVA ou Frontenex

- Projet abandonné : l'étude préliminaire à l'initiative de l'OCEN pour développer l'axe Frontenex – Communaux Ambilly (connexion jusqu'à Puplinge mentionnée) n'a pas permis de démontrer la faisabilité (densité pas suffisante)

4.2.2 Géothermie

Les principales opportunités liées à l'exploitation géothermique concernent les synergies en termes de travaux et d'éventuelles utilisations conjointes de l'eau pompée dans les nappes phréatiques si la qualité de l'eau et la température le permettent. De manière générale, l'utilisation combinée irrigation/géothermie doit être discutée avec le GESDEC. Par ailleurs, cette opportunité d'usage mixte de la ressource est actuellement en cours de réflexion de manière plus générale (utilisation pour eau potable envisagée).

Dans le cadre des échanges avec le responsable des projets géothermiques SIG, les informations suivantes ont pu être récoltées :

- Puits exploratoire grande à moyenne profondeur (GMP) de Veyrier – Troinex (en attente des études de sismique 3D) – pas de synergie possible à cause de la contrainte de rejet thermal (60°C) et de la qualité
- Possibilités de synergies avec le puits de Satigny (forage GMP)
  - 700m de profondeur avec une qualité d'eau quasi potable
  - Débit de 50 l/s en artésien avec une température de -34°C
  - 2e puits plus profond éventuel en raison de la zone intéressante
- Nombreux forages complémentaires prévus sous Versoix avec une exploitation concrète envisagée au centre de Versoix
- Puits des Biollets – débits importants (4000 l/min)

4.2.3 Réseau et infrastructure eau potable SIG

Concernant les opportunités liées à la mise en œuvre d'infrastructures dédiées à l'irrigation agricole, les principales synergies concernent les travaux liés à des éventuels nouveaux captage dans le lac et des développements de nouveau quartiers, ou encore l'utilisation potentielle de puits désaffectés.

Ces opportunités dépendent donc du développement prévu du réseau d'eau potable, qui dépend principalement de l'évolution des besoins.

A ce sujet et selon les informations actuelles ayant pu être récoltés, les éléments suivants peuvent être observés :

- La consommation par habitant est en constante diminution et se situe actuellement à environ 130L/j/hab. Cette diminution de la consommation spécifique a permis de maintenir la consommation globale d'eau potable à l'échelle du canton de Genève à un niveau stable au cours de ces 20 dernières années malgré l'augmentation du nombre d'habitants et d'emplois. L'évolution future de la consommation spécifique et la valeur seuil qu'elle pourrait atteindre reste incertaine. Elle pourrait par exemple atteindre la consommation de Berlin qui est de 90 L/j/hab.

- Les besoins industriels sont en diminution
- La capacité du réseau arrive à saturation
- La majorité des terres agricoles sont aujourd'hui irriguées à partir du réseau d'eau potable SIG qui n'a pas la vocation de fournir de l'eau pour l'irrigation. Cette consommation représente une proportion de 1.8% de la totalité de l'eau potable distribuée. Cependant SIG ne connaît pas les consommations saisonnières et de pointes, ni les répartitions géographiques (travail de sectorisation par commune attendu pour la fin de l'année 2020)
- Certains renforcements du réseau sont à prévoir en lien avec les futurs projets de développement urbains en particulier dans les secteurs où la part de consommation agricole est déjà élevée et en lien avec le Plan Directeur Cantonal 2030 (PDCn). Les secteurs qui vont connaître les plus forts développements démographiques sont les suivants :PAV - Genève / Carouge (+ 17'500 habitants), Plaine de l'Aire / Cherpines - Confignon / Plan les Ouates (+ 7'500 habitants), Les Teppes / Saint Mathieu – Bernex (+ 7'500 habitants), Communaux d'Ambilly / Dardelles - Thônex / Puplinge (+ 5'500 habitants), Saint Maurice - Collonge-Bellerive (+ 3'300 habitants), Vessy / Grands Esserts – Veyrier (+ 2'000 habitants), ZIMEYSAVER / Cointrin / Grand Saconnex - Vernier / Meyrin / Grand Saconnex (+ 6'000 habitants)

A l'heure actuelle, **aucun nouvel ouvrage de captage n'est planifié par SIG.** Cependant, en cas de besoin plus important, une **possibilité de captage dans le Lac à la hauteur du réservoir de Bessinge** est envisageable (le terrain est réservé mais le projet n'est pas prévu pour le moment).

Afin de préciser les besoins futurs, SIG est en train d'élaborer un plan directeur technique concernant les besoins en eau pour l'horizon 2040 qui a vocation à être évolutif (prévu pour fin 2020-2021). Un lien avec le grand Genève est prévu dans un deuxième temps.

4.2.4 Autres infrastructures d'alimentation en eau ou d'évacuation des eaux usées

La mesure 3.2.1 du PREE Aire – Drize prévoit la **construction d'une galerie de décharge des eaux usées entre la Plaine de l'Aire à l'aval de l'autoroute et la STEP d'Aïre**

Cette mesure est rendue nécessaire par l''augmentation importante de la population située dans ce bassin versant d'assainissement, en lien avec le développement futur de grands projets d'aménagement, tant en Suisse qu'en France, qui implique d'envisager une restructuration de ce système, certains tronçons du réseau primaire présentent déjà à l'état actuel des problèmes de capacité hydraulique.

Cette mesure consiste en la construction d'une galerie allant de la station de pompage de la Plaine de l'Aire jusqu'en rive gauche du Rhône, dans le Bois-Carrien. La traversée du Rhône sera effectuée par un collecteur intégré à la future passerelle piétonne au-dessus du Rhône. Le raccordement entre la rive droite du Rhône et la STEP d'Aïre sera effectué par un collecteur gravitaire. La station de pompage de la Plaine de l'Aire sera mise hors service en fonctionnement usuel, mais pourrait être conservée pour des opérations d'entretien de la galerie.

Cette galerie est planifiée d'être réalisées en parallèle à la concrétisation du Grand Projet d'urbanisation des Cherpines, à l'horizon 2025 – 2030.

Le diamètre de la galerie à réaliser sur une distance de 2,2 km sera probablement défini par des contraintes constructives à une valeur supérieure au diamètre nécessaire à l'évacuation du débit d'eaux usées estimé. La mise en œuvre d'une conduite d'irrigation refoulant des eaux pompées au Rhône à l'intérieur de cette galerie peut donc être envisagée sans surcoûts excessifs en valorisant pleinement les synergies.

La **restructuration de l'alimentation en eau du CERN**, qui pourrait par exemple impliquer la mise hors service ou l'utilisation moins importante de conduites d'alimentation en provenance du lac Léman, présente également des opportunités potentielles pour les périmètres proches (Vallon du Nant d'Avril – Meyrin – Satigny) qu'il s'agira de préciser à un stade ultérieur en coordination avec les répondants du CERN.

4.2.5 Infrastructures routières

Des nouvelles infrastructures routières sont planifies sur le territoire du canton au niveau des routes nationales et des routes cantonales.

Au niveau des routes nationales, il s'agit des 3 projets suivants :

a. Demi-Jonction du Canada à Vernier, projet qui se situe à un niveau de concrétisation assez avancé et qui pourrait présenter des synergies en cas de mise en œuvre d'une prise d'eau dans le Rhône à proximité

b. 3ème voie autoroutière entre le Vengeron et l'échangeur de Perly : ce projet ne devrait pas se concrétiser avant 2035. Il consiste en un dédoublement de l'autoroute actuelle, quasiment intégralement réalisée en tunnel ou tranchée couverte. Du fait de cette configuration enterrée, l'intégration d'une conduite dans l'ouvrage ne présente pas d'économies par rapport à la mise en œuvre de base en surface. En outre, l'OFROU n'est plus disposé à ce que des conduites ou infrastructures non liées à l'autoroute soient implantées sur son emprise.

c. Contournement Est et Traversée du lac : ce projet est également prévu quasiment intégralement en souterrain dans le secteur Arve – Lac. Les remarques relatives au projet de 3ème voie s'appliquent également à ce projet, dont la réalisation doit encore être confirmée par la Confédération (horizon de concrétisation potentiel 2040)

Au niveau des routes cantonales, on peut citer les trois projets de barreau de Montfleury (secteur Vernier – Satigny), du boulevard des Abarois (secteur Bernex Nord) et du contournement de Perly qui devraient se concrétiser entre les horizons 2022 – 2026. Ces nouveaux axes pourraient présenter des synergies opérationnelles s'il est rationnel de faire transiter un réseau d'irrigation sur les axes considérés. Les moins-values réalisées par rapport à une mise en œuvre d'un réseau en plein champ ne sont cependant pas considérables.

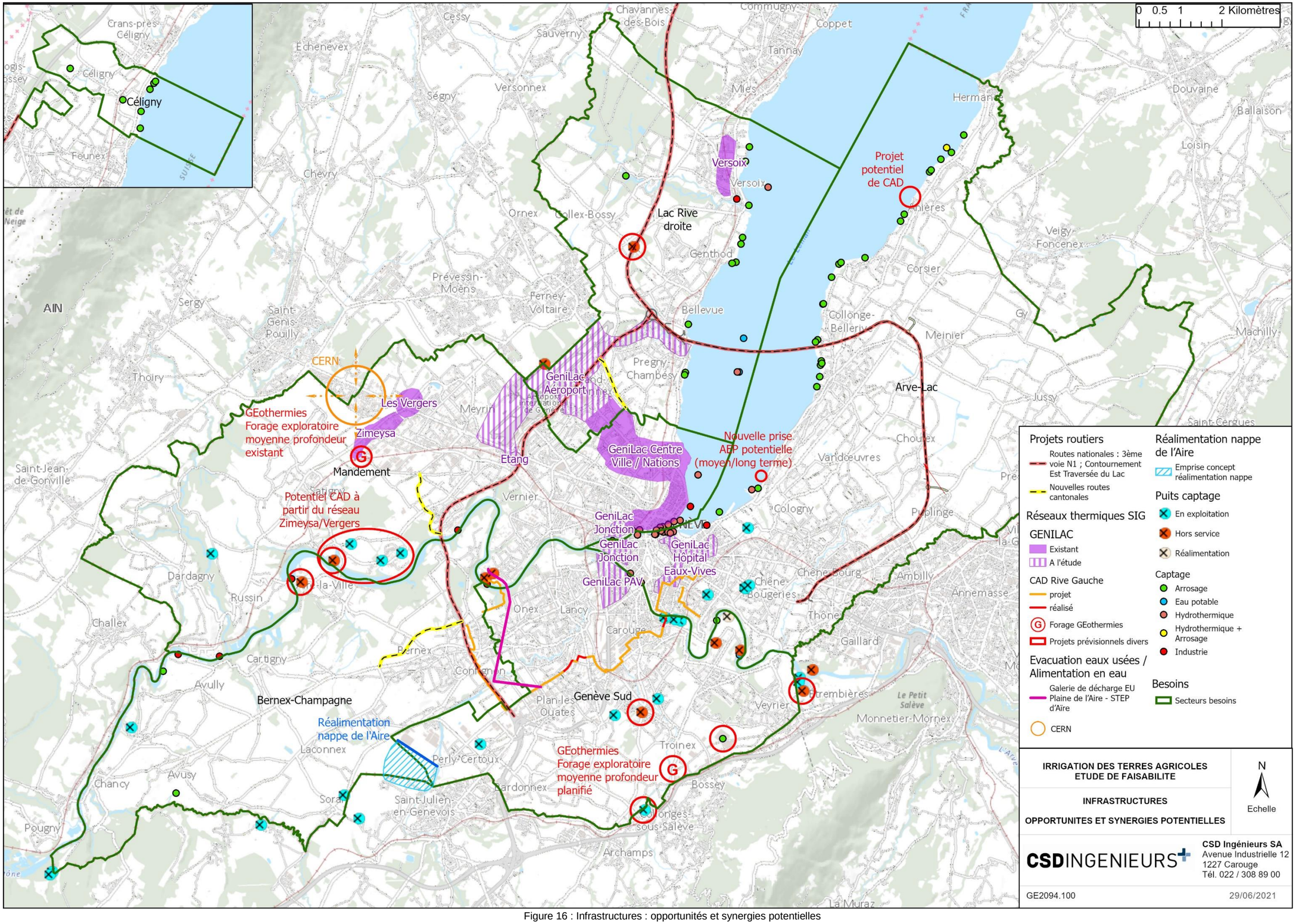


Figure 16 : Infrastructures : opportunités et synergies potentielles

4.3 Définition et évaluation des scénarios envisageables

4.3.1 Bases préliminaires de conception

4.3.1.1 Synthèse des besoins et débits caractéristiques par secteur

Les besoins annuels pour les différents secteurs et sous-secteurs sont présentés sur la Figure 17 ci-après et les données principales[35] utiles à l'élaboration des scénarios d'approvisionnement et à l'évaluation de la faisabilité économique sont synthétisées dans le Tableau 10.

Les données relatives à la densité des besoins ramenées à la surface cultivée totale d'un secteur ou d'un sous-secteur, exprimées en m^3 par hectare et par an ont notamment été mises en évidence, puisqu'il s'agit d'un paramètre important permettant d'évaluer la faisabilité économique de la mise en œuvre d'un réseau.

[35] Les données correspondent aux résultats présentés au chapitre 2. Elles ont cependant été adaptées pour permettre la prise en compte des besoins de la ZAS Plaine de l'Aire dans un seul secteur, soit le secteur Genève-Sud

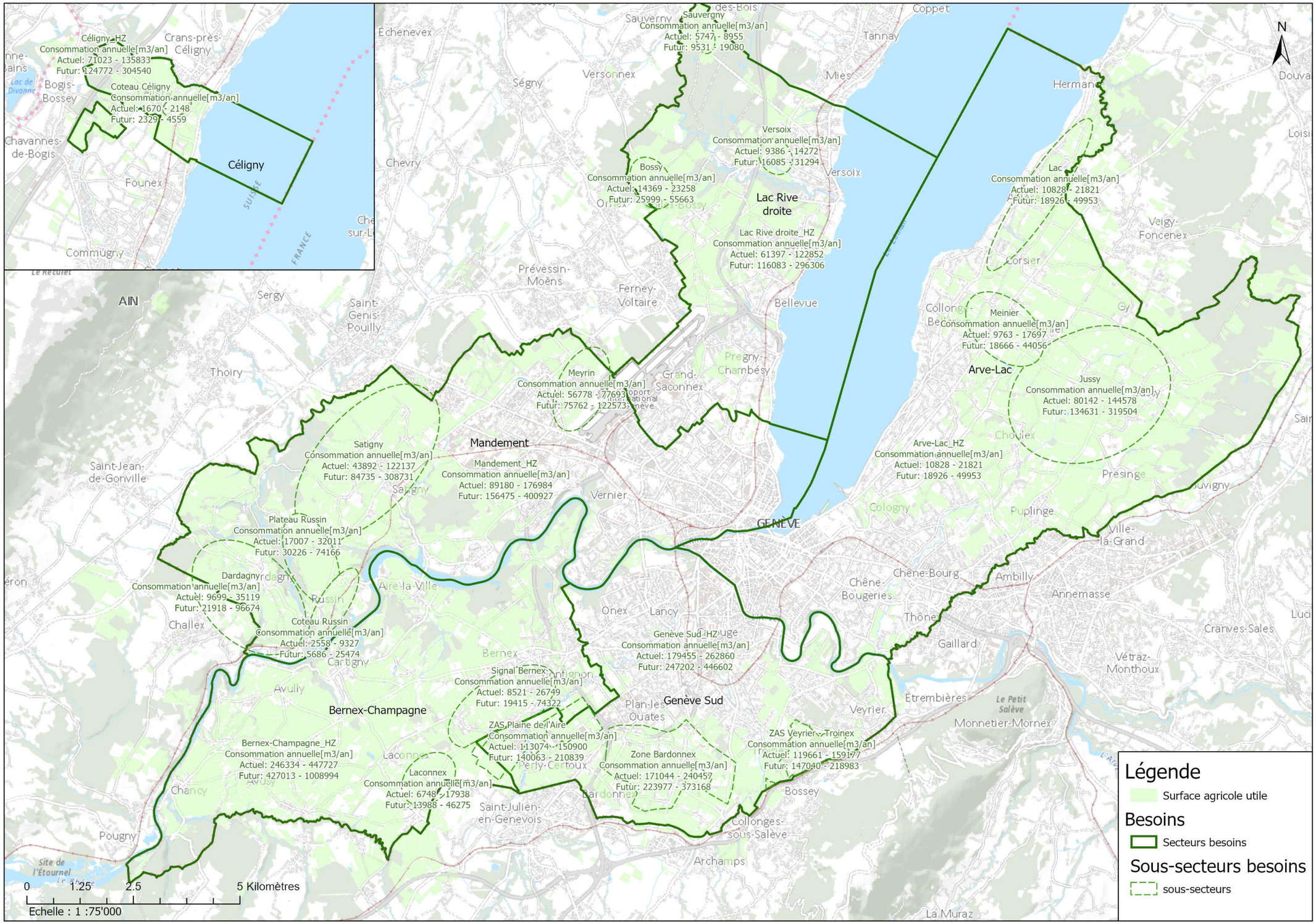


Figure 17: Synthèse des besoins - localisation

PAR ZONE		Surfaces [ha]					Consommation [m3/an]				Débit horaire moyen [m3/h]				Débit horaire maxmimum [m3/h]				Densité consommation de besoin (moyenne et surface irriguable) [m3/ha/an]		Densité consommation de besoin (moyenne et surface cultivée) [m3/ha/an]		Densité consommation de besoin (moyenne et surface totale) [m3/an/ha]	
Secteur	Zone	S totale	S cultivée totale	S cultivée irrigable	S irriguée actuelle	S irriguée future	Actuel normale	Actuel extrême	Futur normale	Futur extrême	Actuel normale	Actuel extrême	Futur normale	Futur extrême	Actuel normale	Actuel extrême	Futur normale	Futur extrême	Actuel moyenne	Futur moyenne	Actuel moyenne	Futur moyenne	Actuel moyenne	Futur moyenne
Arve-Lac	Jussy	930.4	710.3	177.0	58.4	90.2	80'142	144'578	134'631	319'504	22	40	37	88	73	102	124	206	635	1'283	158	320	121	244
Arve-Lac	Lac	279.0	144.9	33.5	9.1	15.5	10'828	21'821	18'926	49'953	3	6	5	14	11	15	18	33	487	1'027	113	238	59	123
Arve-Lac	Meinier	108.8	70.1	22.4	9.0	13.4	9'763	17'697	18'666	44'056	3	5	5	12	8	15	14	35	614	1'403	196	448	126	288
Arve-Lac	hors zone	7'700.6	1'978.4	397.9	133.2	206.2	257'089	475'331	431'859	1'026'576	70	130	118	281	262	351	444	620	920	1'832	185	369	48	95
Arve-Lac	**TOTAL**	**9'018.7**	**2'903.8**	**630.8**	**209.7**	**325.4**	**357'822**	**659'427**	**604'082**	**1'440'089**	**98**	**181**	**166**	**395**	**353**	**482**	**601**	**895**	**806**	**1'620**	**175**	**352**	**56**	**113**
Genève Sud	Bardonnex	414.9	235.5	91.6	58.1	67.6	171'044	240'457	223'977	373'168	47	66	61	102	162	218	213	310	2'247	3'261	874	1'268	496	720
Genève Sud	Plaine de l'Aire	180.0	113.2	39.0	34.8	36.6	113'074	150'900	140'063	210'839	31	41	38	58	107	144	132	193	3'387	4'502	1'166	1'550	733	975
Genève Sud	Veyrier-Troinex	114.6	75.8	41.0	36.8	38.1	119'661	159'177	147'040	218'983	33	44	40	60	113	152	139	202	3'400	4'463	1'839	2'413	1'216	1'597
Genève Sud	hors zone	2'963.2	667.0	153.4	64.4	86.3	179'455	262'860	247'202	446'602	49	72	68	122	172	231	238	348	1'442	2'261	332	520	75	117
Genève Sud	**TOTAL**	**3'672.8**	**1'091.6**	**324.9**	**194.2**	**228.6**	**583'234.7**	**813'394.6**	**758'281.5**	**1'249'592.7**	**159.8**	**222.8**	**207.7**	**342.4**	**554.0**	**744.4**	**721.7**	**1'053.0**	**2'149**	**3'090**	**640**	**920**	**190**	**273**
Bernex-Champagne	Laconnex	107.4	87.4	35.1	14.9	22.9	6'748	17'938	13'988	46'275	2	5	4	13	5	17	11	39	351	857	141	345	115	280
Bernex-Champagne	Signal Bernex	284.3	135.8	86.1	34.6	52.6	8'521	26'749	19'415	74'322	2	7	5	20	9	30	20	75	205	544	130	345	62	165
Bernex-Champagne	hors zone	3'934.3	2'093.9	277.6	148.4	224.2	246'334	447'727	427'013	1'008'994	67	123	117	276	237	308	419	575	1'250	2'587	166	343	88	182
Bernex-Champagne	**TOTAL**	**4'326.0**	**2'317.2**	**398.8**	**197.9**	**299.7**	**261'602.7**	**492'414.1**	**460'416.2**	**1'129'591.5**	**71.7**	**134.9**	**126.1**	**309.5**	**250.9**	**355.6**	**448.9**	**688.9**	945	1'993	163	343	87	184
Mandement	Coteau Russin	104.2	65.3	38.8	15.5	23.3	2'558	9'327	5'686	25'474	1	3	2	7	4	12	9	30	153	402	91	239	57	150
Mandement	Dardagny	398.5	251.7	143.4	57.0	85.7	9'699	35'119	21'918	96'674	3	10	6	26	15	45	34	112	156	414	89	236	56	149
Mandement	Satigny	777.4	566.9	388.9	157.4	234.6	43'892	122'137	84'735	308'731	12	33	23	85	45	135	97	322	213	506	146	347	107	253
Mandement	Plateau Russin	182.0	137.5	51.1	26.1	36.3	17'007	32'011	30'226	74'166	5	9	8	20	17	31	31	76	480	1'021	178	380	135	287
Mandement	Meyrin	177.7	74.9	30.7	23.9	27.4	56'778	77'693	75'762	122'573	16	21	21	34	49	66	63	91	2'191	3'232	898	1'325	378	558
Mandement	hors zone	4'300.4	1'041.8	197.5	75.2	112.2	89'180	176'984	156'475	400'927	27	58	49	136	48	136	61	327	674	1'411	128	268	31	65
Mandement	**TOTAL**	**5'940.2**	**2'138.0**	**850.4**	**355.2**	**519.4**	**219'114**	**453'269**	**374'802**	**1'028'545**	**60**	**124**	**103**	**282**	**164**	**381**	**261**	**846**	**395**	**825**	**157**	**328**	**57**	**118**
Lac Rive droite	Bossy	88.2	73.3	31.1	12.0	18.2	14'369	23'258	25'999	55'663	4	6	7	15	12	20	22	52	605	1'314	257	557	213	463
Lac Rive droite	Sauverny	22.9	21.5	6.7	4.0	5.2	5'747	8'955	9'531	19'080	2	2	3	5	4	6	7	15	1'103	2'146	342	665	321	625
Lac Rive droite	Versoix	51.5	40.2	11.3	9.0	11.3	9'386	14'272	16'085	31'294	3	4	4	9	11	16	18	37	1'047	2'096	294	589	230	460
Lac Rive droite	hors zone	4'271.3	949.4	116.0	32.1	54.1	61'397	122'852	116'083	296'306	17	34	32	81	55	75	106	148	794	1'777	97	217	22	48
Lac Rive droite	**TOTAL**	**4'433.9**	**1'084.5**	**165.1**	**57.1**	**88.7**	**90'900**	**169'338**	**167'698**	**402'342**	**25**	**46**	**46**	**110**	**82**	**117**	**153**	**253**	**788**	**1'727**	**120**	**263**	**29**	**64**
Céligny	Coteau Céligny	23.6	14.0	9.2	1.2	2.8	1'670	2'148	2'329	4'559	0	1	1	1	1	2	2	4	208	374	136	246	81	146
Céligny	hors zone	835.2	289.7	102.3	37.9	56.4	71'023	135'833	124'772	304'540	19	37	34	83	72	96	129	186	1'011	2'099	357	741	124	257
Céligny	**TOTAL**	**858.8**	**303.8**	**111.5**	**39.1**	**59.2**	**72'694**	**137'981**	**127'101**	**309'099**	**20**	**38**	**35**	**85**	**73**	**98**	**131**	**190**	**945**	**1'956**	**347**	**718**	**123**	**254**
TOTAL canton de Genève		**28'250.4**	**9'838.8**	**2'481.6**	**1'053.2**	**1'521.0**	**1'585'366.3**	**2'725'823.6**	**2'492'380.9**	**5'559'259.6**	**434.3**	**746.8**	**682.8**	**1'523.1**	**1'477.6**	**2'178.4**	**2'315.8**	**3'925.3**	**869**	**1'622**	**219**	**409**	**76**	**143**

Tableau 10: Synthèse des besoins par secteur

4.3.2 Bases de prédimensionnement et d'évaluation économique

Les possibilités d'approvisionnement dans les différents secteurs dépendent des ressources disponibles et de leur importance. On distingue deux catégories de ressources, pour lesquelles **les bases de dimensionnement** admises sont synthétisées ci-après:

1. **Ressources à potentiel important (lac ; Rhône et certaines nappes principales) :**
   - Déploiement de réseau d'adduction conséquent possible – à évaluer selon la faisabilité technico-économique
   - Dimensionnement des infrastructures basé sur une moyenne pondérée du débit maximal des besoins futurs (environ 1/3 année normale et 2/3 année extrême)
     - Soit sur l'ensemble du secteur concerné (déploiement d'un réseau « global)
     - Soit sur une partie du secteur déterminée en fonction de la proximité de la ressource et/ou de la densité des besoins (consommation ramenée à la surface sur laquelle le réseau doit être déployé)
2. **Ressources à potentiel limité (nappes à potentiel limité)** :
   - Adaptées à une utilisation locale
   - Dimensionnement des infrastructures basé sur la capacité/disponibilité de la ressource : débit potentiel de la nappe
   - Estimation de la surface cultivée pouvant être irriguée à partir des capacités disponibles avec vérification que l'eau de la ressource peut bien être consommée pour les différents scénarios de besoins (actuel – normale, actuel – extrême, futur – normale, futur – extrême)

Type de ressources	Possibilités d'approvisionnement	Base de dimensionnement
Ressources à potentiel important (lac ; Rhône et certaines nappes principales)	• Déploiement de réseau d'adduction conséquent possible – à évaluer selon la faisabilité technico-économique	• Déploiement de réseau d'adduction conséquent possible – à évaluer selon la faisabilité technico-économique • Dimensionnement des infrastructures basé sur une moyenne pondérée du débit maximal des besoins futurs (environ 1/3 année normale et 2/3 année extrême) o Soit sur l'ensemble du secteur o Soit sur une zone partielle déterminée en fonction de la proximité de la ressource et/ou de la densité des besoins
Ressources à potentiel limité (nappes à potentiel limité)	• Adaptées à une utilisation locale	• Dimensionnement des infrastructures basé sur la capacité/disponibilité de la ressource : débit potentiel de la nappe • Estimation de la surface cultivée pouvant être irriguée à partir des capacités disponibles avec vérification que l'eau de la ressource peut bien être consommée pour les différents scénarios de besoins (actuel – normale, actuel – extrême, futur – normale, futur – extrême)

L'évaluation économique effectuée dans le cadre de la présente étude ne vise qu'à fournir des premières orientations permettant d'appréhender l'intérêt et la faisabilité économique des différentes options envisagées. Les éléments énoncés devront être précisés et confirmés à un stade ultérieur (étude préliminaire de faisabilité par secteur).

Les **investissements** ont été estimés sur la base d'un prédimensionnement sommaire et de valeurs d'expérience ou tirées de projets similaires en intégrant les postes suivants :

- Prise d'eau
- Puits de nappe
- Station de pompage (génie civil ; équipement électromécanique ; raccordement électrique et dispositif de commande à distance)
- Conduite d'adduction
- Chambres de distribution et volume de stockage si nécessaire
- Squelette principal du réseau de distribution, esquissé selon un maillage permettant de localiser l'ensemble des surfaces à irriguer à 1 km de ce réseau structurant.

A partir des valeurs estimatives préliminaires prises en compte, des variations importantes peuvent survenir selon les conditions locales en particulier pour les postes de raccordement électrique (proximité du réseau SIG) ; prise d'eau /station de pompage en cas de contraintes géotechnique, topographiques ou environnementales spécifiques et déploiement des réseaux (une répartition préliminaire entre pose en plein champ, pose sous chaussée et traversée de routes ou infrastructures majeurs en travaux spéciaux a été effectuée à ce stade, mais devra impérativement être précisée à un stade ultérieur.

Une première approximation des **prix de revient** de chaque scénario a ensuite été calculée en CHF / m^3 pour les différents scénarios de consommation définis selon les principes suivants :

<u>Amortissement des investissements :</u>

- Déduction de la part subventionable admise à 60% (total Confédération et canton) .
- Génie civil : durée d'amortissement de 50 ans et taux de 2%/an
- Équipement électromécanique : durée d'amortissement de 10 ans et taux de 2%/an

<u>Frais fixes :</u>

- Entretien et maintenance : 3% du coût des équipements électromécaniques
- Entretien et curage des réseaux
- Frais de gestion /administratifs (compris entre CHF 2'000 (solutions locales) et CHF 50'000 (réseaux étendus)

<u>Frais variables :</u>

- Redevance prélèvement eaux publiques : 0.05 CHF/m^3
- Taxe réalimentation nappe Genevois (le cas échéant) : 0.3 CHF/m^3
- Consommation électrique : 0.2 CHF/kWh

Comme déjà mentionné, ces éléments d'orientation préliminaires devront être précisés / affinés à un stade ultérieur (p.ex. prise en compte d'un pourcentage de pertes d'eau non valorisée…).

Ces coûts estimés sont à mettre en perspective avec le tarif pratiqué par les SIG pour la fourniture d'eau à des fins agricoles (Tarif OCa), qui implique de disposer de compteurs SIG affectés exclusivement à l'arrosage agricole afin de bénéficier de l'exonération de la taxe annuelle d'épuration. Ce tarif qui comporte une taxe annuelle (forfait) par tranche de consommation et une part variable pour la consommation complémentaire, s'établit par exemple à 1.48 CHF/ m^3 y.c. TVA pour une consommation de 5'000 m^3/an et à 1.28 CHF/ m^3 y.c. TVA pour une consommation de 20'000 m^3/an

4.4 Secteur Arve-Lac

4.4.1 Densité de besoins

Le secteur Arve-Lac est caractérisé par une densité de besoins modeste et les sous-secteurs (zones spécifiques) identifiés ne présentent a priori pas des besoins plus intensifs. La Figure 18 et le Tableau 11 ci-après illustrent la densité des besoins pour le secteur complet, les sous-secteurs et le diffus (hors zone). La densité de besoins indiquée représente la moyenne de la consommation entre une année normale et une année extrême en fonction de la surface totale cultivée de la zone considérée.

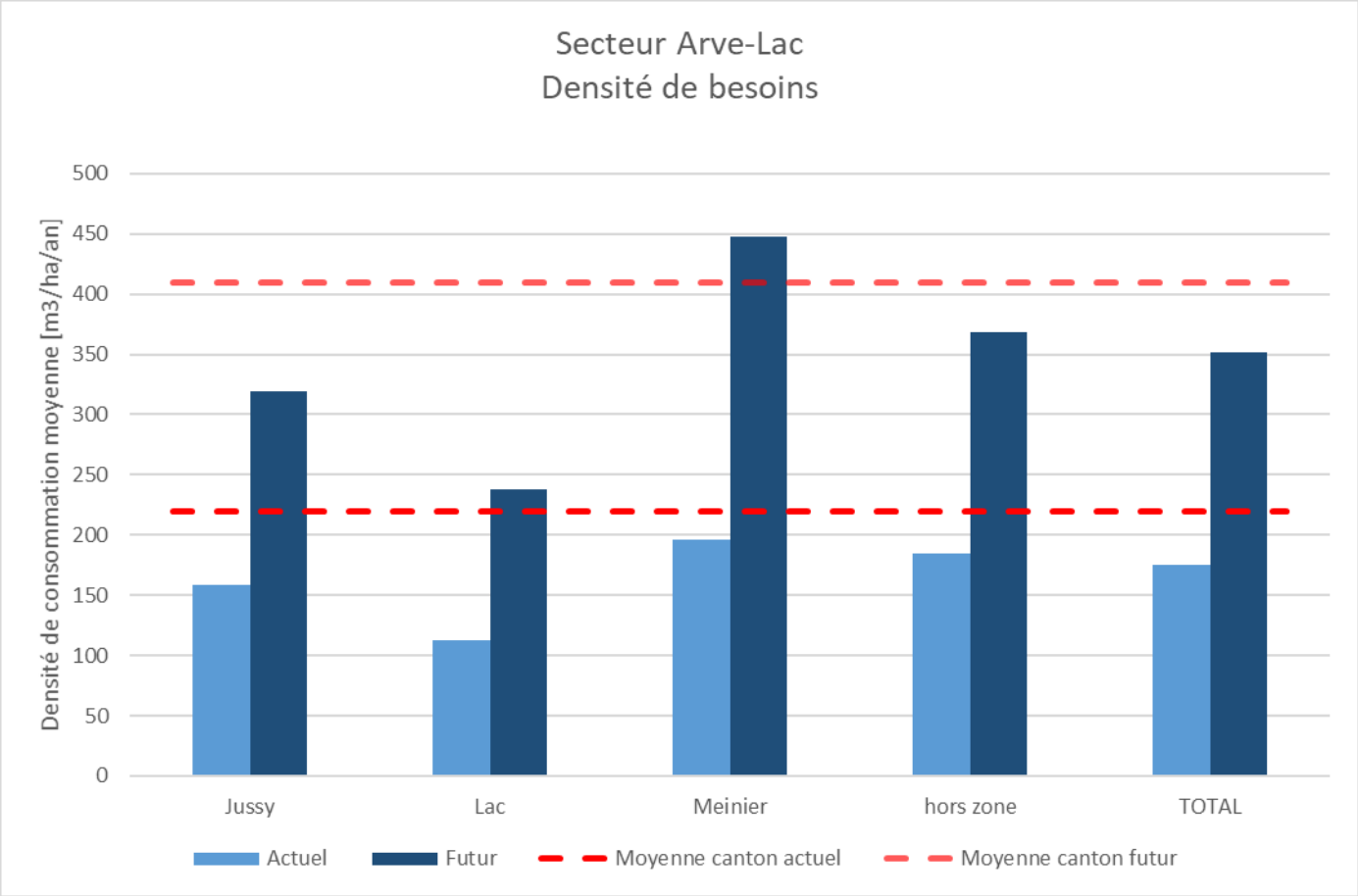


Figure 18 : Densité de besoins pour le secteur Arve-Lac

PAR ZONE		Densité consommation de besoin (moyenne et surface cultivée) [m3/an/ha]		Densité consommation de besoin (moyenne et surface totale) [m3/an/ha]	
Secteur	**Zone**	**Actuel moyenne**	**Futur moyenne**	**Actuel moyenne**	**Futur moyenne**
Arve-Lac	Jussy	158	320	121	244
Arve-Lac	Lac	113	238	59	123
Arve-Lac	Meinier	196	448	126	288
Arve-Lac	hors zone	185	369	48	95
Arve-Lac	**TOTAL**	**175**	**352**	**56**	**113**

Tableau 11: Densité de besoins pour le secteur Arve-Lac

4.4.2 Concepts d'approvisionnement

La **seule ressource à potentiel important disponible** dans le secteur Arve-Lac est le Lac Léman. Par rapport aux besoins totaux du secteur, techniquement cette ressource permet amplement de garantir l'approvisionnement en eau l'ensemble du secteur, comme le montre la Figure 19 ci-après.

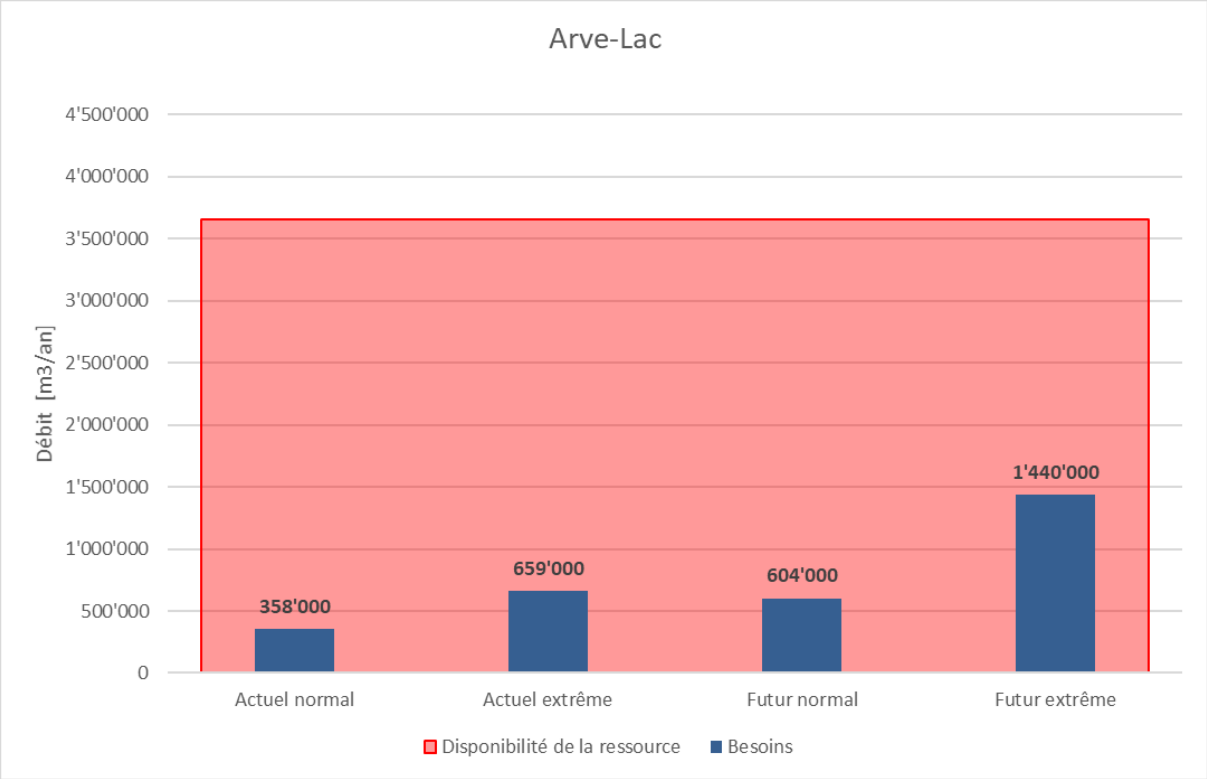


Figure 19 : Disponibilité de la ressource par rapport aux besoins pour le secteur Arve-Lac

Outre le lac, une seule ressource d'intérêt local a été identifiée dans ce secteur : la nappe superficielle de Puplinge.

Sur cette base et en fonction des opportunités et densités de besoins présents sur la zone, les principes d'approvisionnement pour le secteur Arve-Lac qui font l'objet d'une analyse technico-économique préliminaire dans les paragraphes ci-après sont les suivants :

1. Réseau depuis le Lac
2. Nappe de Puplinge - Approvisionnement local depuis la nappe de Puplinge

4.4.2.1 Réseau depuis le Lac

Pour la ressource « Lac », deux scénarios d'approvisionnement ont été analysés :

1. Réseau Lac global - Approvisionnement du secteur global
2. Réseau Lac partiel - Approvisionnement partiel du secteur : limité au sous-secteur « Meinier » + « Lac » + zone proche du lac (1/3 des besoins restant diffus « hors zone »)

A ce stade, une prise d'eau au droit d'Anières a été envisagée, afin de permettre des synergies potentielles avec le projet de CAD en étude de faisabilité, si ce dernier devait se réaliser.

La Figure 20 ci-après esquisse le principe de réseau envisagé.

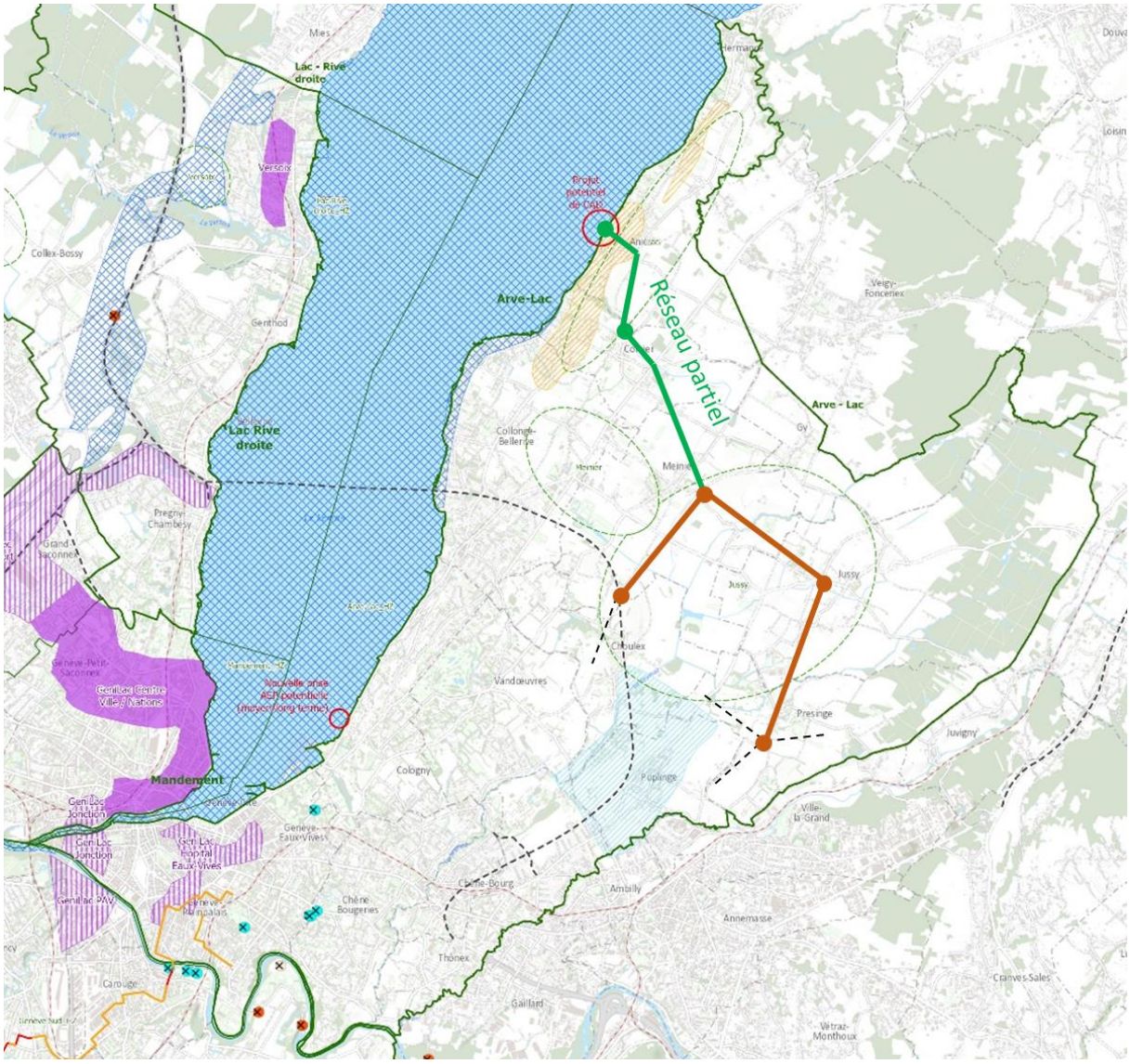


Figure 20 : Réseau envisagé pour le secteur Arve-Lac

L'estimation préliminaire des investissements est présentée ci-après, en considérant une subvention potentielle à hauteur de 60%. Les prix de revient estimés en fonction des scénarios de consommations sont quant à eux présentés dans la Figure 21 ci-après.

	Réseau lac global	Réseau lac partiel
Investissements (y.c TVA)	17 MCHF	8.5 MCHF
Investissements (y.c TVA) avec déduction des subventions	7 MCHF	3.5 MCHF

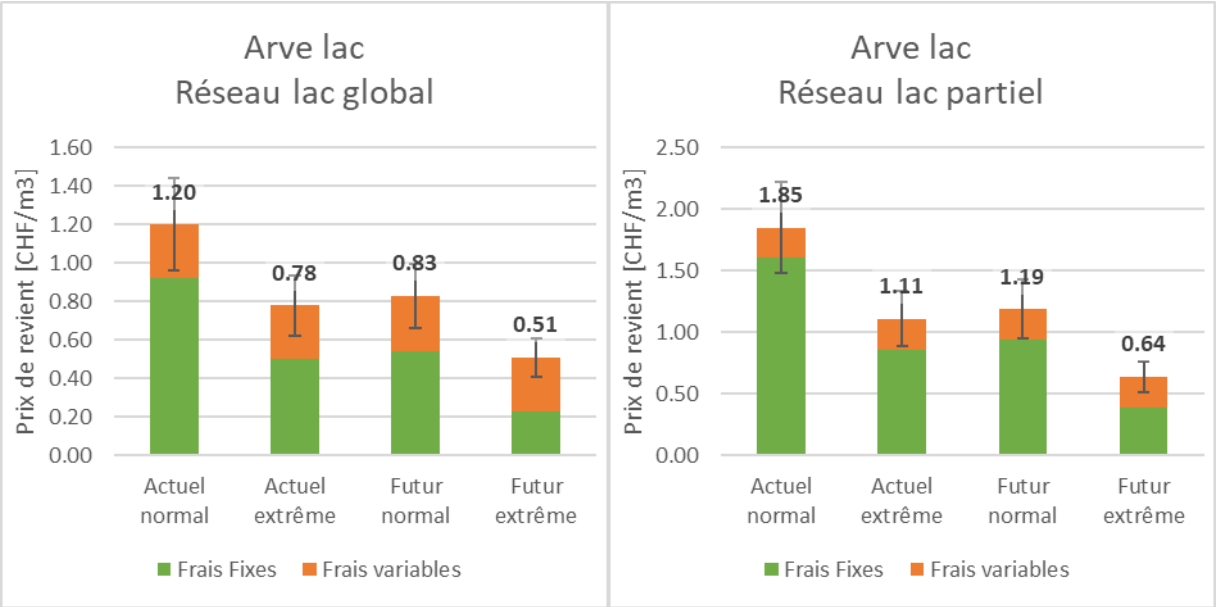


Figure 21 : Prix de revient du scénario Réseau lac global (à gauche), et partiel (à droite)

Interprétation et commentaires :

- Prix de revient relativement élevé lié à la densité modeste des besoins
- L'option « réseau partiel » présente un prix même supérieur à l'option « réseau global » du fait que les secteurs « Lac » et « Meinier » ne présentent pas de besoins supérieurs à la moyenne du secteur.
- Synergies avec autres infrastructures limitée : avec un réseau CAD Anières le cas échéant s'il se concrétise (synergie avec la prise d'eau / station de pompage sans effet fondamentale sur le prix de revient estimé)

4.4.2.2 Approvisionnement secteur local depuis la nappe de Puplinge

La capacité de cette nappe a été estimée à 10 m³/h, il s'agit d'un potentiel indicatif qui devra être confirmé sur la base d'investigations complémentaires et en intégrant également les conflits et synergies avec d'autres usages ou fonctions (géothermie ; contribution au soutien d'étiage de la Seymaz).

Sur la base de ce potentiel, cette ressource serait susceptible de fournir un volume de 100'000 à 150'000m³/an, correspondant aux besoins d'une surface irrigable d'environ 25 à 50 ha (prise en compte d'un besoin moyen de 2'000 à 4'000 m³/(ha x an).

Le montant des investissements à réaliser serait de l'ordre de **CHF 150'000** (hors subventions), ce qui permet d'estimer le **prix de revient** de l'eau fournie à **0,55 – 0,75 CHF/m³** avec prise en compte d'un taux de subventionnement des investissements de 60%

4.4.3 Synthèse de l'évaluation et recommandations pour ce secteur

Réseau Lac global ou partiel :

- Intérêt économique questionnable sur la base des données de besoins et de leur densité modeste
- Affiner l'approche relative à l'évaluation des besoins en intégrant le cas échéant une vision stratégique visant à rapprocher / concentrer les cultures à besoin élevé en eau de la ressource (lac).

Approvisionnement local depuis la nappe de Puplinge :

- Intérêt à confirmer du point de vue des agriculteurs concernés
- Capacité effective de la ressource à préciser (capacité globale et disponibilité pour l'agriculture en tenant compte des autres fonctions/usages).

4.5 Secteur Genève-Sud

4.5.1 Densité de besoins

Le secteur Genève-Sud est caractérisé par une densité de besoins élevée avec des sous-secteurs (zones spécifiques) identifiés qui présentent des besoins plus intensifs (présence de maraîchage et de serres - zones agricoles spéciales). La Figure 22 et le Tableau 12 ci-après illustrent la densité des besoins pour le secteur complet, les sous-secteurs et le diffus (hors zone). La densité de besoins indiquée représente la moyenne de la consommation entre une année normale et une année extrême en fonction de la surface totale cultivée de la zone considérée.

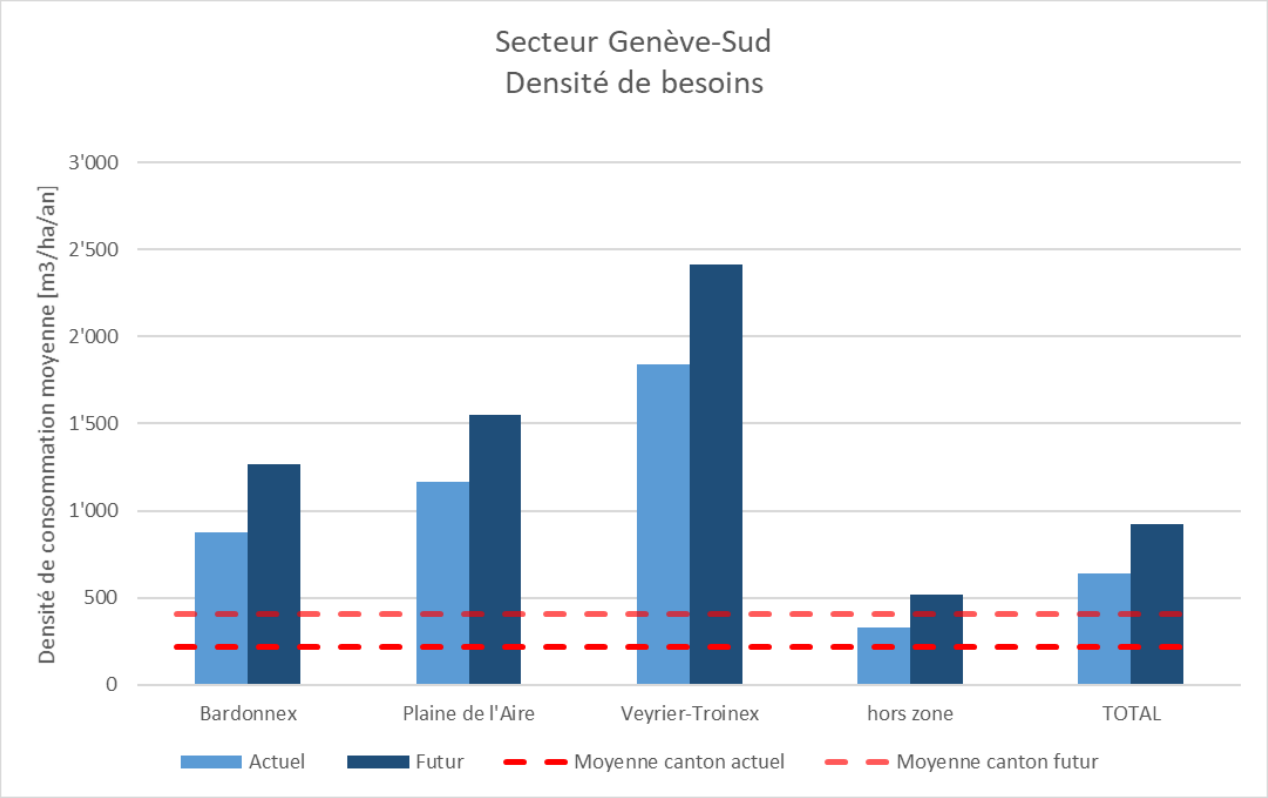


Figure 22 : Densité de besoins pour le secteur Genève-Sud

Tableau 12 : Densité de besoins pour le secteur Genève-Sud

PAR ZONE		Densité consommation de besoin (moyenne et surface cultivée) [m3/an/ha]		Densité consommation de besoin (moyenne et surface totale) [m3/an/ha]	
Secteur	**Zone**	**Actuel moyenne**	**Futur moyenne**	**Actuel moyenne**	**Futur moyenne**
Genève Sud	Bardonnex	874	1'268	496	720
Genève Sud	Plaine de l'Aire	1'166	1'550	733	975
Genève Sud	Veyrier-Troinex	1'839	2'413	1'216	1'597
Genève Sud	hors zone	332	520	75	117
Genève Sud	**TOTAL**	**640**	**920**	**190**	**273**

4.5.2 Concepts d'approvisionnement

Plusieurs ressources à potentiel important sont disponibles dans le secteur Genève Sud. La ressource ayant le potentiel le plus important est le Rhône, qui permet amplement de garantir l'approvisionnement en eau l'ensemble du secteur, comme le montre la Figure 23 ci-après.

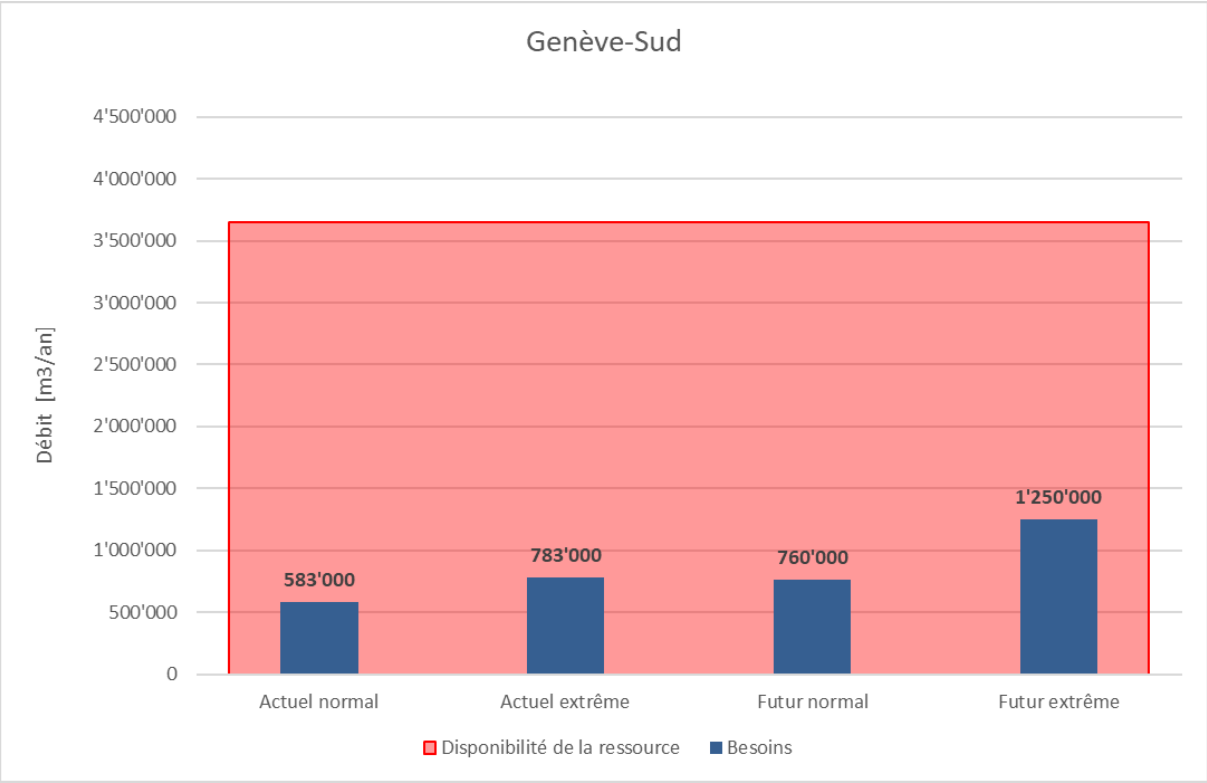


Figure 23 : Disponibilité de la ressource par rapport aux besoins pour le secteur Genève-Sud

Outre le Rhône, une autre ressource à potentiel importante est présente sur le secteur : la nappe du Genevois.

De plus, trois ressources d'intérêt moyen /local ont été identifiées dans ce secteur : la nappe du vallon de l'Arande, la nappe superficielle de l'Aire et des aquifères localisés implantés dans le secteur de Veyrier Troinex.

Cette dernière ressource actuellement mal connue n'a pas été intégrée dans les scénarios développés.

Sur cette base, et en fonction des opportunités et densités de besoins présents sur le secteur, les scénarios d'approvisionnement pour le secteur Genève-Sud qui font l'objet d'une analyse technico-économique préliminaire dans les paragraphes ci-après sont les suivants :

1. Réseau depuis le Rhône
2. Réseau depuis la nappe du Genevois
3. Nappe de l'Arande – Approvisionnement de la moitié du sous-secteur de Bardonnex
4. Nappe de l'Aire - Approvisionnement local depuis la nappe de l'Aire avec possibilité de développer le potentiel disponible avec un concept de stimulation de l'infiltration des eaux de l'Aire

En outre, une **opportunité conditionnelle à moyen / long terme** est à signaler pour le secteur Veyrier – Troinex, en lien avec une éventuelle valorisation pour l'irrigation du forage géothermie moyenne profondeur planifié dans ce secteur à l'horizon 2024/25

4.5.2.1 Réseau depuis le Rhône

Pour la ressource « Rhône », trois scénarios d'approvisionnement ont été analysés :

1. Réseau Rhône global - Approvisionnement du secteur global
2. Réseau Rhône partiel 1- Approvisionnement partiel du secteur : secteur global sans la zone Veyrier-Troinex et le « hors zone » correspondant
3. Réseau Rhône partiel 2 – Approvisionnement partiel limité au secteur Plaine de l'Aire et au « hors zone » correspondant

La Figure 24 ci-après esquisse le principe de réseau envisagé.

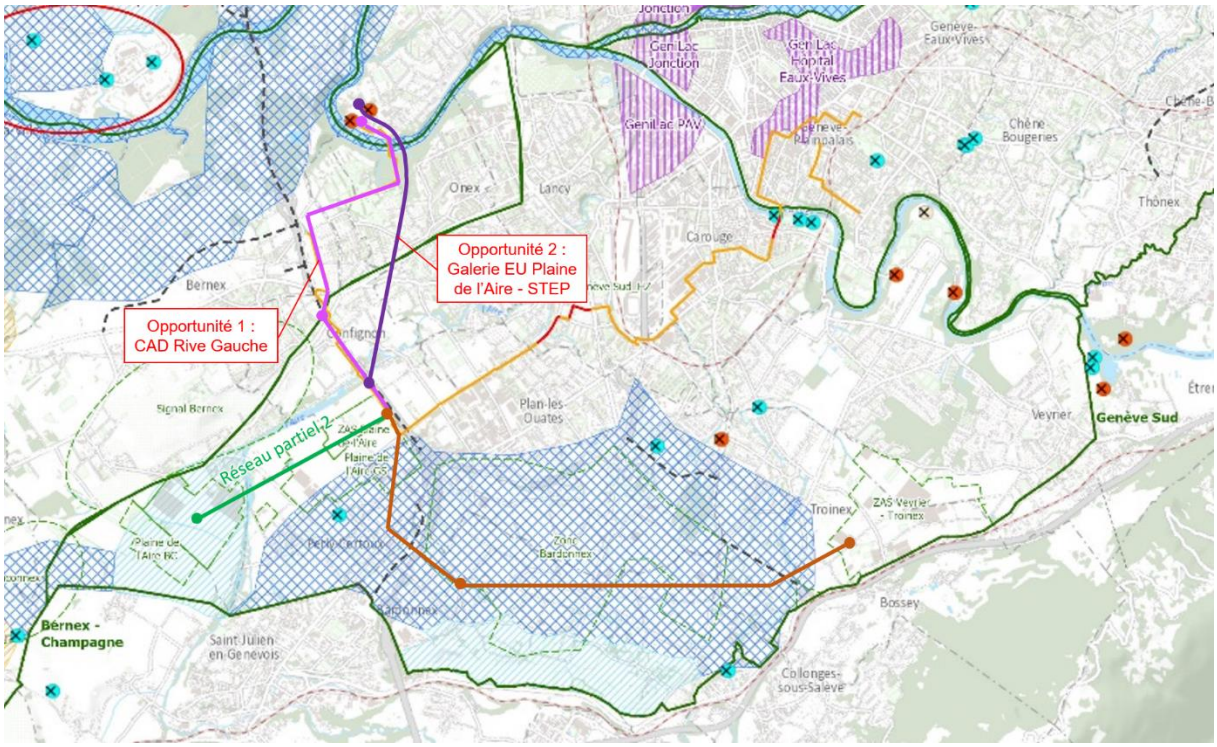


Figure 24 : Réseau envisagé pour le secteur Genève-Sud et le scénario Réseau Rhône global

Pour l'approvisionnement de ce secteur à partir du Rhône, l'idée est de **bénéficier des synergies potentielles avec le projet du réseau thermique CAD Rive Gauche** ou avec le **projet de galerie de décharge des eaux usées entre la Plaine de l'Aire et la STEP d'Aïre planifié pour l'horizon 2025 - 2030.**

Dans cette optique, il est prévu d'implanter la prise d'eau au droit ou à proximité de la STEP d'Aïre puis de traverser le fleuve par la passerelle prévue entre le Lignon – Onex à laquelle le CAD et la future conduite d'eaux usées sera intégré. Cette implantation de la prise d'eau permet de tire parti d'un site industriel déjà aménagé en rive du Rhône (facilitation des procédures d'autorisation ; des travaux d'aménagement et de l'exploitation). L'identification d'un autre site en rive gauche du Rhône peut toutefois également être considéré.

Au vu des synergies et des réductions de coûts il serait vivement souhaitable de coordonner la mise en œuvre de cette conduite avec la mise en œuvre du CAD Rive Gauche ou avec la galerie d'évacuation des eaux usées Plaine de l'Aire – STEP d'Aïre.

Dans le cas de l'intégration au CAD Rive Gauche qui parcourt le secteur des Evaux, rejoint la croisée de Confignon (traversée de la route de Chancy en longeant le Parc Agro-urbain de Bernex pour ensuite rejoindre la Plaine de l'Aire jusqu'à la route de Base en parallèle mais à distance de l'autoroute, la valorisation des synergies implique de se coordonner au plus vite avec les parties prenantes du projet CAD Rive Gauche. En effet, il y a des contraintes de planning fortes avec les deux tronçons suivants :

- Traversée du Rhône par la passerelle d'Onex : des travaux préliminaires ont déjà démarrés – la fin des travaux est prévue pour fin 2022
- Parc agro-urbain et traversée de la route de Chancy : travaux démarrés en septembre 2020 avec fin prévue au début 2021
    - ➔ Fenêtre d'opportunité liée à la traversée de la route de Chancy en microtunnelier à valoriser dans toute la mesure du possible (coût très élevé des installations ; cellules de poussée ;) => Mesure anticipée / coordination urgente / Disponibilité budgétaire pour mise en place d'un tuyau en attente (Ø 300 – 400 mm)
    - ➔ (Attention aux problématiques de servitude pour les réseaux : SIG n'a pas besoin d'autorisation car considéré comme réseau structurant d'utilité publique pas forcément le cas pour réseau d'irrigation)

Une intégration de la conduite à la galerie de décharge des eaux usées entre la Plaine de l'Aire et la STEP d'Aïre – planifiée pour l'horizon 2025 – 2030, permettrait de disposer de plus de temps pour la planifier rationnellement les synergies entre ces 2 projets

L'estimation préliminaire des investissements est présentée ci-après, en considérant une subvention potentielle à hauteur de 60%. Les prix de revient estimés en fonction des scénarios de consommations sont quant à eux présentés dans la Figure 25 ci-après.

	Réseau Rhône global	Réseau Rhône partiel 1	Réseau Rhône partiel 2
Investissements (y.c TVA)	16 MCHF	11.5 MCHF	6.5 MCHF
Investissements (y.c TVA) avec déduction des subventions	6.5 MCHF	4.5 MCHF	2.5 MCHF

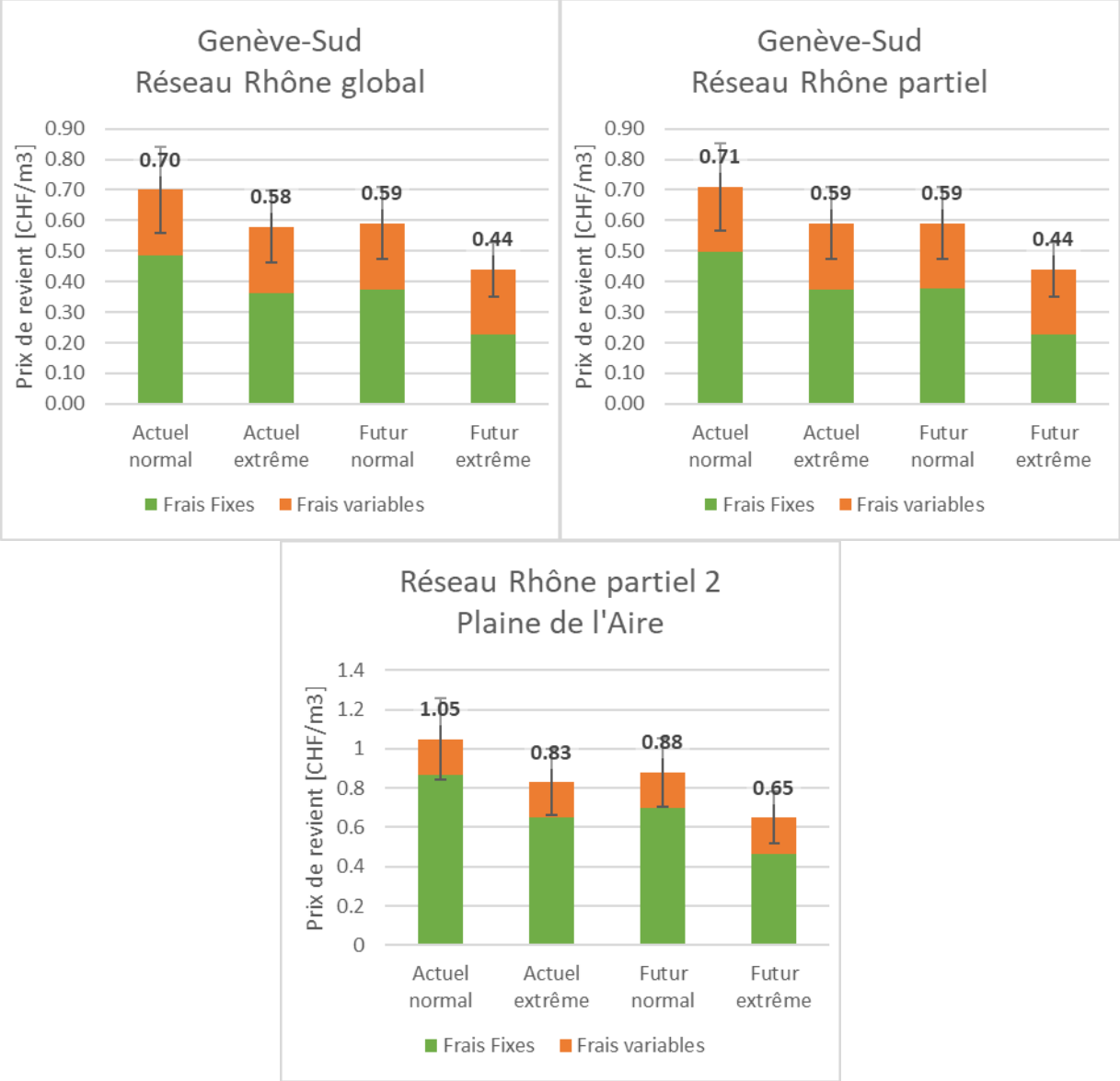


Figure 25 : Prix de revient du scénario Réseau Rhône global (en haut à gauche), partiel 1 (en haut à droite), et partiel 2 (en bas)

Interprétation et commentaires :

- L'évaluation préliminaire met en évidence l'intérêt du scénario « captage depuis le Rhône dans ces différentes configurations
- Une coordination urgente serait nécessaire avec le déploiement du CAD Rive Gauche, en particulier en ce qui concerne la traversée de la route de Chancy. La valorisation des synergies avec le projet de galerie d'évacuation des eaux usées Plaine de l'Aire – STEP d'Aïre pourrait s'effectuer de manière mieux planifiée (horizon de réalisation 2025 – 2030).

4.5.2.2 Réseau depuis la nappe du Genevois

Pour la ressource « Nappe du Genevois », le scénario d'approvisionnement envisagé consiste à valoriser un ou plusieurs puits de captage existants, soit désaffectés ou qui disposent d'une réserve de capacité pour l'usage agricole selon les éléments exposés au chapitre 3.3.2.

La capacité d'un puits est grossièrement estimée à 100 m^3/h dans le cadre de la présente approche, susceptible de fournir un volume de 200'000 m^3/an, correspondant aux besoins d'une surface irrigable d'environ 50 ha (prise en compte d'un besoin moyen de 3'000 à 4'000 m^3/(ha x an)).

Le montant des investissements à réaliser, liés à la réactivation du puits et à la mise en œuvre d'une installation de pompage et du squelette de réseau serait de l'ordre de **2,5 MCHF** (hors subventions). L'ordre de grandeur

du prix de revient estimatif ce qui permet d'estimer le **prix de revient** de l'eau fournie s'établit à **0,8 CHF/m³** avec intégration d'un montant de 0,3 CHF/m³ de taxe de réalimentation de la nappe du Genevois et la prise en compte d'un taux de subventionnement des investissements de 60%.

En faisant abstraction du squelette de réseau de distribution à mettre en œuvre, le **prix de revient de l'eau fournie à la sortie du puits** est de l'ordre ou inférieur à **0,6 CHF/m³** (y.c. taxe de réalimentation de la nappe du Genevois admise à 0,3 CHF/m³). Cette estimation tient compte d'un ordre de grandeur estimatif des investissements de l'ordre de CHF 200 à 400'000 nécessaires soit pour créer un nouveau puits de 70 m de profondeur, y.c. infrastructures annexes ou remettre en état de manière « lourde » un puits désaffecté (y.c. alimentation électrique.

Interprétation et commentaires :

- Solution intéressante, mise en œuvre concrète à préciser avec le GESDEC, SIG et les collectivités françaises concernées le cas échéant

4.5.2.3 Réseau depuis la nappe de l'Arande

La capacité potentielle de cette nappe, actuellement mal connue, a été estimée à 50 m³/h, il s'agit d'un potentiel indicatif qui devra être confirmé sur la base d'investigations complémentaires et en intégrant également les conflits et synergies avec d'autres usages ou fonctions.

Sur la base de ce potentiel, cette ressource serait susceptible de fournir un volume un volume de 100'000 m³/an, correspondant environ à la moitié des besoins actuels du secteur « Bardonnex » (surface irrigable d'environ 50 ha).

Le montant des investissements à réaliser serait de l'ordre de **1.8 MCHF** (hors subventions), ce qui permet d'estimer le **prix de revient** de l'eau fournie à **0,5 – 0,6 CHF/m³** avec prise en compte d'un taux de subventionnement des investissements de 60%.

Interprétation et commentaires :

- Solution potentiellement intéressante, nécessitant dans un premier temps de préciser le potentiel effectif de la nappe.

4.5.2.4 Approvisionnement secteur local depuis la nappe de l'Aire

La capacité « naturelle » de la nappe de l'Aire été estimée à 40 m³/h. Cette nappe est déjà exploitée par un puits autorisé (20 m³/h).

La capacité de cet aquifère pourrait être optimisée selon le concept de saturation optimisé de la nappe avec une infiltration stimulée de l'eau de l'Aire (bassin et drains d'infiltration) étudié en 2009 (OCEau ; Étude CSD 2009). Ce concept permettait d'augmenter le volume d'eau disponible de 150 à 250'000 m3/an dont environ la moitié pourrait être disponible pour l'usage agricole.

Sur la base de ce potentiel optimisé, la nappe de l'Aire serait susceptible de fournir un volume de 200'000 m³/an, correspondant aux besoins d'une surface irrigable d'environ 50 ha (besoin moyen de 4'000 m³/(ha x an)).

Le montant des investissements à réaliser serait de l'ordre de **2 MCHF** (hors subventions), intégrant le dispositif de réalimentation des eaux de l'Aire et des nouveaux puits de pompage, ce qui permet d'estimer le **prix de revient** de l'eau fournie à un ordre de grandeur de **0,5 CHF/m³** avec prise en compte d'un taux de subventionnement des investissements de 60%.

Interprétation et commentaires :

- Solution potentiellement intéressante, capacité effective à préciser en intégrant les nécessités de soutien d'étiage de l'Aire et les autres utilisations potentielles (géothermie) – capacité intéressante mais a priori pas suffisante pour couvrir l'intégralité des besoins de la Plaine de l'Aire (Plaine de l'Aire « Rive Droite » et « Prés-de-Genève

4.5.3 Synthèse de l'évaluation et recommandations pour ce secteur

Le secteur « Genève Sud » se caractérise par une densité de besoins élevée déjà à l'état actuel et amenée à augmenter à l'état futur.

Il peut être approvisionné au moyen de différentes ressources à potentiel élevé (Rhône, Nappe du Genevois) et à potentiel plus local (nappe de l'Arande ; nappe superficielle de l'Aire « stimulée »,…).

La concrétisation des différentes options envisageables implique la coordination avec les Maîtres de l'ouvrage du projet CAD Rive Gauche et avec le GESDEC / SIG / collectivités françaises concernées pour ce qui est des possibilités d'exploitation de la nappe du Genevois. Les options « nappe de l'Arande » et « nappe de l'Aire avec infiltration stimulée des eaux du cours d'eau » nécessitent de préciser au préalable leur capacité effective.

Du fait de la disponibilité de plusieurs ressources, une réflexion est à mener afin de définir la stratégie optimale de mise en œuvre permettant de valoriser les synergies et la sécurité d'approvisionnement à long terme tout en évidence les risques de concurrence néfastes pour l'exploitation rationnelle et économique des installations mise en œuvre.

En première approche il parait nécessaire de pouvoir compter sur la disponibilité à long terme pour les besoins agricoles sur au moins une ressource à potentiel important :

- Soit le Rhône : clarifier rapidement les opportunités de synergie avec le projet CAD Rive Gauche
- Soit la nappe du Genevois : clarifier les conditions d'utilisation de la nappe avec le GESDEC/SIG compte tenu de la période transitoire de pollution au perchlorate et des perspectives à plus long terne

Différents scénarios selon ensuite à élaborer et à comparer, en intégrant des mises en œuvre par étapes, associant les ressources à potentiel régional et les ressources plus locales.

4.6 Secteur Champagne

4.6.1 Densité de besoins

Le secteur Bernex-Champagne est caractérisé par une densité de besoins relativement modeste à l'état actuel et les sous-secteurs (zones spécifiques) identifiés ne présentent a priori pas des besoins plus intensifs. La Figure 26 et le Tableau 13 ci-après illustrent la densité des besoins pour le secteur complet, les sous-secteurs et le diffus (hors zone). La densité de besoins indiquée représente la moyenne de la consommation entre une année normale et une année extrême en fonction de la surface totale cultivée de la zone considérée.

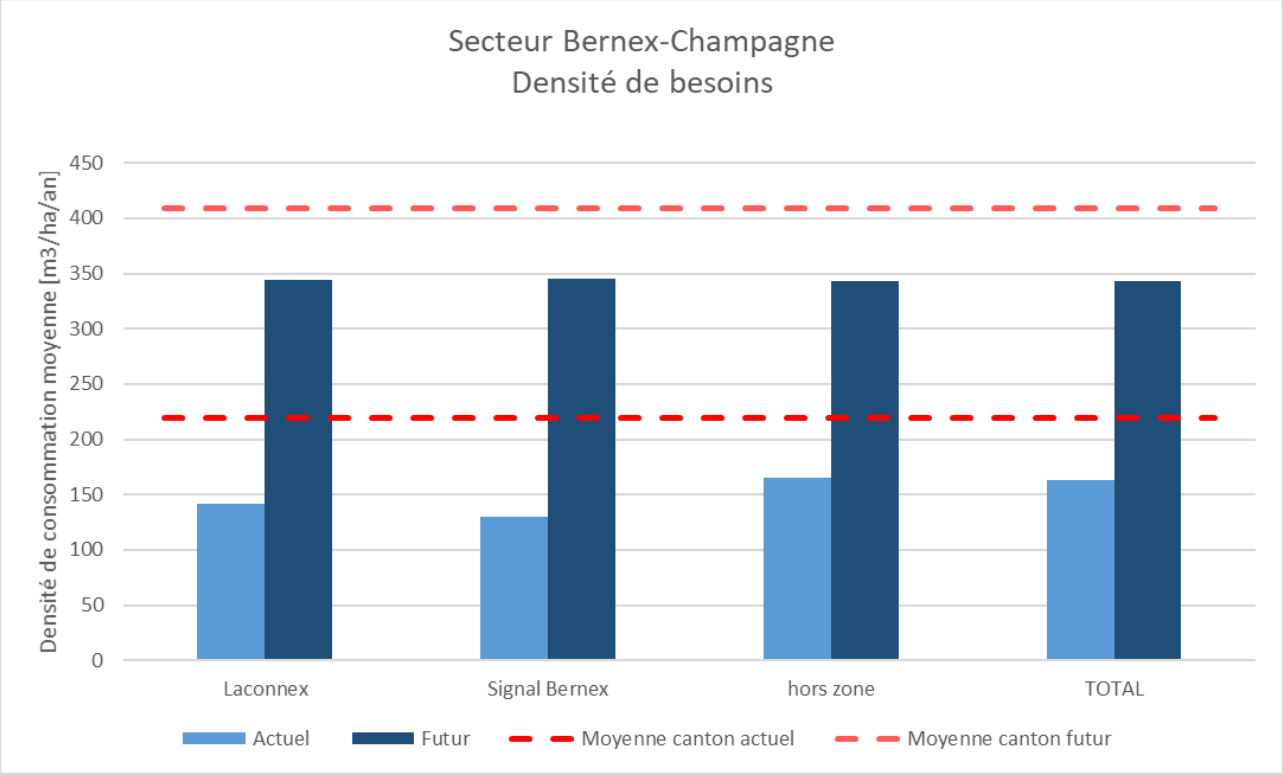


Figure 26 : Densité de besoins pour le secteur Bernex-Champagne

Tableau 13 : Densité de besoins pour le secteur Bernex-Champagne

PAR ZONE		Densité consommation de besoin (moyenne et surface cultivée) [m3/an/ha]		Densité consommation de besoin (moyenne et surface totale) [m3/an/ha]	
Secteur	**Zone**	**Actuel moyenne**	**Futur moyenne**	**Actuel moyenne**	**Futur moyenne**
Bernex-Champagne	Laconnex	141	345	115	280
Bernex-Champagne	Signal Bernex	130	345	62	165
Bernex-Champagne	hors zone	166	343	88	182
Bernex-Champagne	**TOTAL**	**163**	**343**	**87**	**184**

4.6.2 Concepts d'approvisionnement

Plusieurs ressources à potentiel important sont disponibles dans le secteur Bernex-Champagne. Les ressources ayant le potentiel le plus important sont les nappes du Rhône (Secteur Aire la Ville et d'Avully), ou le Rhône en tant que tel qui permettent amplement de garantir l'approvisionnement en eau de l'ensemble du secteur, comme le montre la Figure 27 ci-après.

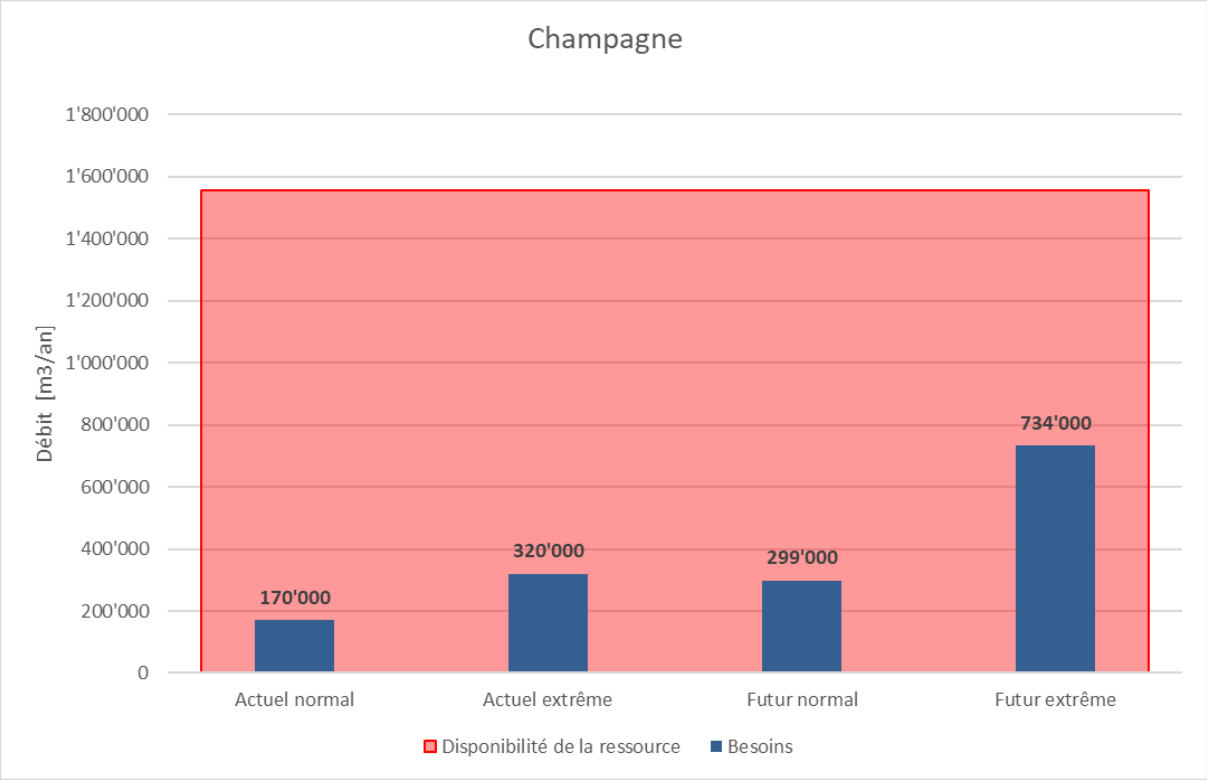


Figure 27 : Disponibilité de la ressource par rapport aux besoins pour le secteur Bernex-Champagne

De plus, une ressources d'intérêt moyen /local a été identifiée dans ce secteur : la nappe de Chancy.

Sur cette base, et en fonction des opportunités et densités de besoins présents sur le secteur, les scénarios d'approvisionnement pour le secteur Bernex-Champagne qui font l'objet d'une analyse technico-économique préliminaire dans les paragraphes ci-après sont les suivants :

1. Réseau depuis la nappe du Rhône, secteur Aire la Ville
2. Réseau depuis la nappe du Rhône, secteur d'Avully
3. Réseau Rhône global - Approvisionnement du secteur « Aire-La-Ville » depuis le réseau développé pour le secteur Genève-Sud.
4. Nappe de Chancy – Approvisionnement local depuis la nappe de Chancy

4.6.2.1 Réseau depuis la nappe du Rhône, secteur Aire la Ville

La Figure 28 ci-après esquisse le principe de réseau envisagé.

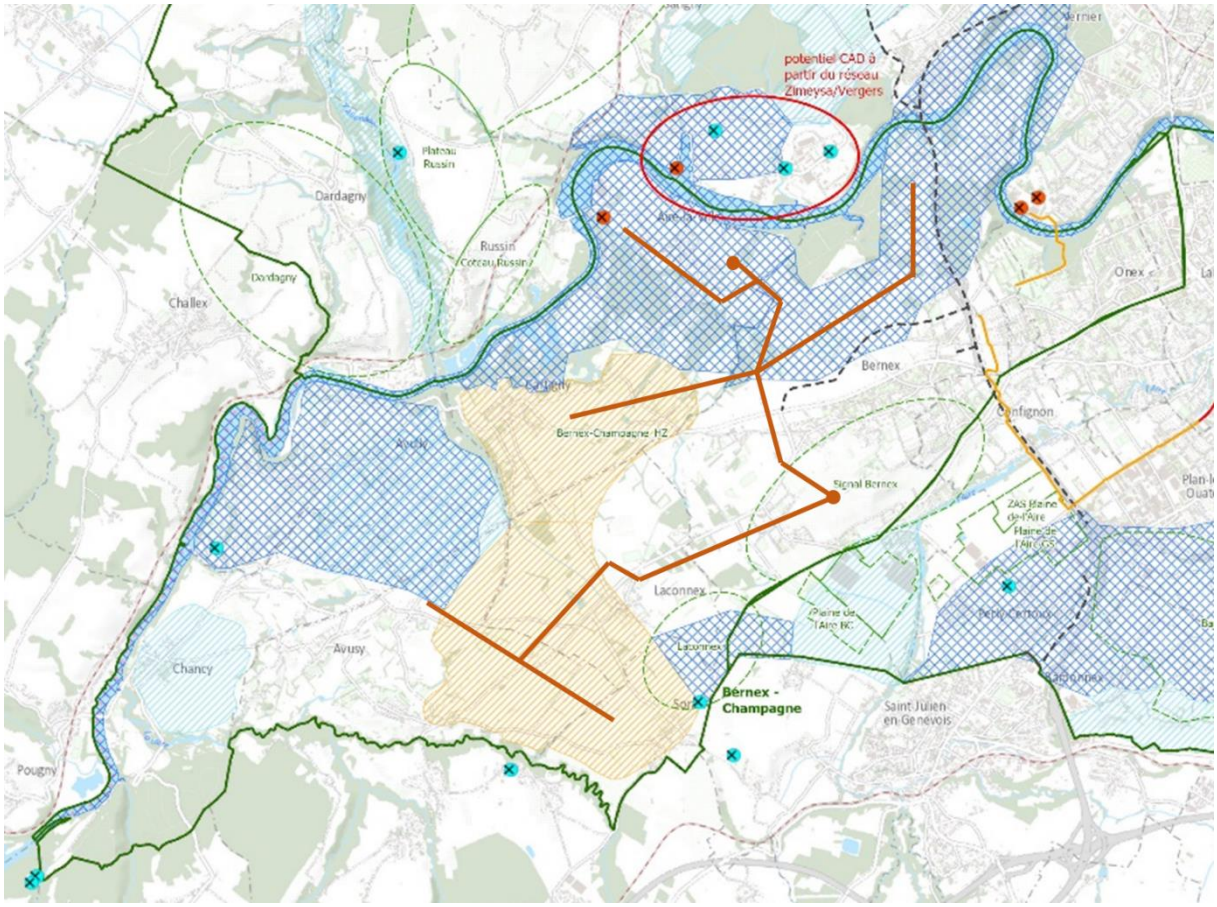


Figure 28 : Réseau envisagé pour le secteur Bernex-Champagne et pour le scénario Nappe du Rhône, Aire la Ville

La capacité de ce secteur de nappe a été estimé à 660 m³/h.

Cette capacité est largement suffisante pour couvrir la partie du secteur « Champagne » située dans le périmètre d'influence de cette ressource (périmètre correspondant aux 2/3 des besoins du secteur global /hors sous-secteur de Chancy), qui nécessite un débit d'alimentation de 400 m³/h

Le montant des investissements à réaliser est estimé grossièrement à **8.6 MCHF** (hors subventions).

Les prix de revient estimés en fonction des scénarios de consommations et avec prise en compte d'un taux de subventionnement des investissements de 60%sont présentés dans la Figure 29 ci-après.

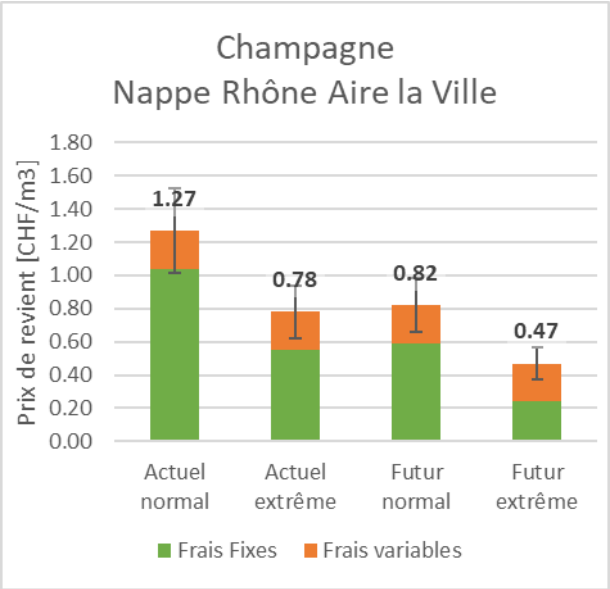


Figure 29 : Prix de revient du scénario Nappe du Rhône, Aire la Ville

4.6.2.2 Réseau depuis la nappe d'Avully

La Figure 30 ci-après esquisse le principe de réseau envisagé.

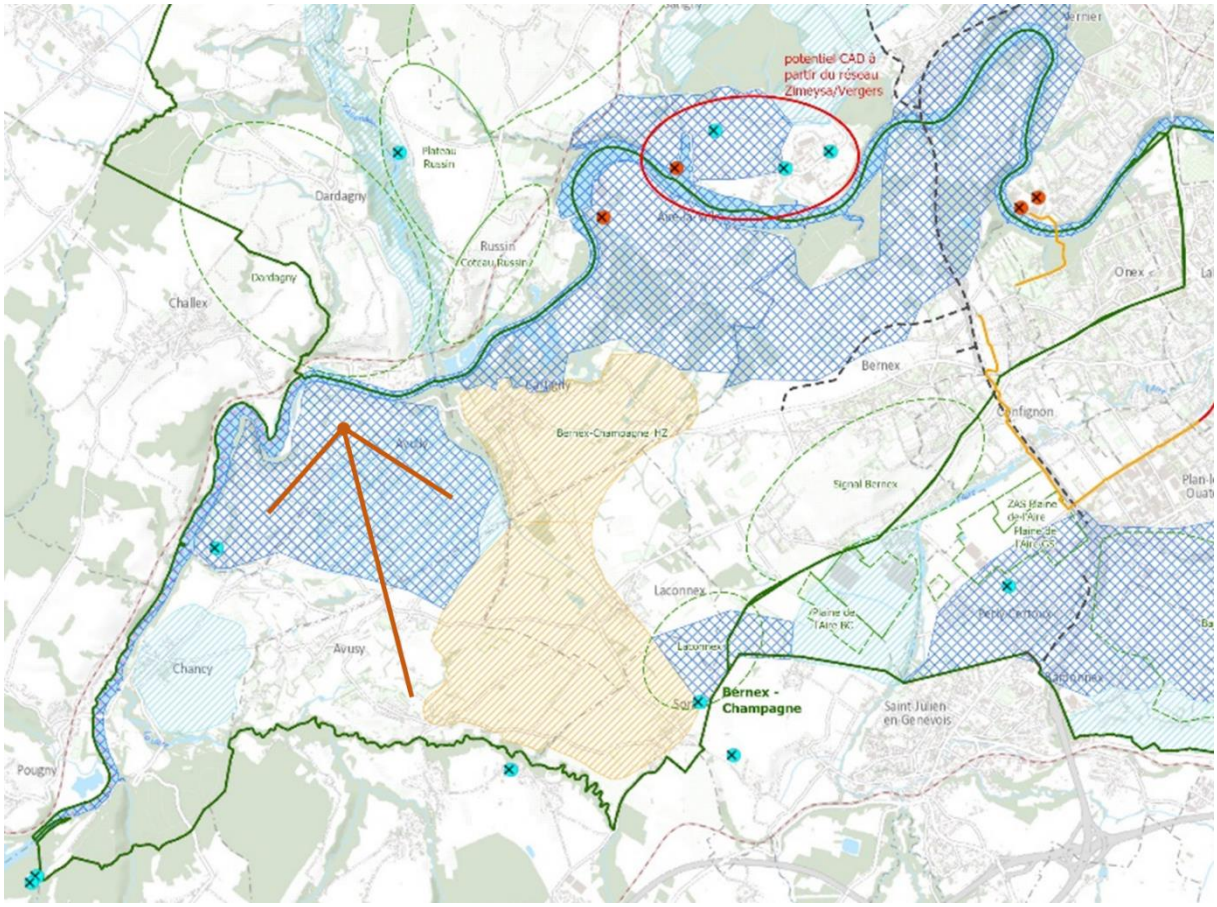


Figure 30 : Réseau envisagé pour le secteur Bernex-Champagne et pour le scénario Nappe d'Avully

La capacité de ce secteur de nappe a été estimé de manière préliminaire à 800 m³/h.

Cette capacité serait largement suffisante pour couvrir la partie du secteur « Champagne » située dans le périmètre d'influence de cette ressource (périmètre correspondant à 1/3 des besoins du secteur global /hors sous-secteur de Chancy), qui nécessite un débit d'alimentation de 200 m³/h

Le montant des investissements à réaliser est estimé grossièrement à **4.0 MCHF** (hors subventions).

Les prix de revient estimés en fonction des scénarios de consommations et avec prise en compte d'un taux de subventionnement des investissements de 60%sont présentés à la Figure 31 ci-après.

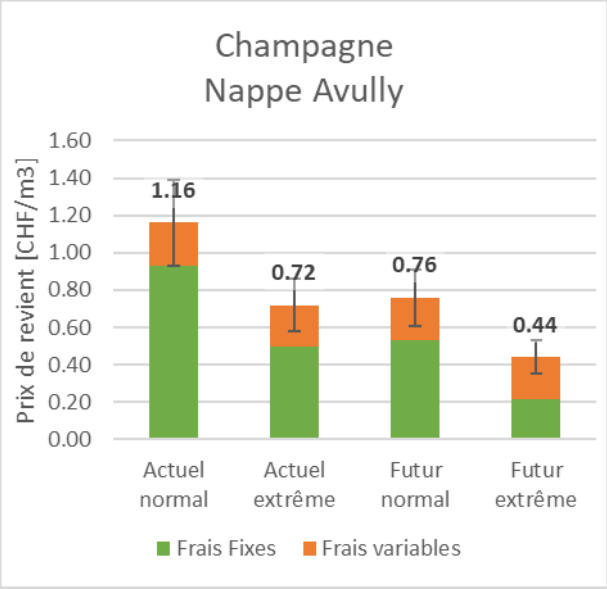


Figure 31 : Prix de revient du scénario Nappe d'Avully

4.6.2.3 Approvisionnement secteur local depuis la nappe de Chancy

La capacité de cette nappe a été estimée à 10 m³/h, il s'agit d'un potentiel indicatif qui devra être confirmé sur la base d'investigations complémentaires et en intégrant également les conflits et synergies avec d'autres usages ou fonctions.

Sur la base de ce potentiel, cette ressource serait susceptible de fournir un volume de 100'000 m³/an, correspondant aux besoins d'une surface irrigable d'environ 30 à 50 ha (prise en compte d'un besoin moyen de 2'000 à 3000 m³/(ha x an)).

Le montant des investissements à réaliser serait de l'ordre de **CHF 350'000** (hors subventions), ce qui permet d'estimer le **prix de revient** de l'eau fournie à **0,65 – 0,85 CHF/m³** avec prise en compte d'un taux de subventionnement des investissements de 60%.

4.6.2.4 Réseau depuis le Rhône

L'alimentation de la totalité ou d'une partie du secteur « Champagne » à partir du réseau coordonné avec le CAD Rive Gauche déployé pour le secteur « Genève Sud » constitue également une option à retenir puisque ce réseau potentiel est présent en limite du secteur Champagne, au nord de Bernex (voir Figure 32).

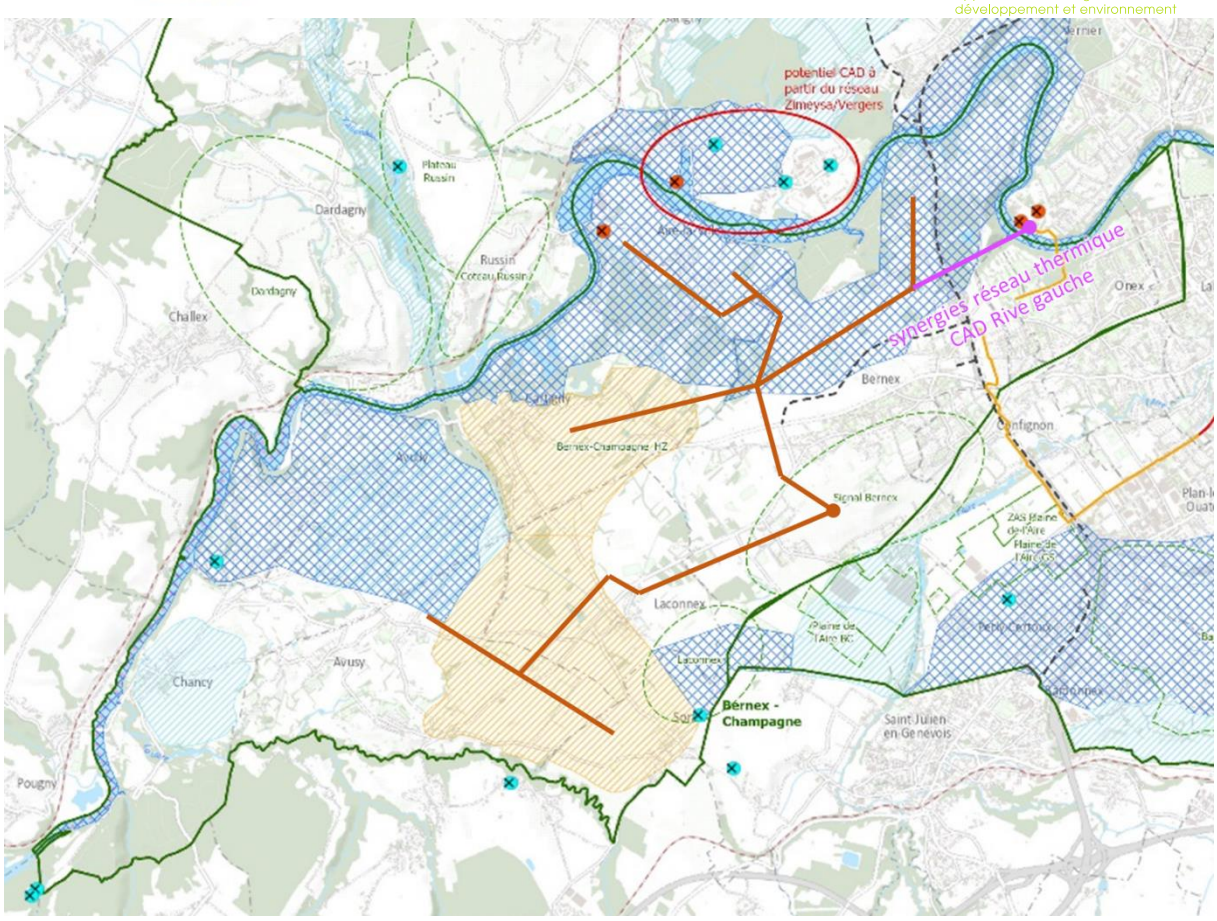


Figure 32 : Réseau envisagé pour le secteur Bernex-Champagne et pour le scénario Réseau de puis le Rhône

4.6.3 Synthèse de l'évaluation et recommandations pour ce secteur

Réseau étendu depuis les 2 secteurs de la nappe du Rhône ou branche spécifique du réseau « Rhône » mis en œuvre pour « Genève Sud » :

- Intérêt économique à confirmer sur la base des données de besoins et de leur densité relativement modeste à l'état actuel
- Affiner l'approche relative à l'évaluation des besoins en intégrant le cas échéant une vision stratégique visant à rapprocher / concentrer les cultures à besoin élevé en eau de la ressource (secteurs de la nappe du Rhône).

Approvisionnement local depuis la nappe de Chancy :

- Intérêt à confirmer du point de vue des agriculteurs concernés
- Capacité effective de la ressource à préciser (capacité globale et disponibilité pour l'agriculture en tenant compte des autres fonctions/usages).

4.7 Secteur Mandement

4.7.1 Densité de besoins

Le secteur Mandement est caractérisé par une densité de besoins modeste et les sous-secteurs (zones spécifiques) identifiés ne présentent a priori pas des besoins plus intensifs, à l'exception du secteur de Meyrin. La Figure 33 et le Tableau 14 ci-après illustrent la densité des besoins pour le secteur complet, les sous-secteurs et le diffus (hors zone). La densité de besoins indiquée représente la moyenne de la consommation entre une année normale et une année extrême en fonction de la surface totale cultivée de la zone considérée.

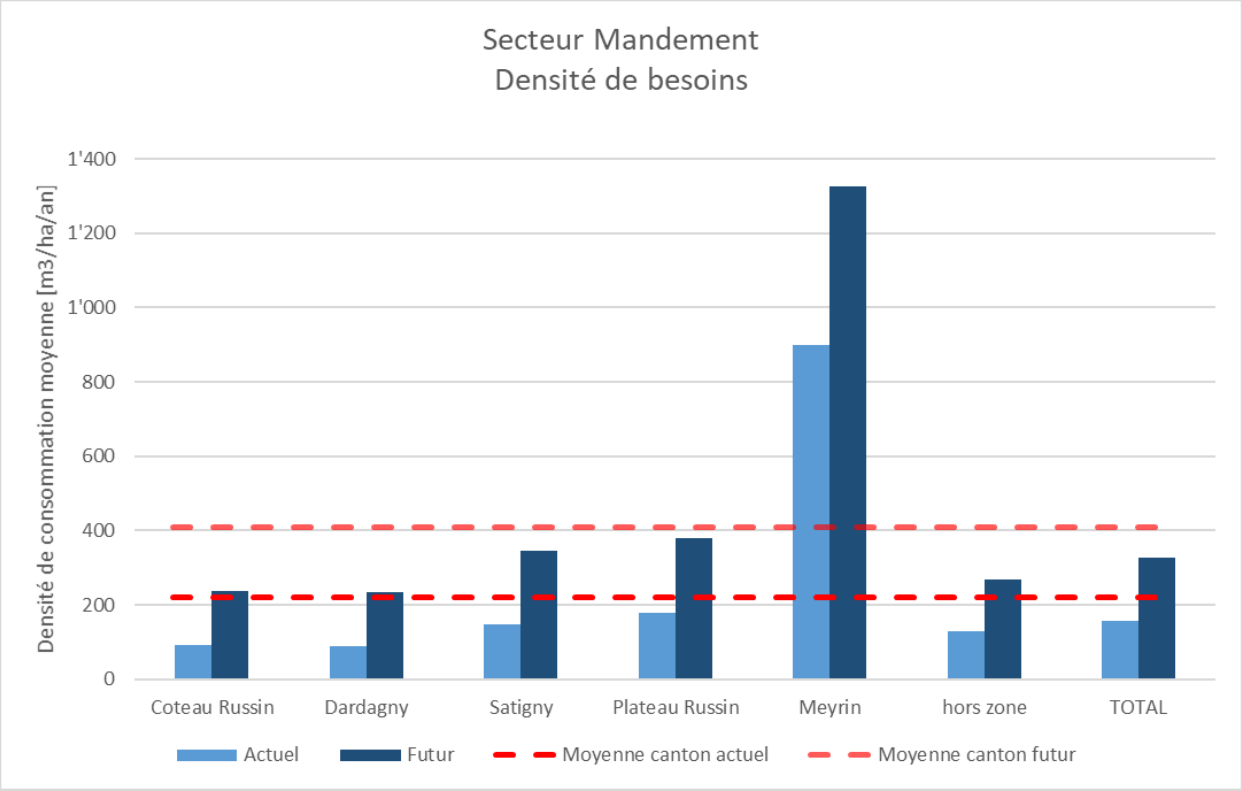


Figure 33 : Densité de besoins pour le secteur Mandement

Tableau 14 : Densité de besoins pour le secteur Mandement

PAR ZONE		Densité consommation de besoin (moyenne et surface cultivée) [m3/an/ha]		Densité consommation de besoin (moyenne et surface totale) [m3/an/ha]	
Secteur	**Zone**	**Actuel moyenne**	**Futur moyenne**	**Actuel moyenne**	**Futur moyenne**
Mandement	Coteau Russin	91	239	57	150
Mandement	Dardagny	89	236	56	149
Mandement	Satigny	146	347	107	253
Mandement	Plateau Russin	178	380	135	287
Mandement	Meyrin	898	1'325	378	558
Mandement	hors zone	128	268	31	65
Mandement	**TOTAL**	**157**	**328**	**57**	**118**

4.7.2 Concepts d'approvisionnement

Une ressource à potentiel important est disponible dans le secteur Mandement : la nappe de Montfleury, secteur Bois de Bay, qui permet de garantir l'approvisionnement en eau de l'ensemble du secteur, comme le montre la Figure 34 ci-après. Une prise d'eau implantée dans le Rhône pourrait également être envisagée.

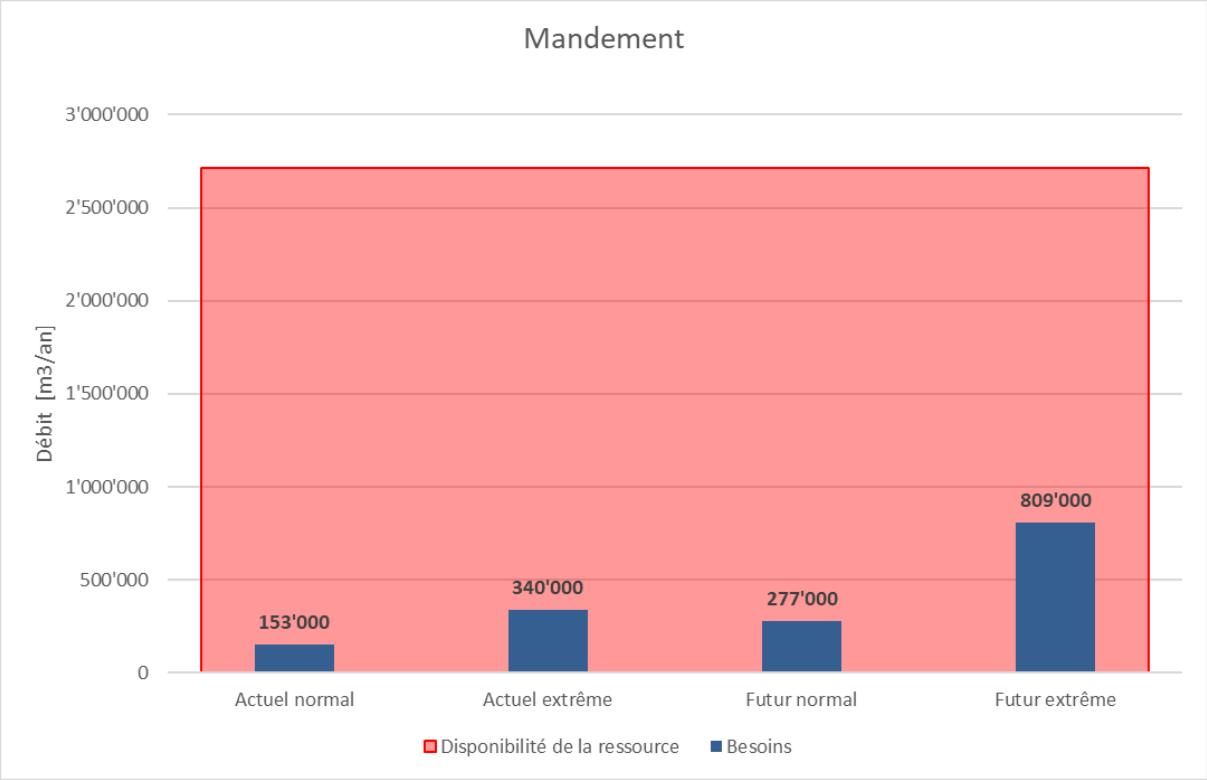


Figure 34 : Disponibilité de la ressource par rapport aux besoins pour le secteur Mandement

De plus, une ressources d'intérêt moyen /local a été identifiée dans ce secteur : la nappe de Montfleuy – secteur de Meyrin.

Sur cette base, et en fonction des opportunités et densités de besoins présents sur le secteur, les scénarios d'approvisionnement pour le secteur Mandement qui font l'objet d'une analyse technico-économique préliminaire dans les paragraphes ci-après sont les suivants :

1. Réseau étendu Nappe de Montfleury- Secteur du Bois-de-Bay Approvisionnement de tout le secteur hormis les sous-secteurs de Meyrin et Dardagny
2. Réseau localisé Nappe de Montfleury- Secteur de Mategnin - Approvisionnement du sous-secteur de Meyrin

4.7.2.1 **Réseau depuis la nappe de Montfleury – Secteur Bois-de-Bay**

La Figure 35 ci-après esquisse le principe de réseau envisagé. Rappelons que le réseau existant qui dessert le secteur Les Vergers-CERN-ZIMEYSA ne dispose pas de réserves de capacité selon les indications qui nous ont été transmises

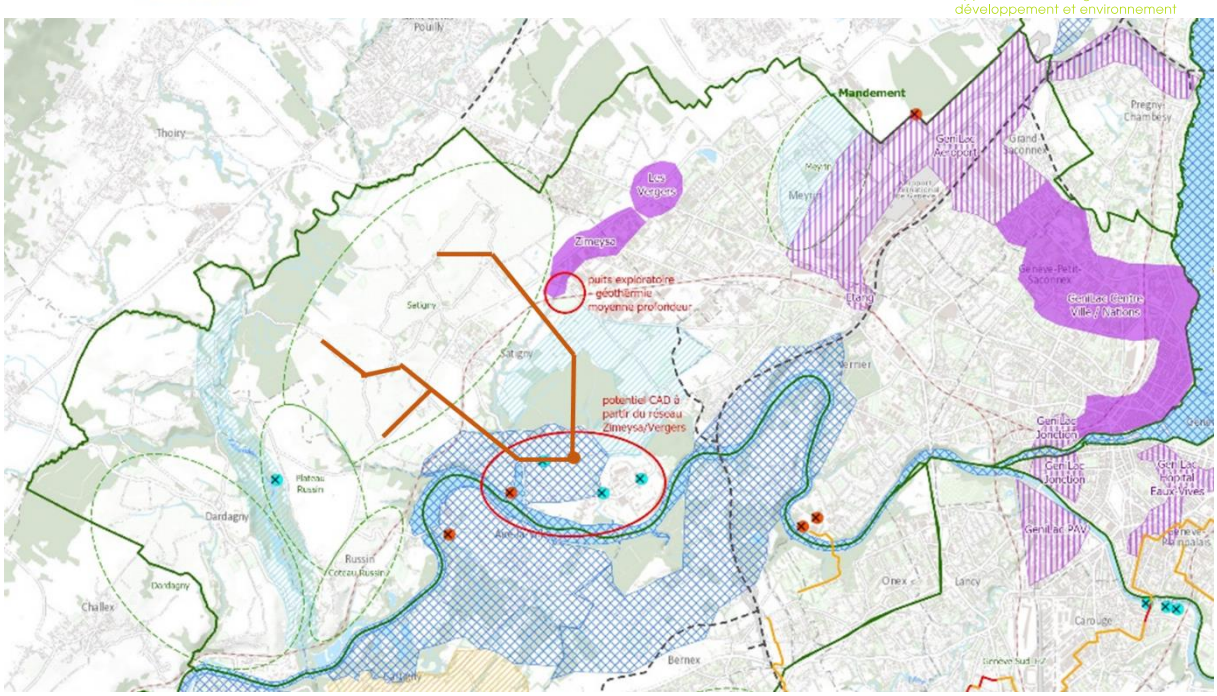


Figure 35 : Réseau envisagé pour le secteur Mandement

La capacité de ce secteur de nappe a été estimé à 1’000 m³/h.

Cette capacité est largement suffisante pour couvrir la partie du secteur « Mandement » considérée qui nécessite un débit d’alimentation de 240 m³/h

Le montant des investissements à réaliser est estimé grossièrement à **5.6 MCHF** (hors subventions).

Les prix de revient estimés en fonction des scénarios de consommations et avec prise en compte d’un taux de subventionnement des investissements de 60%sont présentés à la Figure 36 ci-après.

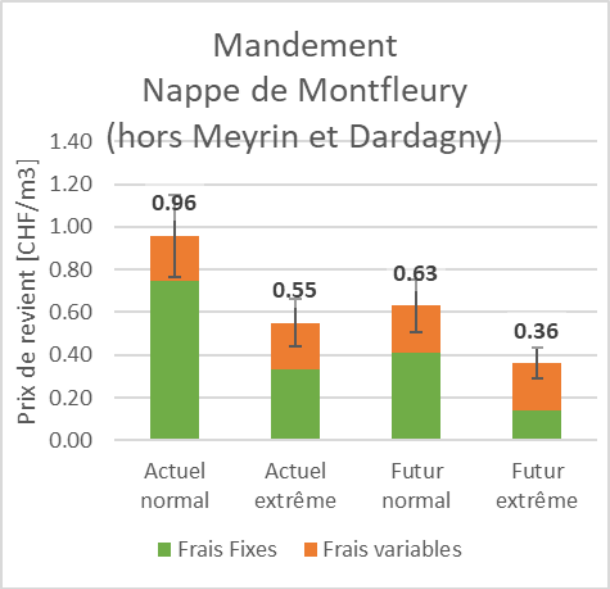


Figure 36 : Prix de revient du scénario Nappe de Montfleury

4.7.2.2 Approvisionnement secteur local depuis la nappe de Montfleury, secteur Mategnin

La capacité de cette nappe a été estimée à 40 m³/h, il s’agit d’un potentiel indicatif qui devra être confirmé sur la base d’investigations complémentaires et en intégrant également les conflits et synergies avec d’autres usages ou fonctions.

Sur la base de ce potentiel, cette ressource serait susceptible de fournir un volume de 350'000 m^3/an, correspondant aux besoins d'une surface irrigable d'environ 150 à 200 ha (prise en compte d'un besoin moyen de 2'000 m^3/(ha x an)).

Le montant des investissements à réaliser serait de l'ordre de M**CHF 1.65** (hors subventions), ce qui permet d'estimer le **prix de revient** de l'eau fournie à **0,7 – 0,9 CHF/m^3** avec prise en compte d'un taux de subventionnement des investissements de 60%.

4.7.3 Synthèse de l'évaluation et recommandations pour ce secteur

Réseau étendu depuis le secteur « Bois de Bay » de la nappe de Montfleury :

- Intérêt économique à confirmer sur la base des données de besoins et de l'intérêt effectif des agriculteurs concernés
- Affiner l'approche relative à l'évaluation des besoins en intégrant le cas échéant une vision stratégique visant à rapprocher / concentrer les cultures à besoin élevé en eau de la ressource.

Approvisionnement local depuis la nappe de Montfleury – secteur de Mategnin :

- Intérêt à confirmer du point de vue des agriculteurs concernés
- Capacité effective de la ressource à préciser (en synergie avec investigations GEothermies).

4.8 Secteur Lac Rive droite

4.8.1 Densité de besoins

Le secteur Lac Rive droite est caractérisé par une densité de besoins modérés avec des sous-secteurs (zones spécifiques) identifiés qui présentent des besoins plus intensifs. Cependant, ces sous-secteurs sont disséminés et pour certains, séparés de la ressource par un large massif boisé (Sauverny). La Figure 37 et le Tableau 15 ci-après illustrent la densité des besoins pour le secteur complet, les sous-secteurs et le diffus (hors zone). La densité de besoins indiquée représente la moyenne de la consommation entre une année normale et une année extrême en fonction de la surface totale cultivée de la zone considérée.

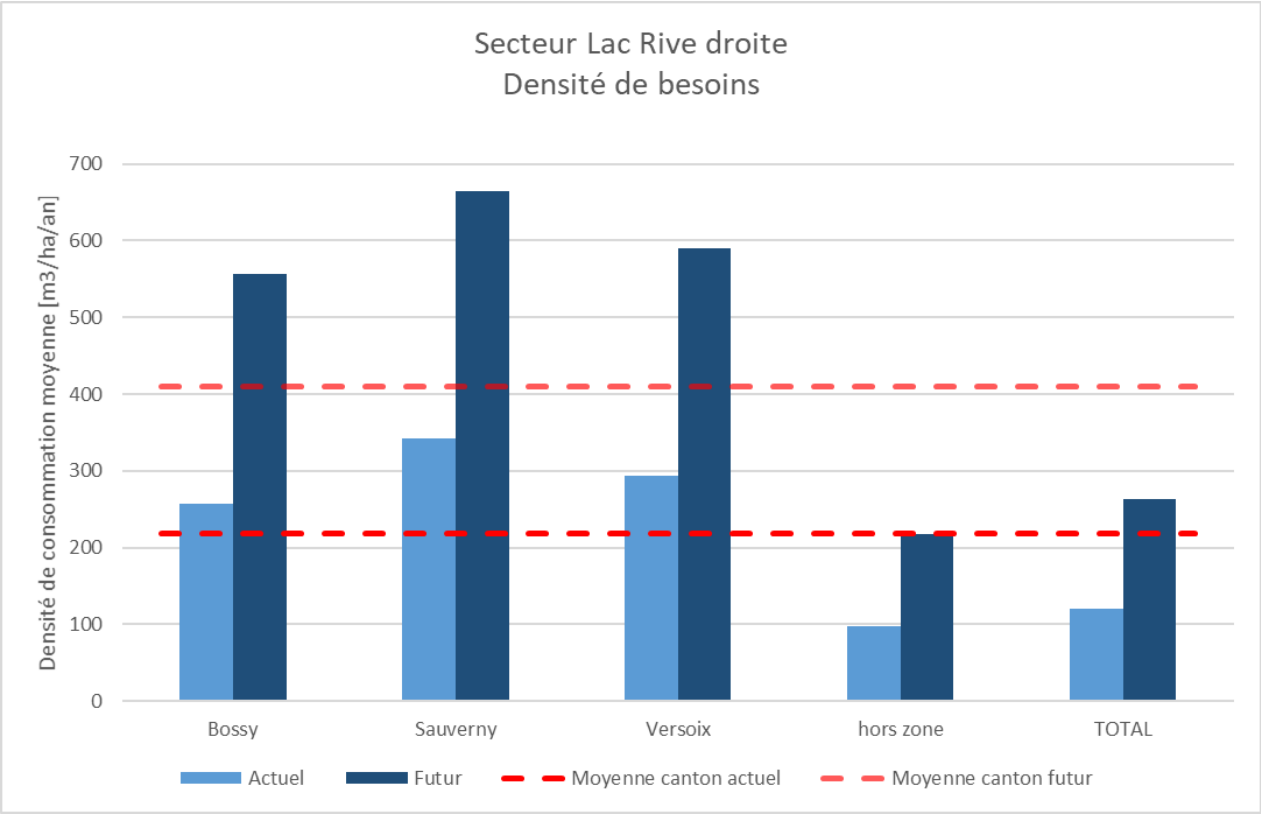


Figure 37 : Densité de besoins pour le secteur Lac Rive droite

Tableau 15 : Densité de besoins pour le secteur Lac Rive droite

PAR ZONE		Densité consommation de besoin (moyenne et surface cultivée) [m3/an/ha]		Densité consommation de besoin (moyenne et surface totale) [m3/an/ha]	
Secteur	**Zone**	**Actuel moyenne**	**Futur moyenne**	**Actuel moyenne**	**Futur moyenne**
Lac Rive droite	Bossy	257	557	213	463
Lac Rive droite	Sauverny	342	665	321	625
Lac Rive droite	Versoix	294	589	230	460
Lac Rive droite	hors zone	97	217	22	48
Lac Rive droite	**TOTAL**	**120**	**263**	**29**	**64**

4.8.2 Concepts d'approvisionnement

La ressource à potentiel important disponibles dans le secteur Lac Rive droite est constitué par la. nappe de Montfleury, secteurs Versoix Nord et Sud et, qui permettent amplement de garantir l'approvisionnement en eau de l'ensemble du secteur, comme le montre la Figure 38 ci-après.

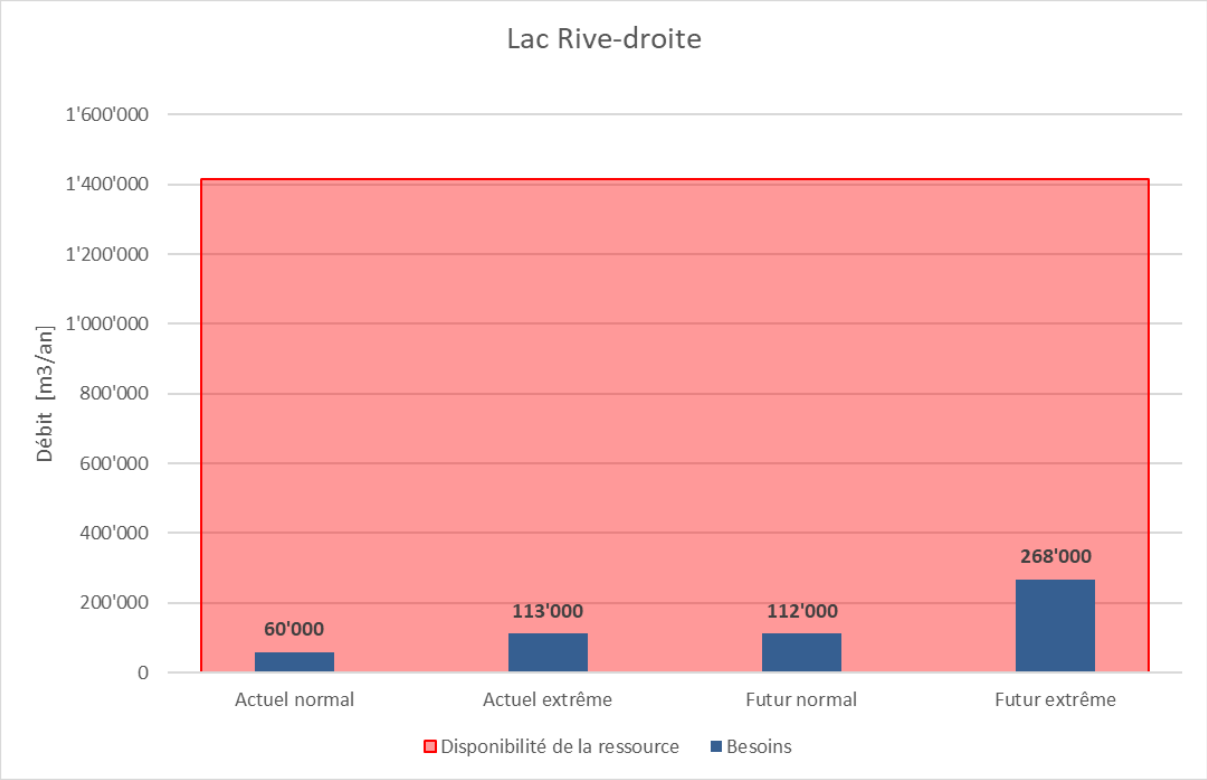


Figure 38 : Disponibilité de la ressource par rapport aux besoins pour le secteur Lac Rive droite

Sur cette base, et en fonction des opportunités et densités de besoins présents sur le secteur, les 2 scénarios d'approvisionnement suivants ont fait l'objet d'une analyse technico-économique pour ce secteur :

1. Réseau Nappe de Montfleury - Approvisionnement de tout le secteur, hormis les sous-secteurs excentrés tels Sauverny, au moyen de 2 puits dans la nappe de Montfleury, secteurs Versoix Sud et Versoix Nord
2. Réseau Nappe de Montfleury – Approvisionnement de du sous-secteur « Bossy » et hors zone environnants au moyen d'un puits dans la nappe de Montfleury, secteurs Versoix Sud

La Figure 39 ci-après esquisse le principe de réseau envisagé.

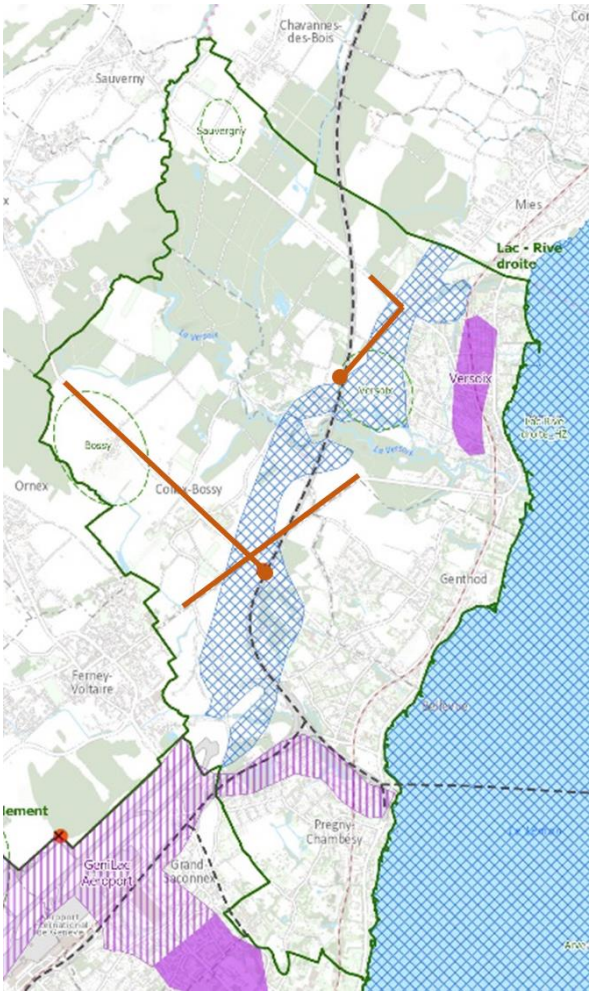


Figure 39 : Réseau envisagé pour le secteur Lac Rive droite

La capacité de ce secteur de nappe a été estimé à 1’000 m³/h.

Cette capacité est largement suffisante pour couvrir les besoins de ce secteur qui nécessite un débit d’alimentation de 150 m³/h.

L’estimation préliminaire des investissements est présentée ci-après, en considérant une subvention potentielle à hauteur de 60%. Les prix de revient estimés en fonction des scénarios de consommations sont quant à eux présentés dans la Figure 40 ci-après.

	2 puits	1 puits
Investissements (y.c TVA)	5 MCHF	3 MCHF
Investissements (y.c TVA) avec déduction des subventions	2 MCHF	1 MCHF

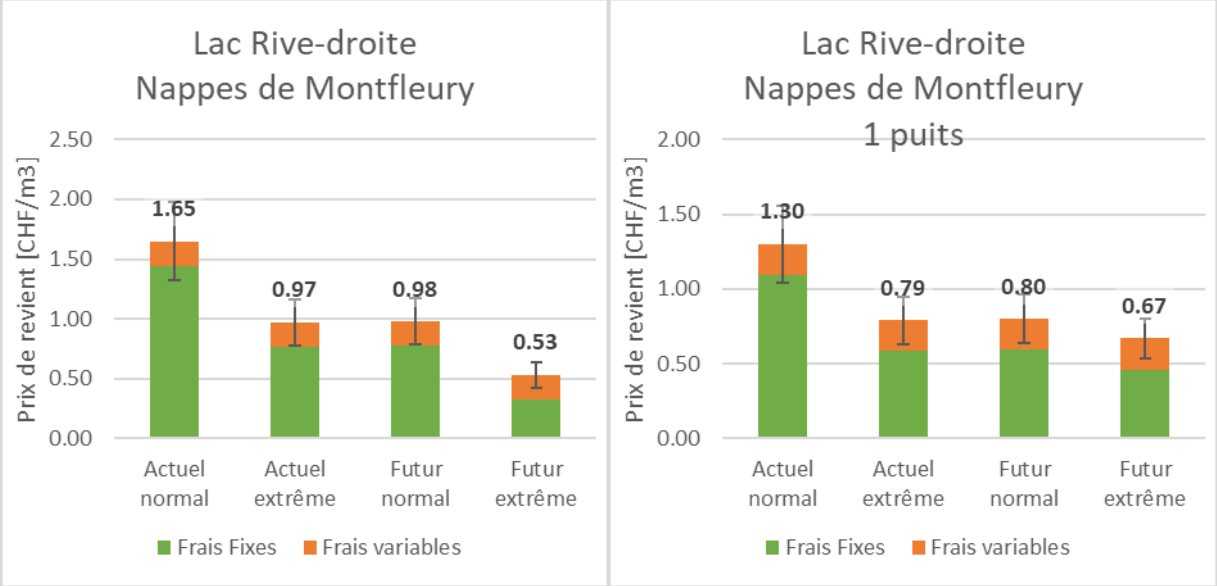


Figure 40 : Prix de revient des scénarios Nappes de Montfleury 2 puits (à gauche) et 1 puits (à droite)

4.8.3 Synthèse de l'évaluation et recommandations pour ce secteur

Réseau depuis la nappe de Montfleury :

- Intérêt économique à confirmer sur la base des données de besoins et de l'intérêt effectif des agriculteurs concernés
- Affiner l'approche relative à l'évaluation des besoins en intégrant le cas échéant une vision stratégique visant à rapprocher / concentrer les cultures à besoin élevé en eau de la ressource.

4.9 Secteur Céligny

4.9.1 Densité de besoins

Le secteur Céligny est caractérisé par une densité de besoins supérieure à la moyenne cantonale et le sous-secteur (zone spécifique) identifié ne présente a priori pas des besoins plus intensifs. La Figure 41 et le Tableau 16 ci-après illustrent la densité des besoins pour le secteur complet, les sous-secteurs et le diffus (hors zone). La densité de besoins indiquée représente la moyenne de la consommation entre une année normale et une année extrême en fonction de la surface totale cultivée de la zone considérée.

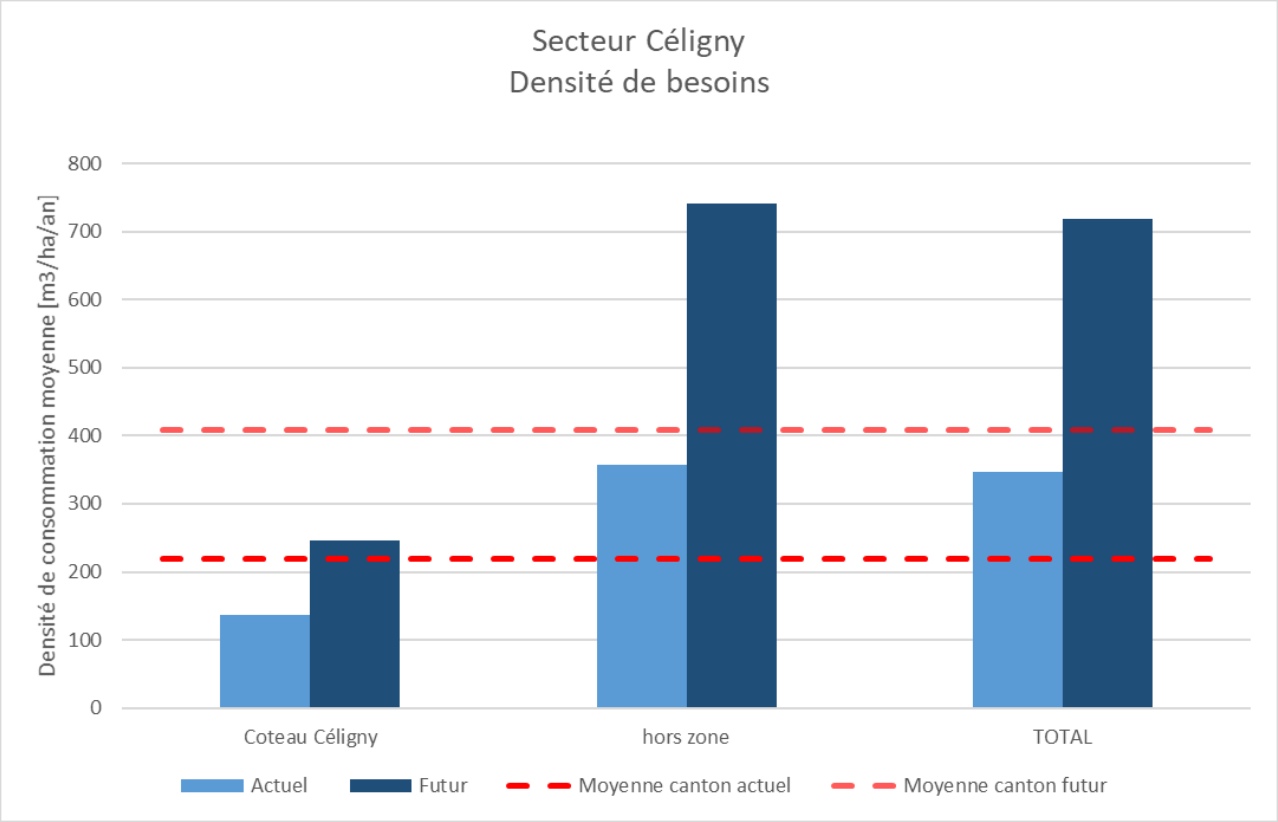


Figure 41 : Densité de besoins pour le secteur Céligny

Tableau 16 : Densité de besoins pour le secteur Céligny

PAR ZONE		Densité consommation de besoin (moyenne et surface cultivée) [m3/an/ha]		Densité consommation de besoin (moyenne et surface totale) [m3/an/ha]	
Secteur	**Zone**	**Actuel moyenne**	**Futur moyenne**	**Actuel moyenne**	**Futur moyenne**
Céligny	Coteau Céligny	136	246	81	146
Céligny	hors zone	357	741	124	257
Céligny	**TOTAL**	**347**	**718**	**123**	**254**

4.9.2 Concepts d'approvisionnement

La **ressource à potentiel important disponible** dans le secteur Céligny est le Lac Léman. Par rapport aux besoins totaux du secteur, techniquement cette ressource permet amplement de garantir l'approvisionnement en eau l'ensemble du secteur, comme le montre la Figure 42 ci-après.

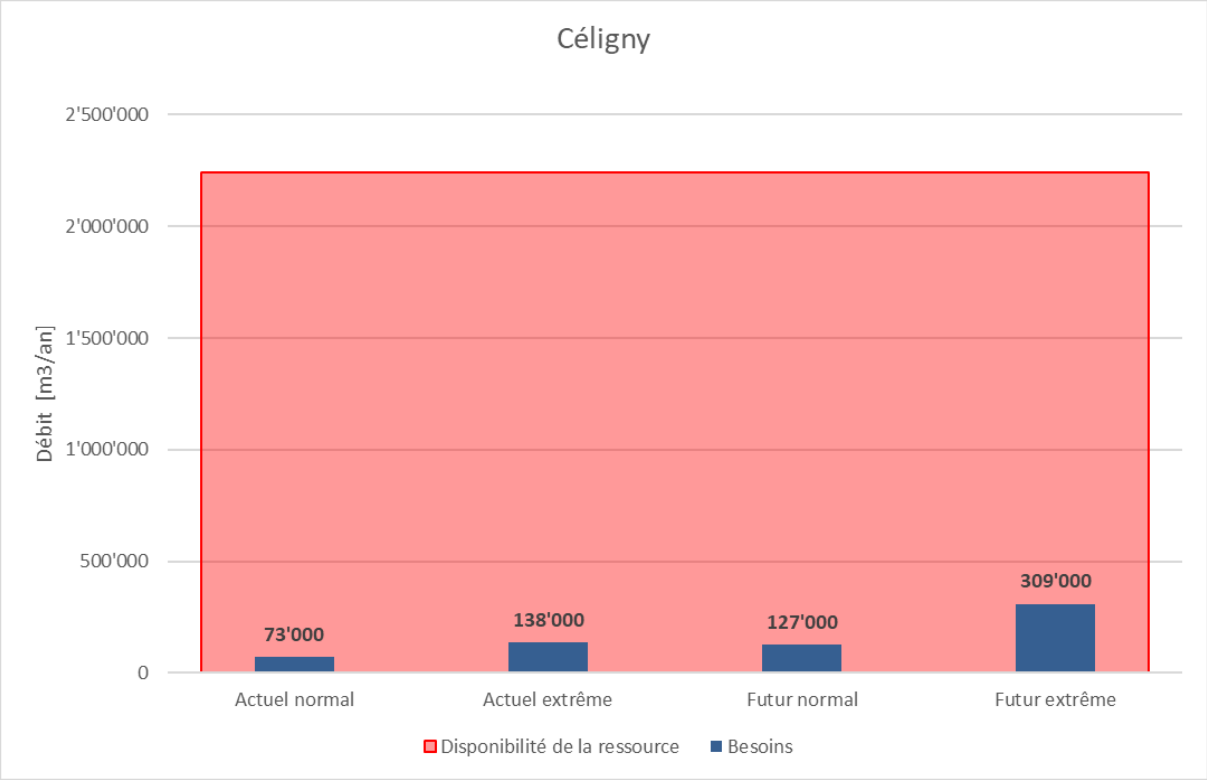


Figure 42 : Disponibilité de la ressource par rapport aux besoins pour le secteur Céligny

La Figure 43 ci-après esquisse le principe d'un réseau principal à partir d'une prise d'eau dans le lac.

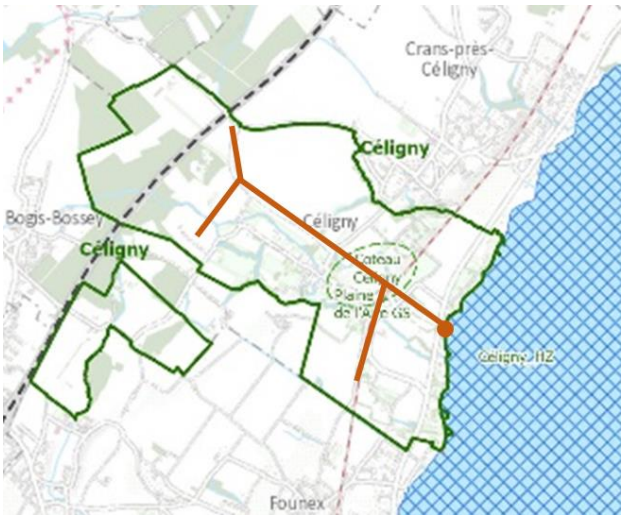


Figure 43 : Réseau envisagé pour le secteur Céligny

Le montant des investissements à réaliser serait de l'ordre de **3.5 MCHF** (hors subventions), ce qui permet d'estimer le **prix de revient** de l'eau fournie à **0,4 – 1,3 CHF/m³** avec prise en compte d'un taux de subventionnement des investissements de 60%.

Les prix de revient estimés en fonction des scénarios de consommations sont présentés dans la Figure 44 ci-après.

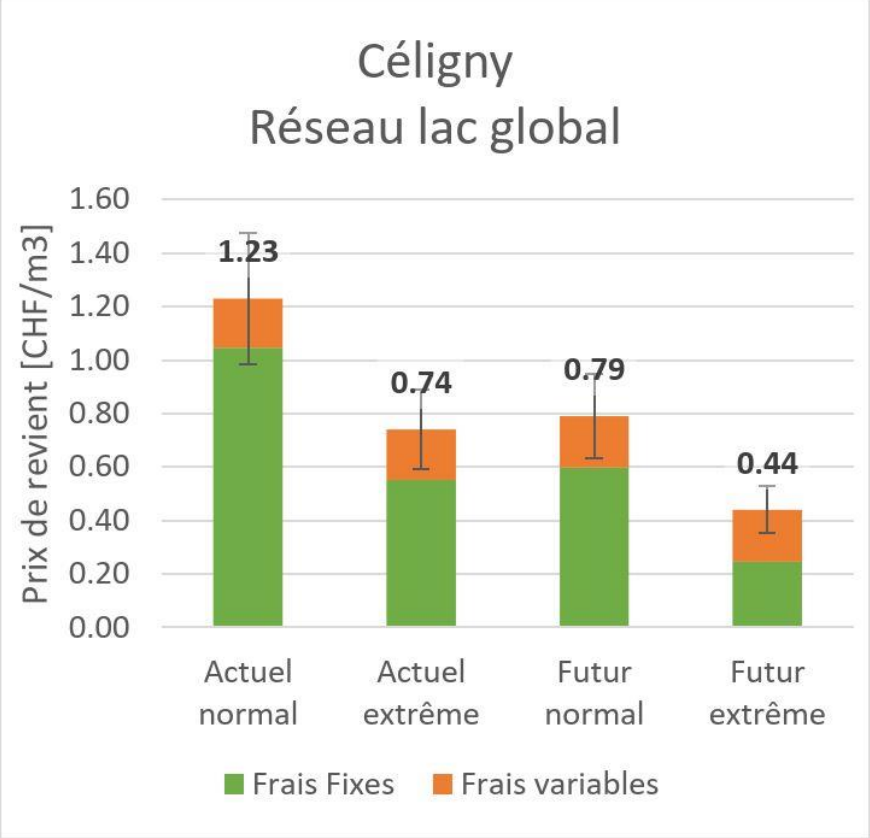


Figure 44 : Prix de revient du scénario Réseau lac global

4.9.3 Synthèse de l'évaluation et recommandations pour ce secteur

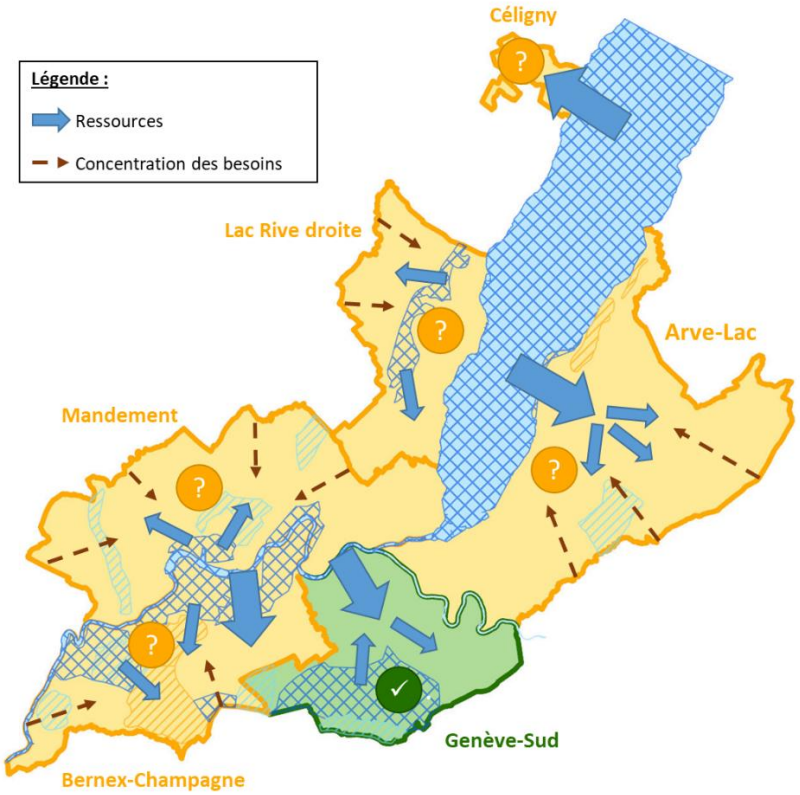
Réseau depuis le Lac

- Se renseigner sur les possibilités de synergies avec un éventuel projet/concept d'exploitation géothermique du lac en élargissant l'approche aux communes vaudoises du secteur Terre-Sainte.
- Intérêt économique à confirmer sur la base des données de besoins et de l'intérêt effectif des agriculteurs concernés
- Affiner l'approche relative à l'évaluation des besoins en intégrant le cas échéant une vision stratégique visant à rapprocher / concentrer les cultures à besoin élevé en eau de la ressource.

5 Synthèse et recommandation

De manière résumée et synthétique, les principales conclusions et recommandations suivantes peuvent être tirées de la présente étude :

- Le canton de Genève dispose de ressources à potentiel important a priori à même de satisfaire les besoins futurs en irrigation dans le respect des cycles hydrologiques naturels et en équilibre avec les autres usages
- L'évaluation de la faisabilité technico-économique des infrastructures à réaliser est variable selon les secteurs concernés pour les besoins actuels et établie dans tous les cas avec les besoins futurs estimés, en admettant que la grande majorité des exploitants se raccordent effectivement aux infrastructures structurantes mises en œuvre dans le secteur concerné
- Compte tenu de l'augmentation future des besoins et des contraintes et incertitudes sur l'activité agricole engendrées par le changement climatique, la concrétisation des infrastructures structurantes esquissées dans la présente étude est à recommander, au moins dans une vision à moyen / long terme, puisqu'elle assure un accès à l'eau adéquat pour l'agriculture genevoise, en s'affranchissant des contraintes liées au réseau SIG (problème de capacité avec l'augmentation des besoins futurs ; aspects économiques) et aux seules ressources locales (capacité limitée ; disponibilité pour l'agriculture non garantie à terme). Dans ce contexte, une nécessité de coordination spécifique est à signaler pour le secteur Genève Sud (synergies avec la mise en œuvre du CAD Rive Gauche et/ou de la Galerie de décharge des eaux usées Plaine de l'Aire – STEP et précisions concernant l'utilisation de la nappe du Genevois).
- L'approche liée à l'estimation et à la localisation des besoins devra être affinée, en intégrant le cas échéant une vision stratégique visant à rapprocher/concentrer les cultures « à besoin élevé» par rapport à la localisation des ressources à potentiel important.



CSD INGÉNIEURS SA	ACADE SARL
Eric Säuberli	Guy Dériaz

Genève, le 15.06.2021

6 Bibliographie

Littérature scientifique

Bindi, M., & Olesen, J. E. (2011). The responses of agriculture in Europe to climate change. *Regional Environmental Change*, *11*(1), 151-158. https://doi.org/10.1007/s10113-010-0173-x

Brönnimann, S., Appenzeller, C., Croci-Maspoli, M., Fuhrer, J., Grosjean, M., Hohmann, R., Ingold, K., Knutti, R., Liniger, M. A., Raible, C. C., Röthlisberger, R., Schär, C., Scherrer, S. C., Strassmann, K., & Thalmann, P. (2014). Climate change in Switzerland : A review of physical, institutional, and political aspects. *WIREs Climate Change*, *5*(4), 461-481. https://doi.org/10.1002/wcc.280

Büchi, L., Wendling, M., Amossé, C., Jeangros, B., Sinaj, S., & Charles, R. (2017). Long and short term changes in crop yield and soil properties induced by the reduction of soil tillage in a long term experiment in Switzerland. Soil and Tillage Research, 174, 120-129. https://doi.org/10.1016/j.still.2017.07.002

González-Sánchez, E. J., & Basch, G. (2017). *Conservation Agriculture : Making Climate Change Mitigation and Adaptation Real in Europe*. European Conservation Agriculture Federation. http://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/22895

Henne, P., Bigalke, M., Büntgen, U., Colombaroli, D., Conedera, M., Feller, U., Frank, D., Fuhrer, J., Grosjean, M., Heiri, O., Luterbacher, J., Mestrot, A., Rigling, A., Rössler, O., Rohr, C., Rutishauser, T., Schwikowski, M., Stampfli, A., Szidat, S., & Tinner, W. (2017). An empirical perspective for understanding climate change impacts in Switzerland. *Regional Environmental Change*, *18*, 205-221. https://doi.org/10.1007/s10113-017-1182-9

King, A. (2017). Technology : The Future of Agriculture. Nature, 544(7651), S21-S23. https://doi.org/10.1038/544S21a

Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M. J., & Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, *259*(4), 698-709. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023

Documents institutionnels

- Office cantonal de l'agriculture et de la nature (2005). Eau d'irrigation. Genève : J-M Sermet.
- Office fédéral de météorologie et de climatologie (2018). Rapport climatique 2018. Zürich : MétéoSuisse
- Office fédéral de l'agriculture OFAG (2011). Stratégie Climat pour l'agriculture. Protection du climat et adaptation au changement climatique pour une agriculture et une économie alimentaire suisses durable. Berne : DFE
- Office cantonal de l'agriculture et de la nature (2015). Rapport de synthèse. Eau d'irrigation. Genève : OCAN
- Organe consultatif sur les changements climatiques (OcCC), Les changements climatiques et la Suisse en 2050 (2007), OcCC-ProClim, Berne.
- Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (2009). Besoin d'irrigation en suisse. Berne : OFAG
- Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (2010). Estimation des besoins en irrigation pour l'agriculture suisse, rapport final. Berne : OFAG

- Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (2012). Besoins en eau d'irrigation et ressources disponible dans les conditions climatiques et futures. Berne : DFE
- Station de recherche Agroscope Reckenholz (2014), Irrigation et changement climatique : une analyse régionale du déficit en eau. Zurich : IDU.
- CIPEL. (2019). Rapports sur les études et recherches entreprises dans le bassin lémanique - Campagne 2018. Comission internationale pour la protection des eaux du Léman.

Documents de présentation et de colloque

- AGRIDEA (2019). Matière organique des sols cultivés, enrichir plutôt que consumer. Lindau : Agridea
- Agroscope (2019), Analyse d'impact relative à l'initiative pour une eau potable propre : effets économiques et structurels dans l'agriculture.
- Arvalis, Colloque au champ « Innover pour une meilleure irrigation », 26 mai 2016, GENAS).
- Haute école spécialisée de suisse occidentale (2018). L'agriculture de conservation des sols comme moyen d'adaptation aux changements climatiques. Genève : HEPIA :
- INRA (2017). Agriculture de précision. Orléans : INRA
- Union suisse des paysans (2019). L'agriculture suisse à l'ère du changement climatique. Brugg : USP
- Couture, I. (2006). Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation. *Colloque sur l'irrigation: L'eau, source de qualité et de rendement.* Centre de référence en agriculture agroalimentaire du Québec.

Ouvrage

- Archambeaud, M. (2016). Les couverts végétaux gestion pratique de l'interculture (2e édition). FranceAgricole.

Annexes

Annexe A Changement climatique et agriculture. État des connaissances.

Annexe B Synthèse des rencontres avec les agriculteurs et tableau d'interview.

Annexe C Carte générale des besoins et détail par secteur (atlas)

Annexe D Récapitulatif des besoins (onglets « Données agriculteurs » et « Hypothèses - m3 ha »)

Annexe E Surfaces totales, cultivées et irrigables par culture, par secteur et par zone (onglet « Hypothèses - surfaces »)

Annexe F Graphiques illustrant les besoins par secteur et par mois, actuels et futurs

Annexe G Base de données générale par zone : surfaces, besoins mensuels et annuels, débits journaliers (Onglet « Synthèse par zone »)

Annexe H Syndicat d'irrigation agricole : l'exemple du syndicat de Nyon

Annexe A Changement climatique et agriculture. État des connaissances.

Annexe B Synthèse des rencontres avec les agriculteurs et tableau d'interview.

Annexe C Carte générale des besoins et détail par secteur (atlas)

Annexe D Récapitulatif des besoins (onglets « Données agriculteurs » et « Hypothèses - m3 ha »).

Annexe E Surfaces totales, cultivées et irrigables par culture, par secteur et par zone (onglet « Hypothèses - surfaces »).

Annexe F Graphiques illustrant les besoins par secteur et par mois, actuels et futurs.

Annexe G **Base de données générale par zone : surfaces, besoins mensuels et annuels, débits journaliers (Onglet «Synthèse par zone»).**

Annexe H Syndicat d'irrigation agricole : l'exemple du syndicat de Nyon.

Syndicat d'irrigation agricole : l'exemple du syndicat de Nyon

Cette retranscription porte sur la rencontre avec Mr. Werner Mader, représentant du syndicat d'arrosage Nyon et environs (SANE).

Historique

Suite à l'interdiction des pompages agricoles dans les rivières par le canton (VD) en 1977, l'état demande la formation d'un syndicat d'arrosage.

Les services industriels (SI) de la ville de Nyon, étant également en demande d'un nouvel apport d'eau, ont saisi l'occasion de se grouper avec le nouveau syndicat au travers d'une convention d'exploitation.

Lors de la création du syndicat, il a fallu définir les périmètres potentiellement irrigables puis les passer à l'enquête. Le premier secteur défini par le syndicat, soit environ 300 hectares, a tout de suite intéressé 30 propriétaires.

Pour qu'un syndicat soit valable, l'entier des surfaces d'une région doit en faire partie. Dans le cas du syndicat d'arrosage, l'Etat de Vaud a fait une dérogation à cette règle et a admis la création d'un syndicat « à bulles », comprenant l'ensemble des surfaces exploitées par les agriculteurs membres.

Le syndicat est composé uniquement d'agriculteurs. Le canton ne fait pas partie du syndicat, il y remplit un rôle d'observation et de surveillance. Le comité compte 9 membres dont 1/3 est renouvelé tous les 3 ans. Les décisions sont prises à la double majorité, des membres et des surfaces.

Les agriculteurs faisant partie du syndicat doivent inscrire l'intégralité des surfaces agricoles en propriété (hormis les surfaces de jardins, de forêt et de promotion de la biodiversité). Les surfaces en location et les surfaces des exploitants hors syndicat sont inscrites en début d'année auprès du syndicat.

Historiquement, les principales cultures irriguées sont les suivantes :

- Pomme de terre
- Oignons
- Haricots
- Maïs
- L'arboriculture (irrigation principalement au goutte-à-goutte)
- Betterave
- Les prairies pour le bétail
- Colza (irrigation en automne pour la levée)

Investissement

Le financement du réseau s'est fait par versement anticipé (200.-/ha/an) des membres du syndicat dès sa création. Le canton (améliorations foncières), a doublé le montant payé par les membres du syndicat pour subventionner l'ouvrage. Les investissements totaux pour le réseau représentent environ 20 millions de francs.

La valeur d'investissement par parcelle est inscrite au registre foncier. En cas de vente de terrain hors agriculture, le vendeur doit ristourner à l'Etat les subventions reçues pour la surface en question.

Un calcul d'investissement pondéré en fonction des types de sols et des besoins réels en eau de chaque exploitation a été réalisé par le bureau d'ingénieurs Bovard – Nickel. Cette pondération par secteur permet une meilleure répartition des coûts entre les agriculteurs. Ce découpage leur permet de « financer » leur part du réseau.

Ces investissements pondérés représentent au total entre 2'000 et 10'000 frs/ha à la charge des agriculteurs. Dans ces investissements sont comptés les travaux pour la mise en place d'un bassin d'accumulation d'un million de litres à Genolier, alimenté par pompage dans le lac, pour garantir la mise en pression du réseau.

Exploitation

A présent, le syndicat de construction du réseau est dissout. Le solde de financement a été transféré au nouveau syndicat d'exploitation.

Les agriculteurs ayant besoin d'utiliser les réseaux doivent s'annoncer le matin entre 6h30 et 7h30 avant de prélever l'eau. Les arrosages au goutte-à-goutte sont annoncés pour la semaine le lundi matin. Cela permet de savoir quel secteur est utilisé et qui consomme de l'eau et combien. Ce procédé permet également de réagir rapidement en cas de problème technique (fuite, rupture de conduite etc…) et de garantir les capacités du réseau. Bien-entendu, ce suivi nécessite du personnel pour la gestion et le contrôle des capacités.

Les cultures s'étalant sur 2 ans doivent être annoncées à l'automne et peuvent être arrosées jusqu'au printemps.

L'adhésion de nouveaux membres intéressés à rentrer dans le syndicat se révèle compliquée en termes financiers. Plusieurs questions se posent :

- Faut-il inscrire l'entier des surfaces agricoles des nouvelles exploitations ou juste les surfaces nécessitant de l'irrigation ?
- Quel montant demander pour l'accession au syndicat ?

L'ordre d'idée évoqué lors de l'entretien pour les nouveaux adhérents était de 7'000.-/ha. Il faut trouver un montant représentatif de l'investissement moyen de départ. Ce tarif permet également de mettre à jour les exploitations et d'installer de nouvelles pompes ou de changer de système électrique par exemple.

Prix

- Prix d'achat : 14.5 cts/m^3 à la SAPAN
- Prix de vente aux agriculteurs : 42 cts/m^3 même tarif pour tous
- Taxe de membre : 50 frs/ha/an
- Non-membre annoncé : 250 frs/ha/an + vol. eau utilisée
- Non-membre non-annoncé : 650 frs/ha/an + vol. eau utilisée

Quelques chiffres

- Volume total distribué : env. 800'000 m^3/an pour 2'100 ha irrigués
- Pression du réseau : 6 bars (garanti) au mieux 10-10.5 bars
- Taxe cantonale pour pompage 60 cts/l de droit