



Département de l'économie et de la formation
Service de l'agriculture

Departement für Volkswirtschaft und Bildung
Dienststelle für Landwirtschaft

CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

Mise en œuvre de mesures de lutte contre le gel pour l'arboriculture et la viticulture valaisanne

Irrigation et lutte contre le gel par aspersion : syn- thèse des projets et gestion des ressources en eau

SCA (OAS) - OFAG | février 2019



Conseil
Expertises
Recherche appliquée

géau environnements SA
Technopôle 3
CH - 3960 Sierre
-
Tel. +41 27 455 67 04
Fax +41 27 455 67 05
-
bureau@geau.ch
www.geau.ch

Mise en œuvre de mesures de lutte contre le gel pour
l'arboriculture et la viticulture valaisanne

**Irrigation et lutte contre le gel par aspersion : synthèse
des projets et gestion des ressources en eau**

SCA (OAS) - OFAG | février 2019



Réalisation

géau environnements SA

david theler
dr. ès géosciences et environnement
hydrologue dipl. EPFL

romain udry
master en géographie

Version	Date	Projet	Contrôle	Distribution
1	17.12.2018	dt/ru	dt	SCA-OAS
2	10.10.2018	dt/ru	dt	SCA-OAS
3	25.01.2019	dt/ru	dt	SCA-OAS
4	04.02.2019	dt/ru	dt	SCA-OAS et OFAG

Table des matières

1.	<u>Introduction</u>	- 4 -
2.	<u>Objectifs de l'étude</u>	- 4 -
3.	<u>Projets</u>	- 5 -
3.1	Prélèvement(s) dans les eaux superficielles	- 5 -
3.1.1	Projet réalisé – Grand Blettay (Fully)	- 5 -
3.1.2	Projets à l'étude	- 6 -
3.2	Prélèvement(s) dans les eaux souterraines	- 8 -
3.2.1	Projets réalisés	- 8 -
3.2.2	Projets en cours de réalisation ou à l'étude	- 8 -
3.2.3	Synthèse	- 10 -
4.	<u>Besoins hydriques et impacts sur la ressource</u>	- 11 -
4.1	Equipements	- 11 -
4.2	Prélèvements dans les eaux superficielles	- 11 -
4.3	Prélèvements dans les eaux souterraines	- 11 -
4.3.1	Comportement de l'aquifère du Rhône	- 11 -
4.3.2	Impact global sur la ressource	- 13 -
5.	<u>Stratégies cantonales mises en œuvre</u>	- 16 -
5.1	Inventaire des puits agricoles	- 16 -
5.2	Cahier des charges pour la réalisation des études de faisabilité hydrogéologiques et suivi des puits	- 16 -
5.3	Suivis piézométriques	- 17 -
6.	<u>Bilan provisoire et perspectives</u>	- 18 -
7.	<u>Synthèse et conclusion</u>	- 19 -
8.	<u>Références</u>	- 20 -

1. Introduction

Les événements de gel exceptionnel d'avril 2017 ont fortement impacté l'arboriculture et la viticulture dans la plaine du Rhône. Dans le cadre du groupe de travail mis en œuvre par le DEF, plusieurs mesures à court terme ont été définies pour pallier les impacts du gel sur les exploitations agricoles - crédits à l'aide aux exploitations, report des annuités sur les crédits d'investissement, cautionnement de prêts bancaires ou encore crédits pour la reconstitution du capital plantes - mais elles ne solutionnent cependant pas la lutte contre le gel, qui peut notamment être réalisée dans le cadre de projets d'améliorations structurelles. En tenant compte des zones impactées lors du gel 2017 (2'600 ha) et des équipements actuels, les périmètres nécessitant la construction ou l'assainissement du système de lutte par aspersion ont été estimés à **1'600 ha**. Basés sur l'analyse de projets antérieurs, le coût total des investissements a été estimé à **CHF 48'000'000.-** ou CHF 30'000.-/ha répartis à raison de CHF 13'000.-/ha pour les conduites et 17'000.-/ha pour les stations de pompage et l'électrification du réseau. Sur cette base, les aides publiques ont été définies au maximum à **CHF 35 mios** et proviendront:

- d'une contribution fédérale à fonds perdu minimale de **CHF 12'960'000.-** (27% des coûts éligibles en zone de plaine¹), ainsi que de crédits d'investissement sans intérêt et remboursables dans un délai de 20 ans d'environ **CHF 9'568'000.-** (représentant 50 % des frais imputables après déduction des contributions allouées par les pouvoirs publics);
- d'une contribution cantonale² de CHF **12'672'000.-** (26.4% des coûts pour la plaine);
- d'une contribution communale à hauteur de 25 % du montant de la contribution cantonale (ou 6.6% des coûts totaux) selon l'art. 83 al. 1 LcAgr, soit un montant de CHF 3'168'000.-.

Au regard de ce qui précède, les coûts résiduels à charge des porteurs de projets sont donc estimés à près de CHF 19'200'000.-, soit 40% du coût total des investissements.

Les communes, les consortages d'irrigation et de lutte contre le gel et les syndicats d'améliorations foncières (AF) ainsi que les privés (si aucune mesure collective ne peut être mise en œuvre dans un secteur donné) peuvent être les porteurs de projet. La procédure d'approbation des mesures envisagées relève de la compétence et de la responsabilité du canton³. Le Département de l'économie et de la formation conduit les négociations avec la Confédération. Selon les dispositions de la loi cantonale sur la gestion et le contrôle administratifs et financiers (LGCAF) du 24 juin 1980, la décision d'octroi d'un crédit-cadre a relevé de la compétence du Grand Conseil, lequel l'a accepté en septembre 2017.

2. Objectifs de l'étude

La présente étude, mandatée par l'office des améliorations structurelles du service de l'agriculture, vise à poser l'état des lieux des projets d'irrigation et de lutte contre le gel et à mettre en évidence, sur la base des données des projets réalisés ou en cours, l'influence de ces projets sur les ressources en eau. Les points clés suivants seront abordés:

- quantification globale des besoins hydriques des projets (rabattement(s) de la nappe, prélèvements dans les eaux superficielles, etc) dans une vision globale du cycle de l'eau et des besoins des cultures;
- stratégie de mise en œuvre du SEN et du SCA;
- proposition de suivi permettant une gestion rationalisée de la ressource telle que la pose d'appareils de mesure, etc.

¹ Selon l'art. 17, alinéa 1, let. g de l'OAS, une majoration de 3 pourcents est envisageable - en négociation avec l'OFAG - pour les technologies préservant les ressources et économes en énergie ou en eau (par. ex. irrigation par goutte à goutte, installation).

² Une aide financière fédérale exige au préalable l'octroi de la participation cantonale, dont les bases légales se trouvent dans la loi cantonale sur l'agriculture et le développement rural (LcAgr) du 8 février 2007, l'ordonnance sur l'agriculture et le développement rural (OcAgr) du 20 juin 2007, la directive sur la politique cantonale en matière de structures agricoles du 27 juin 2007 et dans la décision du Conseil d'Etat du 13 juin 2007 fixant le catalogue de mesures de la politique agricole valaisanne.

³ Se basant sur les art. 54, al. 1 LcAgr et 36 al. 5 OcAgr, l'autorité compétente approuve la mise en œuvre des mesures, accorde les aides financières et fixe les conditions et charges liées à la décision (condition préalable au financement sur le plan fédéral).

3. Projets

Depuis l'épisode de gel d'avril 2017, plus d'une quinzaine de demandes collectives – pour la construction, la rénovation de réseaux ou le remplacement de systèmes de pompage – ont été déposées auprès de l'OAS, pour une surface d'environ 920 hectares répartis sur une dizaine de communes (Figure 1 et carte annexée) du Valais romand. En parallèle, le réseau Alarme gel de l'interprofession des fruits et légumes du Valais a été optimisé en 2018 et a obtenu dans ce cadre un soutien du canton. Il permet d'avoir à l'échelle du Canton un réseau efficace de capteurs permettant de déclencher les alarmes lors de gel. Par souci de synthèse, on ne présentera ici que les projets dont les surfaces sont supérieures à quatre hectares.

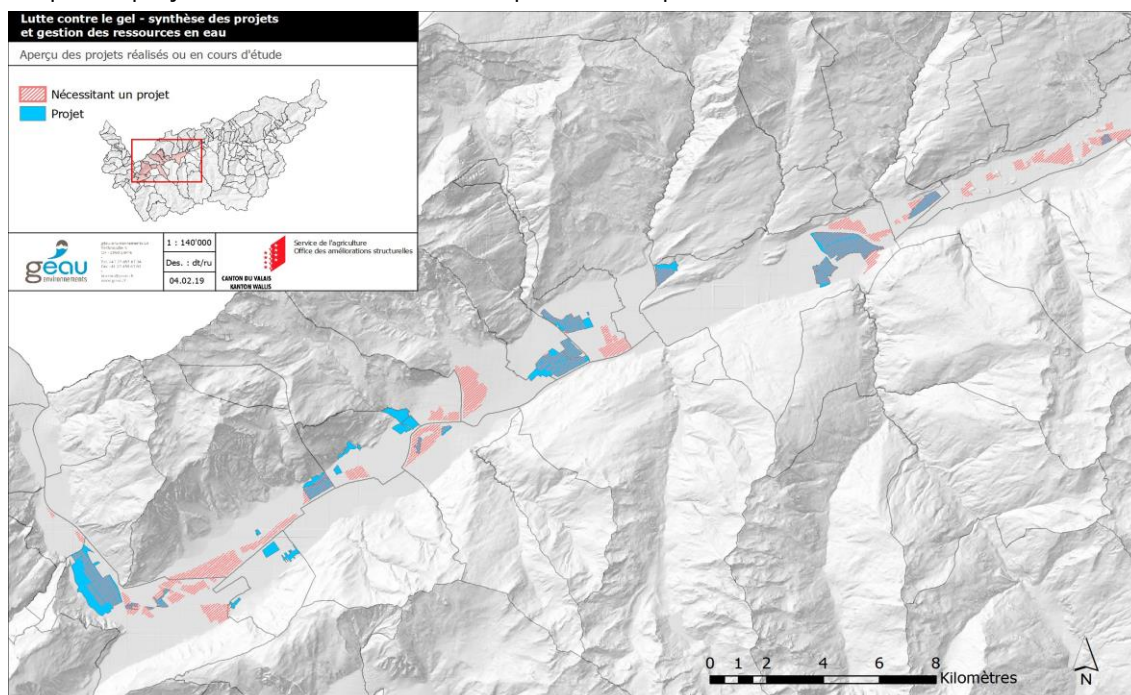


Figure 1 Aperçu des projets réalisés, projetés ou en cours d'étude. Une carte détaillée figure en annexe.

3.1 Prélèvement(s) dans les eaux superficielles

3.1.1 Projet réalisé – Grand Blettay (Fully)

Le réseau, achevé en avril 2018, permet d'irriguer un secteur de 40 hectares à l'aide de deux conduites principales d'une longueur totale de 2'900 mètres (Figure 2), alimentées par sept pompes Lowara de 200 m³/h. Les eaux sont directement pompées dans le réservoir du canal Faiss servant à évacuer les crues du canal Leytron-Saillon-Fully (LSF), dont le volume total (de stockage) s'élève à 4'000 m³. Les tableaux de commande des pompes ont été installés dans les locaux abritant trois pompes évacuant les eaux du réservoir vers le Rhône. Des simulations de pompage ont conduit à proposer une augmentation préventive de 47% du volume stocké (6'000 m³) par le biais d'une dérivation de 300 l/s opérée dans le canal LSF (4.2).

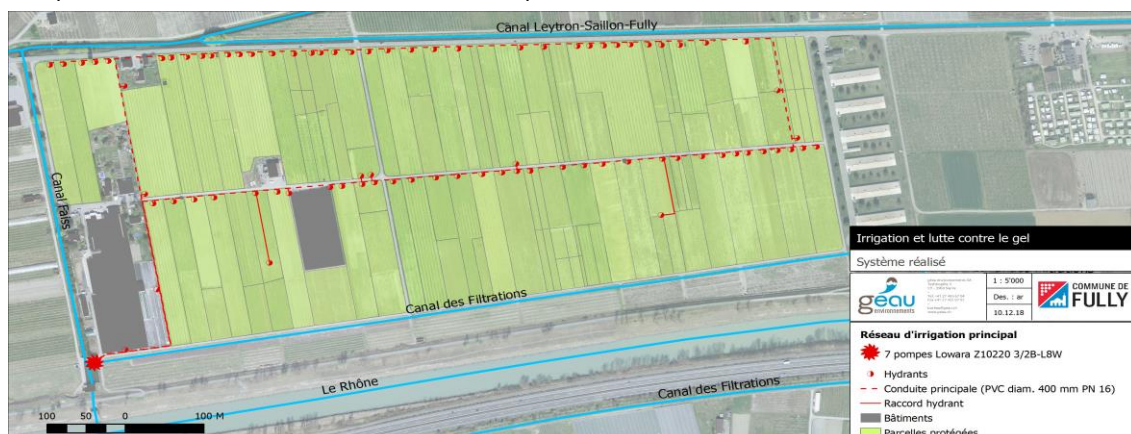


Figure 2 Aménagements réalisés au Grand Blettay.

3.1.2 Projets à l'étude

Deux études de faisabilité, dans la région sédunoise, ont récemment été déposées :

- dans le vignoble de **Châtroz** (40 ha), la variante proposée par géau (2018d) consiste à aménager une nouvelle prise d'eau dans la Morge et à augmenter la capacité du bisse de Châtroz jusqu'au bassin de la cave Fin Bec afin d'accueillir une station de pompage qui distribuera l'eau sous pression dans l'intégralité du secteur (Figure 3) ; le bassin précité, qui sera agrandi, a été retenu en raison de sa proximité du réseau électrique ESR, des impacts limités sur les surfaces agricoles ainsi que d'une position centrale au sein du périmètre d'étude, réduisant les linéaires de conduites à poser pour la distribution de l'eau et de la possibilité d'évacuer des eaux excédentaires via le trop plein du bassin actuel ;

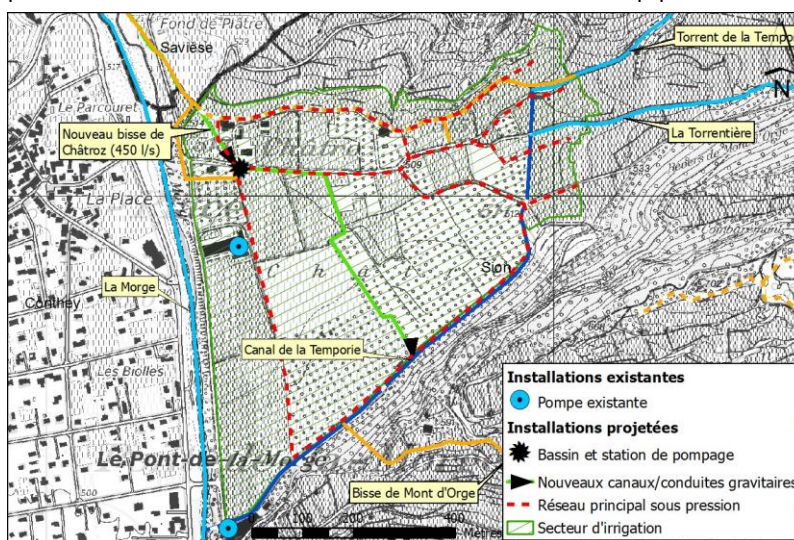


Figure 3 Aperçu des installations et aménagements projetés dans la variante proposée à Châtroz. Pour localiser le périmètre d'étude, se référer à la Figure 1.

- dans la **zone agricole de Bramois**⁴ (180 ha) (géau, 2018a) dont la variante retenue consiste à conserver le réseau de meunières existant et à optimiser la répartition des eaux afin d'alimenter en suffisance tous les secteurs d'irrigation (Figure 4) ; la capacité des meunières sera localement augmentée ; trente petits réservoirs enterrés en béton (4-8 m³) équipés de pompes électriques permettront d'alimenter toutes les parcelles du secteur avec de l'eau sous pression⁵ ; l'intégralité de l'eau utilisée proviendra de la Borgne, qui alimente directement les meunières de Vissigen, de Bramois et des Dailles ; un accord devra être obtenu avec les Forces Motrices de la Borgne (FMB) pour la fourniture d'un débit 1'200 l/s en cas de grand froid ; le choix d'un système décentralisé permettra notamment de limiter les travaux de gros-œuvre, d'assurer une meilleure fiabilité et de prioriser les investissements.

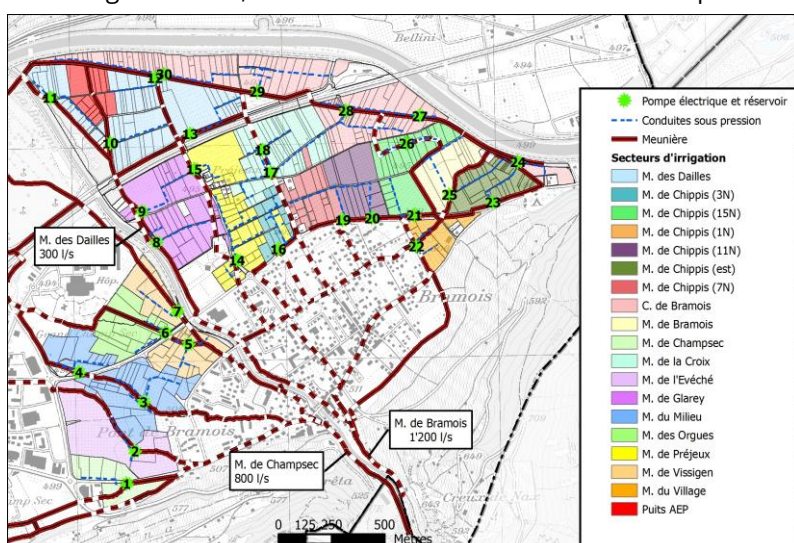


Figure 4 Aperçu des installations et aménagements projetés dans la variante proposée sur le cône de Bramois. Pour localiser le périmètre d'étude, se référer à la Figure 1.

⁴ Suite à la suite d'une demande de cinq exploitants sédunois (32 ha), la commune de Sion a procédé à une étude globale.

⁵ A l'exception du secteur déjà irrigué par le puits d'eau potable des Ronquoz Neufs.

Planche d'illustration 1 Aperçu des projets réalisés ou en cours d'étude avec prélèvement dans des eaux superficielles.



Pose de l'une des deux conduites principales (à gauche) et pompes installées dans le réservoir Faiss, au Grand Blettoy.



Canal Faiss (à gauche) et écluse permettant de dériver l'eau vers le canal précité.



Prise d'eau du bisse de Châtroz dans la Morge et glissement de terrain recouvrant l'ouvrage (590°132/120°698)

Canal de la Temporie (590°503/119°490)



M. de Bramois (Blantzey) (597°796/120°555)

M. de Champsec et Borgne (597°565/119°178)



Pompe mobile amenée à disparaître (Bramois, janv. 2018)

Canal de Bramois (596°811/121°251)

3.2 Prélèvement(s) dans les eaux souterraines

3.2.1 Projets réalisés

Les projets avec prélèvement dans des eaux souterraines ont été réalisés (Figure 1) :

- à **Riddes**, au lieu-dits Brésil (7.8 ha) et Les Barères (6.6 ha), où une pompe de 6 pouces type Grundfos a été immergées dans un puits (prof. de 20 m et diam. sup. à 1 mètre) pour un débit prélevé de 364 m³/h (BEG, 2017);
- à **Sierre**, au lieu-dit Daval (7.9 ha), où deux électropompes ont été immergées dans deux puits forés (prof. de 20 m et diam. de 400 mm) pour un débit prélevé de 300 m³/h afin de remplacer un puits existant (Charly Berthod & fils Sàrl, 2017) ;
- aux **Grandes Maraîches** (Martigny), les exploitants agricoles de la ferme du Grand-St-Bernard ont battu trois puits (prof. de 20 à 25 m et diamètre de 295 mm) pour équiper environ 16 ha ; ces puits, dont la capacité de prélèvement s'élève à 440 m³/h, remplacent des meunières et complètent le réseau composé de deux anciens puits (Tissières, 2017a);
- aux lieux-dits **Pro Pourri** (Fully) et **L'Île** (Charrat), trois puits ont été battus (prof. de 15m) pour protéger une surface de 16.5 ha (Tissières, 2017b); le débit prélevé s'élève à 296 m³/h ;
- aux **Grands Glariers** (Charrat) et aux **Grands Botsa** (Saillon), où la demande déposée⁶ a concerné respectivement le changement de trois groupes motopompes diesel par des groupes neufs et l'installation d'une pompe immergée équipée d'un variateur de fréquence.

3.2.2 Projets en cours à l'étude

Les projets suivants (Figure 1) nécessitent encore une approbation de l'autorité compétente :

- au **Grand-Bochat** (Ardon), le réseau d'irrigation (1974) ne permettant pas de lutter contre le gel par aspersion sur les 32 ha du site, six puits (prof. de 30-35 m et de 600 mm de diam) équipés de six pompes Grundfos de 220 m³/h sont projetés (iDEALP SA, 2018a) ; une nouvelle station transformatrice est également projetée;
- aux **Champys** et **La Pierrette** (Charrat), deux puits battus seront aménagés pour protéger une surface de 5.6 ha, en lieu et place des quatre puits actuels; les deux nouveaux puits (prof. de 29 et 31 m et diam. de 250 mm) prélèveront respectivement 95 et 105 m³/h ;
- dans le **vignoble du Bozta** (Vétroz), où le réseau d'irrigation (1973) ne permet pas de lutter contre le gel par aspersion sur les 72 ha, le bureau iDEALP SA (2018b) propose de construire un nouveau réseau constitué de dix pompes Grundfos immergées dans 10 puits (prof. de 35 m et de 600 mm de diam.), qui prélèveront un débit de 2'310 m³/h ; pour fournir l'alimentation électrique aux pompes, des stations transformatrices sont proposées ;
- au lieu-dit **Les Barères** (Riddes, 6.6 ha), où une pompe Grundfos de 6 pouces sera immergée dans un puits (prof. 20 m et diam. sup. à 1 mètre) pour un débit de 310 m³/h;
- sur le **cône de la Salentse**, à Saillon (31 ha), le projet du bureau géau (2018b) envisage d'implanter cinq puits battus (prof. de 30 m), qui prélèveront un débit total de 240 m³/h et alimenteront deux réseaux maillés d'une longueur de 3'300 m (Figure 5) ; les travaux comprendront aussi la construction d'une station transformatrice ;
- au **Courvieux** (Martigny), où deux puits battus (prof. de 25 m) prélèveront un débit total de 256 m³/h (Tissières, 2018c) pour irriguer et lutter contre le gel sur une surface de 6.4 ha ;
- à la **Sarvaz** (Fully) et dans la continuation des améliorations structurelles entreprises au Grand Blettay au printemps 2018, trois puits en forage destructif (prof. de 30 m et crépine de 600 mm) permettront de prélever un débit total de 240 m³/h qui transiteront dans un réseau maillé d'environ 2'000 m et irrigueront 17 hectares (Figure 6 ; géau, 2018c).

En 2019, deux périmètres feront également l'objet de rénovations:

- à **St-Léonard**, où une expertise hydraulique (iDEALP, 2017) a relevé des défauts sur un réseau achevé en 2000 et permettant d'irriguer 40 ha à l'aide de huit puits dotés de pompes d'un d'équipement de 200 m³/h chacune;
- dans la plaine d'**Ardon et de Chamoson**, où 112 hectares cultivables sont efficacement irrigués et protégés contre le gel par 18 puits (pompes d'un débit d'équipement de 240 m³/h), les travaux de renouvellement concerneront d'abord le réseau électrique (1968-73).

⁶ Projet VS 7775.013 (cf. décision du Conseil d'Etat du 21 février 2018).

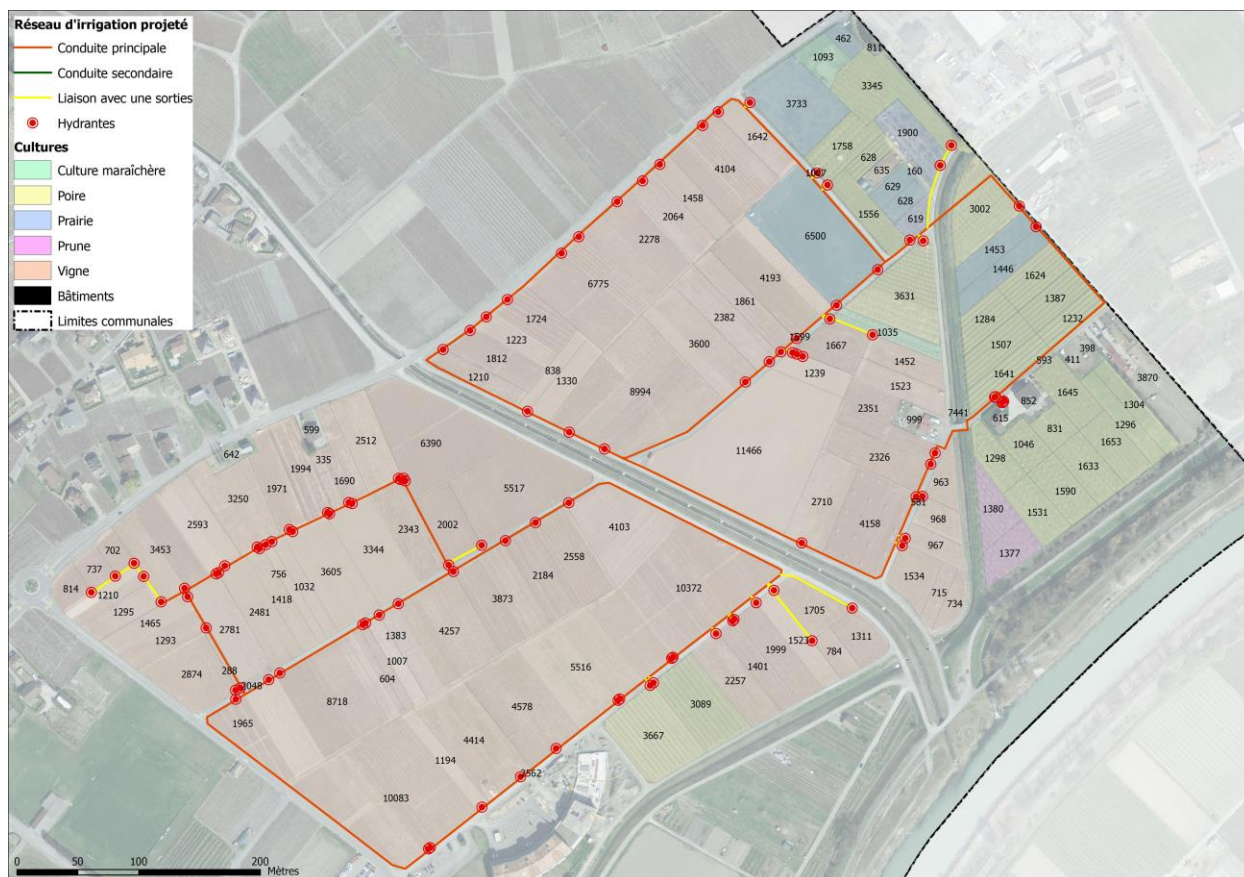


Figure 5 Aperçu des installations et aménagements projetés sur le cône de la Salentse, à Saillon. Pour localiser le périmètre d'étude, se référer à la Figure 1. Source : géau (2018b). N.B. : la zone d'implantation des puits se situe au Sud-Est du périmètre d'étude.

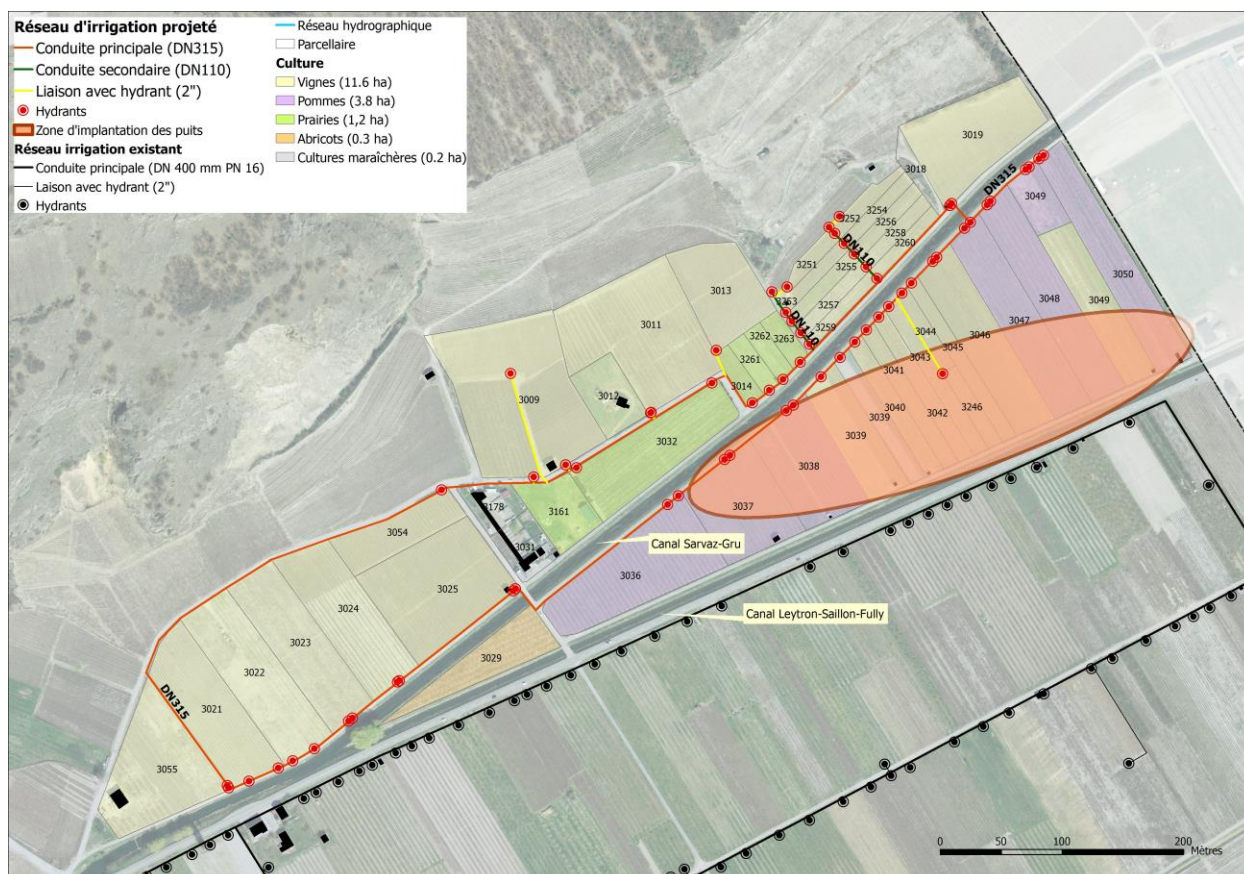


Figure 6 Aperçu des installations et aménagements projetés au Nord du Grand Blettay, à la Sarvaz. Pour localiser le périmètre d'étude, se référer à la Figure 1. Source : géau (2018c).

On ajoutera par ailleurs que, dans le cadre de la troisième correction du Rhône, une étude d'accompagnement agricole est en cours dans les environs des plans d'eau du **Rosel – Ferme des Îles** (242 ha - Martigny) ; aucune variante n'a pour l'heure été retenue mais une solution mixte conjuguant des pompages dans la nappe et un prélèvement dans les plans d'eau phréatiques du Rosel pourrait être envisagée⁷. Enfin, une étude de faisabilité hydro(géo)logique débutera en 2019 sur la commune de Saillon afin d'équiper 43 hectares répartis sur deux sites distincts, aux Grands **Îlots** et aux **Moulins**.

3.2.3 Synthèse

A l'exception du projet sur le cône de la Salentse, tous les projets consistent à améliorer et rénover les systèmes d'irrigation existants, notamment les réseaux électriques et de conduites, qui sont désormais dimensionnés pour la lutte contre le gel, par aspersion. Il s'agit donc d'une rationalisation des systèmes existants et de leur adaptation aux besoins actuels.

Au regard des éléments présentés et d'un point de vue de la ressource exploitable, on peut donc classer les projets selon deux types (Tableau 1) :

- ceux où des prélèvements dans les eaux superficielles (env. **250 ha**) ont été privilégiés en raison des infrastructures existantes (3.1.1) ou des difficultés à exploiter la nappe (3.1.2) ;
- ceux où des prélèvements dans les eaux souterraines sont envisagés (environ **670 ha**).

Tableau 1 Synthèse et principales données techniques des projets en cours d'étude ou de réalisation.

Projet	Commune	Superficie [ha]	Source	Etat d'avancement au 01.01.19	Nombre de pompe(s)	Alimentation	Débit d'équipement [m ³ /h]	Coûts estimés totaux [CHF]	Coûts estimés à l'hectare [CHF]
Grand-Bochat	Ardon	32	eaux souterraines	avant-projet	6 ³	électrique	1'280	1'900'000	60'000
Les Champys/La Pierrette	Charrat	5.6	eaux souterraines	à l'étude	2	électrique	95 - 105	284'000 ⁴	50'000 ⁴
Pro Pourri/L'île	Fully/Charrat	16.5	eaux souterraines	réalisé	3 ⁵	thermique	96 - 200	205'000	12'000
Les Grandes Maraîches	Martigny	16	eaux souterraines	réalisé	3	électrique	440 (+200)	180'000	11'000
Le Courvieux	Martigny	6.4	eaux souterraines	à l'étude	2	électrique	256	189'000	29'531
Les Barères	Riddes	7.8	eaux souterraines	en attente décision MO	2	électrique	364	852'000	59'000
Brésil	Riddes	6.6	eaux souterraines	réalisé partiellement	1 sur 2	électrique	310		
Vignoble du Botza	Vétroz	72	eaux souterraines	avant-projet	10	électrique	2'890	4'000'000	55'000
Sarvaz	Fully	17	eaux souterraines	étude de faisabilité	3	électrique	670	600'000	35'000
Salentse	Saillon	31	eaux souterraines	étude de faisabilité	5	électrique	1'200	1'300'000	42'000
Ferme des Îles	Martigny	242	mixte (?)	étude préliminaire	-	-	-	-	-
Les Grands Îlots	Saillon	43	eaux souterraines	à contrôler	-	-	-	1'300'000 ⁶	-
Grand Blettay	Fully	33	eaux superficielles	réalisé	8 ¹	électrique	1'400	1'100'000	34'000
Cône de la Borgne	Sion	180	eaux superficielles	étude de faisabilité	30	électrique	7'200	5'300'000 ²	30'000
Plaine d'Ardon et de Chamoson	Ardon/Chamoson	112	eaux souterraines	en cours d'étude	18	électrique	4'320	1'200'000	11'000
Grands Glariers/Grand Botza	Charrat/Saillon	24	eaux souterraines	réalisé	4 ⁵	thermique/électrique	-	165'000	6'875
St-Léonard	St-Léonard	40	eaux souterraines	avant-projet	8	électrique	1'600	1'170'000	29'250
Sierre	Sierre	7.9	eaux souterraines	réalisé	2	électrique	300	175'000	22'000
Châtroz	Sion	40	eaux superficielles	étude de faisabilité	9	électrique	1'800	1'850'000	46'000
		Superficie totale [ha]						Coûts totaux estimés [CHF]	
		932.8						21'770'000	23'338

¹ Dont une en réserve

² Montant maximal en considérant que toutes les parcelles doivent être alimentées et avec une part de divers et imprévu de 20%. En optimisant le nombre de cannes de distribution ainsi que les réseaux d'irrigation sous pression (regroupements de parcelles de même propriétaire), des économies pourraient toutefois être réalisées.

³ + pompage de la Lizerne

⁴ Montant estimatif basé sur les projets à Riddes

⁵ En considérant les deux secteurs réunis (respectivement projets VS 7775.012 à Fully/Charrat et VS7775.013 à Charrat/Saillon)

⁶ Montant estimatif

⁷ Com. pers. de Karine Sarrasin (Silvaplus SA) du 10.12.18 et courriel du 14.12.18.

4. Besoins hydriques et impacts sur la ressource

La lutte contre le gel peut faire appel à des techniques diverses, comme le brûlage de produits fumigènes ou le brassage de l'atmosphère au moyen de puissants ventilateurs mais qui sont généralement d'application délicate, d'un coût élevé et d'efficacité réduite (Soutter et al. 2007). La lutte par aspersion se révèle beaucoup plus performante, les canons à air chaud alimentés au gaz ayant démontré leurs limites⁸ (SCA, 2015 et 2017 ; CCD SA, 2017).

4.1 Equipements

Sans considérer les situations de coteau et à l'éventuelle exception de la cerise, l'aspersion est le moyen de lutte contre le gel le plus efficace, quel que soit le type de gelée ou son intensité (jusqu'à -6°C). Cette lutte doit être collective, sous peine de provoquer de forts dégâts de gel dans les cultures voisines non irriguées et requiert beaucoup de technicité et un réseau dense de station météo. Dans la plupart des études menées (Perraudin, 1975 ; CCD, 2017), les paramètres admis pour lutter contre le gel sont: a) une pluviométrie de **40 m³/h/ha**, soit un débit 11.1 l/s/ha (valeur arrondie à 13 l/s/ha pour le projet de Riddes (BEG, 2017)) ; b) une pression minimale à la buse de **4-5 bars** et des buses d'un diamètre **4 mm**; c) une période d'intervention s'étendant environ du **15 avril au 15 mai** (dans le cas d'un prélèvement effectué dans les eaux superficielles⁹) et d) des durées d'utilisation variant de 5 à 12 heures¹⁰. Dans les projets prévoyant le forage ou le battage d'un puits, on considère qu'un puits alimente une surface de 4 à 5 ha.

4.2 Prélèvements dans les eaux superficielles

La problématique principale des trois projets entrepris sur Fully ou projetés sur Bramois et Châtroz (3.1) est le maintien de débits résiduels convenables dans les cours d'eau où sont opérés les prélèvements. Les articles 29 à 36 de la Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) du 24 janvier 1991 contiennent les bases légales pour la fixation des débits résiduels, dont les modalités reposent sur le débit d'étiage Q_{347} . Dans les projets fulliérais (géau, 2017 a et b) et sédunois (géau, 2018a et d), on a ainsi pu démontrer que les débits résiduels étaient ou seraient garantis¹¹ et que la qualité physico-chimique des eaux répondait aux besoins agricoles. La consultation des services cantonaux concernés et l'approbation des prélèvements d'eau par l'autorité compétente avant la réalisation de projet sont garants de la préservation des ressources en eau de surface.

4.3 Prélèvements dans les eaux souterraines

4.3.1 Comportement de l'aquifère du Rhône

La nappe phréatique¹² du Rhône se caractérise par (Schürch, 2000 ; Steiner, 2004 ; Schindler, 2006; Rovina + Partner AG, 2008 ; Matti et Tacher, 2009; Rey, 2012 ; Glenz et al. 2015) :

- un écoulement sans interruption de Brigue au Léman – malgré trois « étranglements » au droit des cônes de déjection de l'Ilgraben (Finges) et du St-Barthélémy (Bois Noir) ainsi que du verrou de St-Maurice – s'étendant sur une profondeur de plusieurs dizaines de mètres et avec un gradient hydraulique moyen de 1.5‰ ;
- un régime d'écoulement de type glacio-nival semblable au Rhône, avec des hautes eaux estivales et des basses eaux hivernales et des battements moyens d'un mètre diminuant avec

⁸ Sur le coteau, seules les bougies disposées en quantités suffisantes – malgré leurs coûts très élevés – permettent de sauver une partie ou l'essentiel des récoltes.

⁹ La lutte peut cependant débuter en mars (4.3.2) ; à cette période, les volumes disponibles dans la plupart des cours d'eau sont souvent moindre en raison des régimes hydrologiques (niveaux) généralement rencontrés.

¹⁰ Le dispositif d'espacement entre les arroseurs et leur vitesse de rotation sont également des paramètres importants.

¹¹ A Fully, la dérivation de 300 l/s opérée dans le canal LSF (3.1.1) n'aura qu'un effet limité sur le cours d'eau puisque le débit résiduel à l'aval de l'écluse sera supérieur à 280 l/s, débit qui pourra être contrôlé visuellement ; à Châtroz, les prélèvements envisagés sur la Morge par le biais d'une nouvelle prise du bisse respecteraient un débit résiduel de 138.8 l/s, les débits transitant dans la rivière durant la période de lutte contre le gel s'élevant entre 750 et 2'500 l/s (GAP-VS, 2007) ; enfin, une augmentation des débits restitués dans la Meunière de Bramois n'entrerait pas en conflit avec les bases légales relatives à la protection des eaux puisque le débit résiduel maintenu dans la Borgne sera théoriquement de 904 l/s.

¹² Ce terme désigne les eaux souterraines peu profondes et généralement libres, accessibles aux puits habituels.

la distance du Rhône¹³ ;

- des conductivités hydrauliques variant selon les lithofaciès, entre 10^{-3} et 10^{-5} m/s, avec une perméabilité d'interstices élevée pouvant contenir 150 l/m^3 à saturation ;
- une recharge s'effectuant surtout par les infiltrations « permanentes¹⁴ » du Rhône (de l'ordre de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ à Sion par exemple), puis par l'apport des versants et enfin l'infiltration directe des précipitations (Figure 7), qui joue(nt) un rôle secondaire par rapport à la contribution du fleuve mais représentent tout de même le tiers du flux hydrique entrant dans l'aquifère.

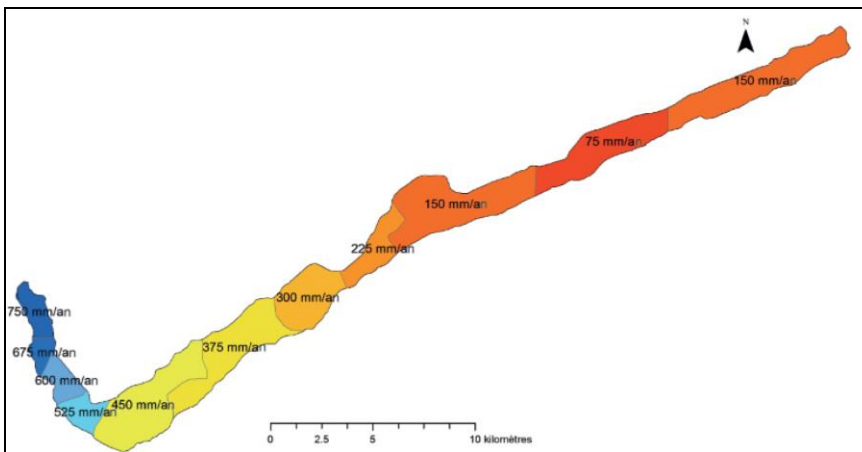


Figure 7 Carte des précipitations moyennes annuelles nettes. Elles sont estimées par la différence entre les précipitations annuelles moyennes et la moyenne annuelle d'évaporation réelle. Source : Glenz et al. (2015).

Enfin, il convient de relever que la détermination du potentiel d'un aquifère, au sein de la nappe, revient à caractériser divers paramètres hydrauliques (teneur en eau et saturation, porosité totale et porosité efficace, perméabilité et vitesses d'écoulement horizontal et/ou vertical) pour savoir si la ressource en eau est exploitable ou non. Le cône de rabattement se formant autour d'un puits de captage () est déterminé non seulement par le débit prélevé, mais aussi par la perméabilité de l'aquifère et le gradient naturel de la nappe, dépendant notamment de sa position par rapport au Rhône.

A Tschüdagna (Salgesch) par exemple, où les alluvions présentent une grande conductivité hydraulique, l'implantation d'un puits d'eau potable soutirant $600 \text{ m}^3/\text{h}$ en continu est compensé à 95% par les apports du Rhône et n'induit qu'un rabattement (stabilisé) de l'ordre du mètre (Terre+, 2014 ; Alpgéo, 2016).

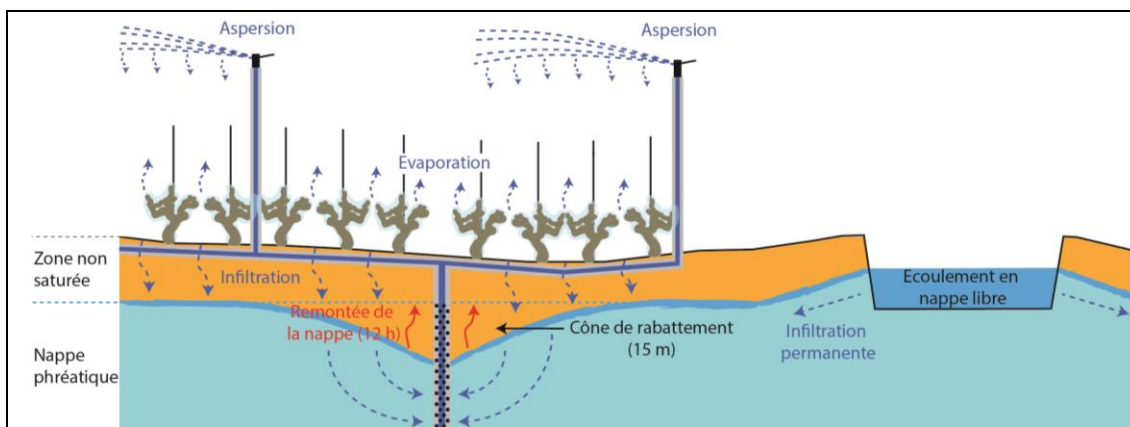


Figure 8 Schéma de fonctionnement théorique de la nappe du Rhône en période de lutte contre le gel. Exemple pour un rabattement maximal de la nappe (pompage de 12 heures consécutives pendant 10 jours, pour 8 pompes de $3'000 \text{ l/min}$ (Tissières, 2018b)) atteignant environ 15 mètres. Une fois les pompes arrêtées, le niveau d'eau remonte presque aussi rapidement qu'il a diminué, en l'espace d'une douzaine d'heures.

¹³ S'ils demeurent souvent inférieurs à un mètre, ils peuvent localement atteindre deux mètres et sont en général plus élevés à proximité du Rhône et synchrones avec le comportement du fleuve ; à proximité des versants, des battements élevés sont localement mesurés, probablement sous l'effet de zones d'alimentation souterraine. Enfin, à proximité des canaux drainant la nappe, les battements sont plus faibles.

¹⁴ L'étude des échanges entre le Rhône et son aquifère – de quatre types (infiltration percolative, permanente, libre et exfiltration) – indique que sur la majeure partie du linéaire, le niveau des eaux souterraines se situe en dessous de la ligne du fleuve mais au-dessus du lit du fleuve (infiltration permanente) en raison des pompages rabattant la surface piézométrique.

4.3.2 Impact global sur la ressource

Malgré la forte variabilité locale des propriétés physiques et hydrauliques de la nappe, l'impact sur la ressource souterraine a été évalué à plusieurs échelles et aboutit aux constats suivants (Figure 9) :

- à l'échelle **journalière** en considérant dix heures d'aspersion sur 1'350 hectares¹⁵, la lutte contre le gel s'élèverait à 540'000 m³, soit un volume 20 fois plus élevé que les prélèvements journaliers moyens opérés dans la nappe phréatique pour l'eau potable et l'industrie (25'000 m³) (Glenz et al. 2015) ;
- à l'échelle **annuelle**, la lutte contre le gel – cinq à 10 jours consécutifs à raison d'une dizaine d'heures journalières pour un événement exceptionnel¹⁶ – prélèverait entre 2.7 et 5.4 mios de mètres cube, soit 25 à 50% des prélèvements annuels opérés par l'industrie et l'eau potable (9.12 mios de m³) mais trois à six fois les prélèvements de l'irrigation (839'500 m³) ;
- à l'échelle d'un **tranchet** perpendiculaire de la plaine du Rhône le long duquel les 1'350 hectares seraient – de façon irréaliste – concentrés dans une bande de 200 mètres, le volume à disposition (environ 10 mios de m³) suffirait à lutter contre le gel durant dix jours (5.4 mios de m³) et les apports continus du Rhône – que l'on peut estimer à 10'000 m³/h – compenseraient les volumes prélevés en l'espace de douze jours après la fin de la lutte ;
- à l'échelle de la **nappe phréatique** du Rhône entre Sierre et Martigny enfin, le prélèvement opéré pour la lutte contre le gel ne représenterait que 0.2 à 0.3 % d'un stock d'eau disponible s'élevant à 2.12 milliard de mètres cubes¹⁷.

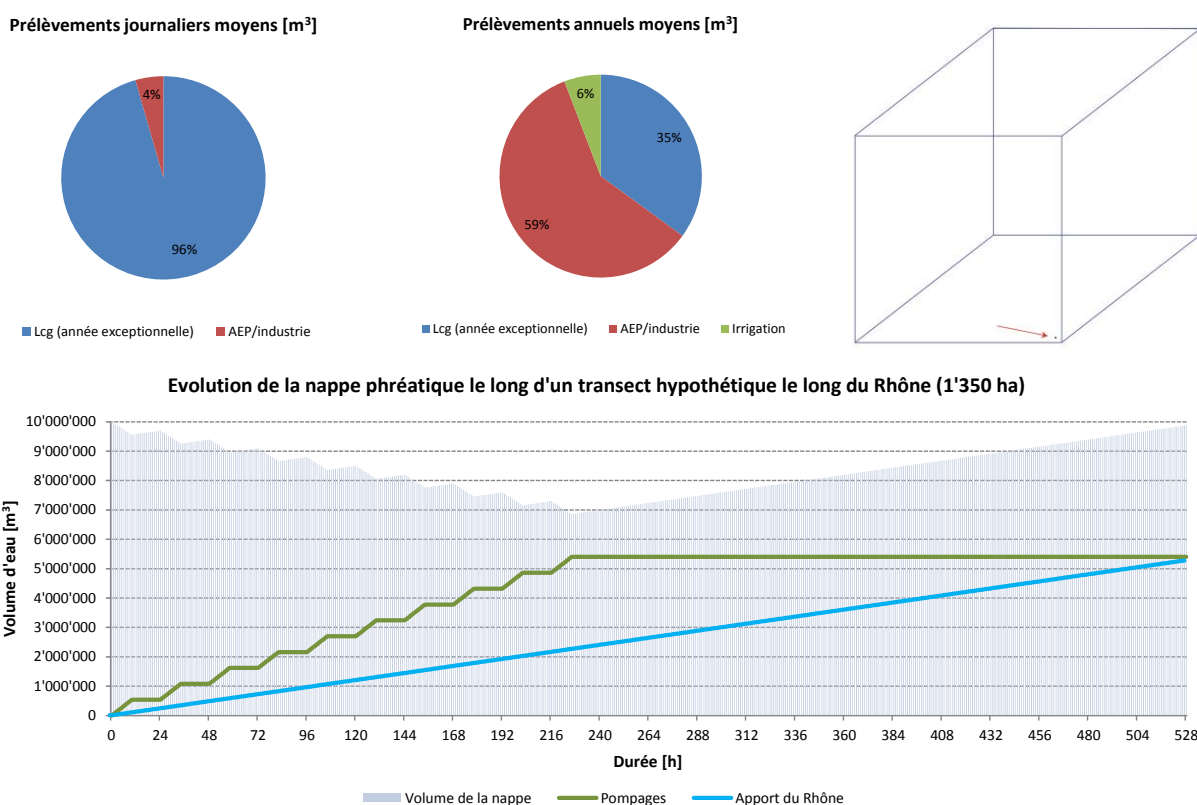


Figure 9 Illustrations graphiques des prélèvements journaliers moyens et annuels, proportion du prélèvement pour la lutte contre le gel (lcg) par rapport au volume de la nappe et évolution du stock d'eau disponible le long d'un transect.

¹⁵ Superficie obtenue en « supprimant » les 250 hectares alimentés exclusivement par des prélèvements opérés dans des eaux superficielles.

¹⁶ Des événements de gel durant le stade « fruit » n'ont en effet été recensés qu'en 1938, 1957, 1974, 1991 (dernière décade d'avril durant les nuits du 21 au 24), 1993, 1997 (dernière décade durant les nuits du 20 au 23), 2003 (première décade durant les nuits du 7 au 8), 2015 (du 5 au 8), 2016 et 2017 (gelé noire durant quatre nuits consécutives) et entre le départ de végétation et la fleur qu'en 1998 (nuits du 22 au 26.03), 2000 (nuit du 30 au 31.03) et 2002 (nuits du 24 au 25.03 et du 27 au 28.03).

¹⁷ En considérant une long. de 53 km, une largeur (de la plaine) de 4 km, une porosité de 0.25 resp. 0.2 et une prof. de 40 m.

Ces estimations, aussi simples soient-elles, ne tiennent cependant pas compte de l'importante **ré-infiltration et percolation** (1) des eaux et des **besoins phytologiques** (2) des cultures :

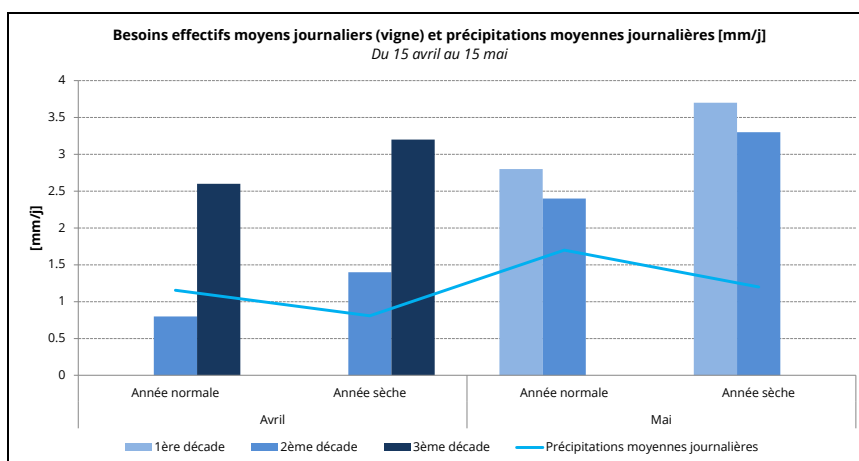
- 1) si une faible quantité s'évapore lors du processus de transformation calorifique¹⁸, l'évaporation de l'eau expulsée par les buses n'est de l'ordre que de quelques pourcents durant la période de gel (Hendawi, 2006) alors que la demande évaporative est considérée comme nulle durant la nuit (Soutter et al. 2007 ; Musy et Higy, 2013) ; les sols silteux à sableux de la plaine du Rhône – sans considérer d'éventuelles compac-tions liées à l'usage de machines lourdes – présentent par ailleurs des capacités d'infiltration de 4 à 50 mm/h permettant théoriquement d'absorber une colonne d'eau d'environ 4 mm/h (Figure 10);

Figure 10 Taux d'infiltration compilés pour différents types de sols. Dans les secteurs où les sols présentent des capacités d'infiltration inférieures à 4 mm/h, des fossés d'infiltration pourraient être envisagés.

Type de sol	Capacité d'infiltration [mm/h]				
	Ferguson (1994)	Gray (1972)	Soutter et al. 2007	FAO (1994)	Boralit (2018)
sable	105	7.5 à 25	25 à 50	50 (25 à 250)	> 30
sable limoneux	30.5				
limon sablonneux	13	2.5 à 12	15 à 25	25 (15 à 75)	20 à 30
limon	6.5			12.5 (8 à 20)	10 à 20
limon silteux	3.4				
limon argilo-sablonneux	2.2	1.2 à 5	3 à 4		
limon argileux	1.2			8 (2.5 à 5)	5 à 10
limon argilo-silteux	0.75				
argile sablonneuse	0.6	0.5			
argile silteuse	0.45				
argile	0.3			5 (1 à 15)	1 à 5

- 2) la consommation d'eau, qui varie en fonction du type de plantes, est déterminée à partir du coefficient cultural (kc), rapport entre l'évapotranspiration de la culture et l'évapotranspiration potentielle (Allen et al. 1998) ; le kc varie en fonction des étapes de croissance de la végétation, ainsi pendant la période de lutte contre le gel, l'évapotranspiration est moins importante que durant l'été et le kc est à sa valeur minimale (Figure 11), inférieure au besoin d'irrigation en période estivale.

Figure 11 Besoins journaliers des plantes et précipitations journalières moyennes (15 avril – 15 mai).



4.3.2.1 Impact sectoriel

A une échelle plus locale, une synthèse des études hydrogéologiques menées dans les différents projets présentés ici (p. ex. BEG, 2017; CCD, 2017 ; Tissières SA, 2017a et b et 2018a et b; iDEALP, 2018a et b) indique que le rabattement causé par les prélèvements n'induiront aucun risque de tassement, le rabattement étant généralement inférieur au battement moyen et le prélèvement s'effectuant sur des courtes durées limitées :

- à Charrat, les rabattements induits par l'utilisation des pompes placées à l'intérieur des puits seront inférieurs aux variations saisonnières de la nappe (Tissières SA, 2018a) ;
- aux Grandes Maraîches (16 ha), les rabattements de la nappe seront minimes et inférieurs

¹⁸ La congélation d'un gramme d'eau produit 80 calories (dont une partie est utilisée par la plante).

aux variations naturelles saisonnières (Tissières, 2017a) ;

- dans le vignoble du Botza (72 ha), où un aquifère potentiellement exploitable a été identifié entre 15/27 m et 29/44 m, la modélisation d'un système de 10 puits montre la disponibilité en suffisance de l'eau, avec des rabattements acceptables ; le projet se poursuivra toutefois par un forage de reconnaissance, l'aménagement d'un premier puits et des essais de pompage avec observation des rabattements dans les forages alentours afin de valider les hypothèses hydrogéologiques ;
- à Sierre, le débit pompé aura un impact restreint sur la nappe correspondant à un abaissement d'environ 3.5 m au droit des deux puits pendant leur mise en service et d'environ 25 cm seulement à 130 m de ces derniers ;
- aux Barères et au Brésil (14.4 ha), les deux puits projetés sur chaque secteur, qui seront respectivement distants d'environ 350 et 255 mètres, ne produiront pas d'interférence hydraulique au moment de leur fonction puisque leurs rayons d'action respectifs s'élèvent à 320 et 255 m (BEG, 2017).

5. Stratégies cantonales mises en œuvre

L'octroi du crédit-cadre s'accompagne d'une série de mesures et directives émises par les autorités compétentes cantonales, dont les principales sont présentées ci-après.

5.1 Inventaire des puits agricoles

Depuis deux ans, le SCA et le SEN ont inventorié près de 2'000 puits agricoles implantés dans la plaine du Rhône (Figure 12) en récoltant également, dans la mesure du possible, les informations relatives au type de puits (battu ou foré) et de pompe, le débit d'équipement, le propriétaire ou exploitant. Ce travail se poursuit actuellement au sein de l'OAS.

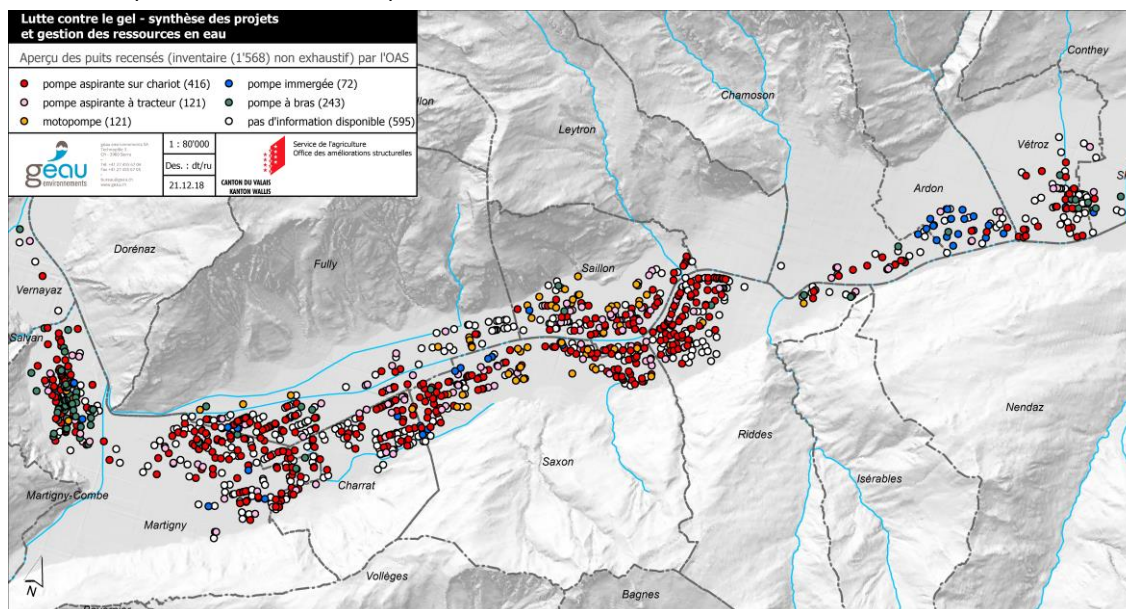


Figure 12 Aperçu du relevé des puits agricoles entrepris par l'OAS. Etat en décembre 2018. Source: CREALP.

5.2 Cahier des charges pour la réalisation des études de faisabilité hydrogéologiques et suivi des puits

Pour pallier l'urgence d'implantation de puits, le SEN (2017) a élaboré un document synthétisant les éléments qui doivent être pris en compte au niveau de l'étude de faisabilité hydrogéologique d'un projet de lutte contre le gel, soit :

- une description des caractéristiques géométriques, chimiques et physiques de l'aquifère sur la base des études géologiques et géophysiques existantes¹⁹ ;
- un recensement des éventuels sites pollués à proximité du périmètre concerné ;
- un pré-dimensionnement du puits en fonction du débit requis et de la surface à irriguer ;
- le calcul du rayon d'influence du puits, une analyse de l'impact dans le rayon d'influence sur des éventuels sites pollués ou installations existantes (puits de pompage existants, infrastructures ferroviaires ou (auto)routières, bâtiments etc.) ;
- la description d'éventuelles mesures de protection des eaux souterraines et de surveillance à prendre pendant les travaux de forage et en phase d'exploitation.

La planification et le suivi des forages ou battages sont systématiquement assurés par un hydrogéologue diplômé, qui réalise des essais de pompage selon les normes VSS pour confirmer le fonctionnement des puits et déterminer précisément les caractéristiques de l'aquifère. En cas de dépassement du débit d'exploitation maximal fixé par l'autorité compétente, une nouvelle demande doit être obligatoirement déposée au Service de l'environnement en indiquant les besoins et en joignant une notice attestant de la faisabilité d'une augmentation du débit d'exploitation.

¹⁹ En consultant notamment l'adresse <https://geocadast.crealp.ch/>.

Enfin, dans le cas d'une éventuelle utilisation d'eaux superficielles (p. ex. celle de meunière), on tient compte des recommandations et normes contenues dans le cahier des charges SwissGAP (2017)²⁰, demandant une évaluation visuelle de l'eau avant le prélèvement ainsi qu'une analyse annuelle estivale si l'eau provient d'un réservoir ou d'un canal. L'eau est ainsi considérée comme appropriée lorsque le nombre de colonies d'entérocoques est inférieur à 300 n/100 ml celui des *Escherichia coli* en dessous de 1'000 n/100 ml. On relèvera également que la présence de limons et argiles dans les eaux peut se révéler très problématique (bouchage des conduites ou des filtres et dépôts sur les fruits).

5.3 Suivis piézométriques

Aux côtés des données acquises lors des forages de reconnaissance ou des essais de pompage, la nappe phréatique du Rhône est étudiée depuis la fin des années 1960 (Rey, 2012). Un réseau de surveillance (Figure 13) fournit des données quantitatives et qualitatives de l'évolution des eaux souterraines (CREALP, 2018) depuis 1976. Elargi et modernisé au fil des ans, il compte aujourd'hui plus de 1'000 appareils (OFEV, 2009 ; Rey, 2012 ; CREALP, 2018) de divers types :

- près de 230 stations mesurent les paramètres de manières automatiques chaque heure, dont 130 composent le réseau de surveillance de la plaine du Rhône et une centaine sont utilisées pour les besoins des grands aménagements (p. ex. R3 ou A9) ;
- une trentaine d'appareils sont munis d'un système de télétransmission des données afin de pouvoir suivre en continu l'évolution de la nappe ;
- huit stations du module QUANT, appartenant au réseau national NAQUA, déterminent la quantité et la qualité des eaux souterraines.

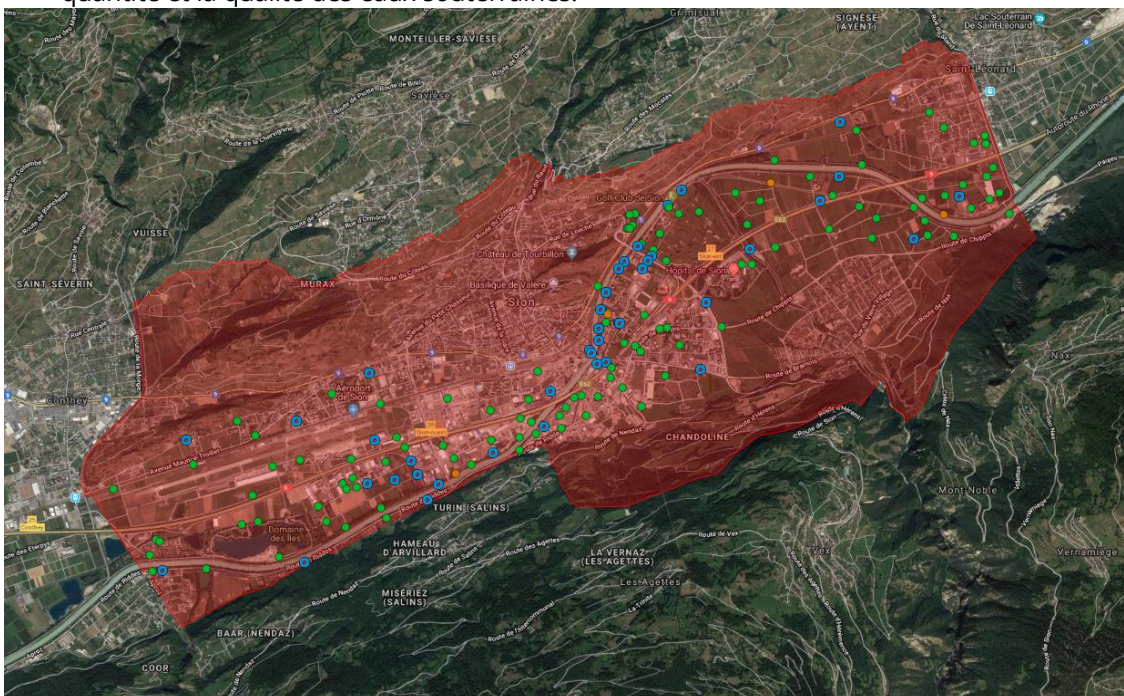


Figure 13 Aperçu du réseau de mesures opérationnel sur la commune de Sion (comprenant notamment des piézomètres avec mesures automatiques avec ou sans transmission et piézomètres avec mesures manuelles).
Source : portail Web Hydro.

Le Service de l'environnement (SEN) du canton du Valais assure la surveillance quantitative et qualitative des eaux souterraines sur le territoire cantonal. Lorsque le projet STRATES-VS sera développé, les données seront centralisées au niveau d'un système d'information hydrogéologique cantonal (SEN, 2018), auquel s'ajoute la base de données BdFor, qui centralise les données de plus de 900 forages.

²⁰ Selon le document d'application accessible sur www.swissgap.ch, lorsque des cultures sont destinées à la consommation à l'état cru et que les parties comestibles sont arrosées avec l'eau d'irrigation.

6. Bilan provisoire et perspectives

Notre analyse démontre que les projets par aspersion initiés dans le crédit-cadre contribuent à une meilleure gestion de la ressource hydrique puisque l'on assiste :

- à un **abandon progressif des puits individuels** au profit du projet commun ; c'est notamment le cas au Grand Bletay, où la station de pompage a entraîné l'abandon d'une vingtaine de puits et d'au moins 10 pompes et sur le cône de la Salentse, où une quinzaine de puits au moins devrait être abandonnés dans l'éventualité où le projet se réalise ; à Bramois, les pompes thermiques seront remplacées par des installations électriques, qui présentent de nombreux avantages en termes de fiabilité, d'entretien, de pollution de l'air et de nuisances sonores ;
- à une amélioration du **régime hydrique des sols** grâce à la mise en place de systèmes d'irrigation localisée²¹ moins hydrophages tels que le goutte à goutte, qui se combine parfaitement avec l'aspersion ;
- au renouvellement d'**infrastructures vétustes** datant pour la plupart des années 1950-70, renouvellement nécessaire pour assurer l'irrigation ;
- à l'élaboration de **règlements d'utilisation** de l'eau au sein des consortages ou des syndicats agricoles, qui prévoient généralement une priorisation des surfaces à irriguer ou des tournus, et peuvent contribuer à limiter d'éventuels abus de consommation, que des **appareils de mesure** inclus dans une automatisation générale des systèmes et télétransmission des données permettent d'identifier rapidement (Figure 14) ;

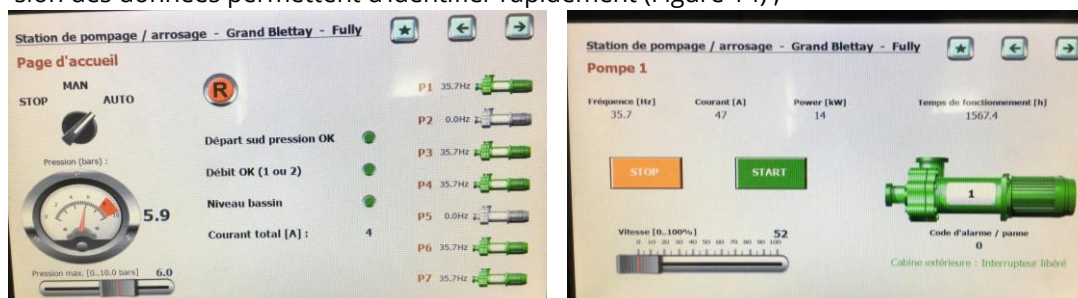


Figure 14 Aperçu des tablettes de commande et de suivi du système du Grand Bletay.

Dans certains secteurs ne présentant pas d'aquifère exploitable à des coûts raisonnables, l'utilisation d'effluents de STEP présentant une bonne qualité physico-chimique pourrait être envisagée. Pour les STEPs qui seraient soumises à la nouvelle législation concernant le traitement des micropolluants, la qualité de l'effluent permettrait de le réutiliser comme eau d'irrigation.

²¹ Dont fait partie la micro-irrigation par exemple.

7. Synthèse et conclusion

Cette étude a présenté l'état d'avancement des projets initiés dans le crédit-cadre des mesures de lutte contre le gel, qui envisage d'équiper ou de moderniser, à court terme, 1'600 hectares de terrains agricoles – pour un montant total de 48 millions de francs dont 35.2 seront subventionnés par des aides publiques – ainsi que les impacts sur la ressource hydrologique et la stratégie de mise en œuvre du canton. Il ressort de notre analyse :

- plus d'une **quinzaine de demandes collectives** ont, à ce jour, été déposées auprès de l'OAS, totalisant un périmètre de 920 hectares, dont 250 concernent des prélèvements dans les eaux superficielles, où les bases légales relatives à la protection des eaux seront respectées ;
- que les projets concernent la **réfection et l'amélioration** (suppression, renouvellement, remplacement, construction) de **réseaux d'irrigation** – permettant de lutter contre le gel – **existants** qui n'induisent souvent pas de prélèvement supplémentaire au niveau de l'irrigation ; au contraire, les projets visent l'économie de la ressource hydrique puisque les changements interviennent au niveau des sources d'approvisionnement en eau (pour les systèmes d'irrigation localisés, besoin d'eaux de bonne qualité comme celle de la nappe en comparaison aux cours d'eau torrentiels) et au niveau de la gestion de l'aspersion (les équipements nécessaires pour la lutter contre le gel offrent une plus grande souplesse avec la possibilité d'irriguer toute une surface simultanément ou par tours d'eau) ;
- que si l'**impact** temporaire sur la ressource en eau souterraine est important au regard des prélèvements journaliers moyens opérés par l'industrie par exemple, les prélèvements opérés simultanément sur 1'350 hectares ne correspondront qu'à 0.3% environ du volume d'eau à disposition entre Sierre et Martigny ;
- que les **stratégies cantonales** mises en œuvre (inventaire des puits agricoles, cahier des charges pour les études de faisabilité et suivis piézométriques) permettent d'aboutir à des projets cohérents en termes de disponibilité des ressources, de rabattement ou d'impact environnemental ;
- que par l'abandon de nombreuses installations mobiles (pour la plupart thermiques), la création de consortages ou de syndicats et l'élaboration de règlements d'utilisation de l'eau, le développement de systèmes par aspersion contribue clairement à une meilleure **gestion des ressources hydriques** ainsi qu'une rationalisation de ces dernières ; ceci est d'autant plus vrai qu'un couplage avec des techniques plus économes en eau (comme le goutte-à-goutte) sont mises en place ou encouragées, malgré des coûts encore rédhibitoires ;
- qu'un **suivi et la connaissance des réseaux** ainsi qu'une revalorisation des données offriront un monitoring plus fiable de la ressource en eau, au même titre qu'une vision d'ensemble.

Enfin, on relèvera que les projets en cours (et ceux à venir sur les 700 hectares restants) répondent aux principes n°1, 2 et 3 de la fiche de coordination A.1 (zones agricoles) du Plan Directeur cantonal, aux principes n°1 et 4 de la fiche A.4 (améliorations structurelles) ainsi qu'aux principes n°1 des fiches A.2 (surfaces d'assolement) et A.3 (vignes), au même titre que les équipements et leur fonctionnement.

Les projets sont par ailleurs conformes aux principes de la fiche E.1 (gestion de l'eau (5.5.4)) ainsi qu'aux mesures de la « Stratégie Eau » du canton du Valais concernant la ligne directrice G (approvisionnement de l'économie) relatives à l'optimisation de la disponibilité et de l'utilisation de l'eau dans l'agriculture (BHP, 2013), qui se poursuivra notamment par l'élaboration d'une carte des zones cultivées renseignant sur la capacité de rétention en eau des sols et sur leur adéquation à l'irrigation.

Sierre, le 4 février 2019 / géau environnements SA / David Theler



8. Références

- Agroscope Changins-Wädenswil ACW (2010). *Irrigation des arbres fruitiers*, 27 p.
- Allen R.G. et al (1998). *Les besoins en eau des cultures*, Traité d'irrigation, Paris, 148 – 249 p.
- Alpgeo Sàrl (2016). AEP Salgesch-Sierre : Projet de puits de pompage, Tschüdanga amont, commune de Sierre et Office de construction des routes nationales (OCRN) – version provisoire, 210 p. et annexes
- Aschwanden H. et Weingartner R. (1986). *Die Ablussregimes der Schweiz*, Geologie des Schweiz-Hydrologie, n° 33.
- BEG SA (2017). Mesures de lutte contre le gel pour l'arboriculture. *Etude de faisabilité hydrogéologique pour l'exploitation de la nappe phréatique du Rhône (lieux-dits Brésil et Les Barères)*, commune de Riddes, 16 p. et annexes
- BG Ingénieurs Conseils, Stucky SA et PRONAT AG (2007). *Etude d'assainissement (selon les exigences de l'art. 80 al. 1 et 2 LEaux) et étude liée aux purges et vidanges répétitives. Borgne, Dixence, Printse*, service de l'énergie et des forces hydrauliques, 108 p. et annexes.
- BHP – Hanser und Partner AG (2013). « *Stratégie eau* » du canton du Valais. *Défis, objectifs, lignes directrices et mesures. Rapport final du « comité de pilotage Eau Valais » à l'attention du Conseil d'Etat*, Sion, 62 p.
- Boralit plastic tank solutions (2018). *Infiltration des eaux de pluie*. Consulté le 17.12.2018 sur <http://www.boralit.com/>
- Bureau d'ingénieurs et géologues Tissières SA (2017a). *Demande d'autorisation pour trois puits battus dans le cadre de la lutte contre le gel – Les Grandes Maraîches (Martigny)*, Ferme du Grand-St-Bernard, 13 p. et annexes
- Tissières SA (2017b). *Demande d'autorisation pour trois puits battus dans le cadre de la lutte contre le gel – Secteurs Pro Pourri et de l'Île (Communes de Fully et Charrat)*, 11 p. et annexes
- Tissières SA (2018a). *Demande d'autorisation pour deux puits battus dans le cadre de la lutte contre le gel – Les Champys et La Pierrette (Charrat)*, Michel Bessard, 18 p. et annexes
- Tissières SA (2018b). *Lutte contre le gel par aspersion – secteur du Grand Botza (30-35 ha)*, commune d'Ardon, 7 p. et annexes
- Tissières SA (2018c). *Demande d'autorisation pour puits dans le cadre de la lutte contre le gel – Le Courvieux (Martigny)*, Jacques Dorsaz, 16 p. et annexes.
- CCD SA (2017). *Evaluation du réseau d'irrigation du vignoble de la plaine du Botza en vue d'une application de la protection contre le gel printanier par aspersion*, commune de Vétroz, 10 p.
- Charly Berthod & fils Sàrl (2017). *Forage pour puits d'irrigation parcelle 16240, Daval*, commune de Sierre, 4 p. et annexes
- Chossat J.-C. et Saugnac A.-M. (1985). Relation entre conductivité hydraulique et porosité de drainage mesurées par la méthode du puits et des piézomètres, *Sciences du sol* **3**, pp. 151-167.
- Clément R. et al. (2005). *Systèmes d'irrigation – C 5 250*, Techniques de l'ingénieur, 47 p.
- Commune de Sion (1913). *Règlement pour la police des bisses de la commune de Sion*. Imprimerie Kleindienst & Schmid, 10p.
- CREALP (2018). *Monitoring des eaux souterraines*. Disponible à l'adresse <https://www.crealp.ch/fr/> (consulté le 12.12.2018).
- Département de la mobilité, du territoire et de l'environnement (DMTE) (2018). *Bilan d'épuration des eaux usées en Valais. Année 2017*, Section protection des eaux, Sion, 96 p.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (1998). *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56*, Rome.
- FAO – Organisation des nations unie pour l'alimentation et l'agriculture (1994). *Les machines élévatoires. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage* **43**.
- FAO – Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (2008). *Manuel des techniques d'irrigation sous pression, seconde édition, Rome*, 308 p.
- Ferguson, B. (1994). *Stormwater infiltration*. Lewis Publishers, CRC Press, 288 p.
- Fisher, P. (2006). *Irrigation des fraisiers pour les protéger contre le gel – techniques efficaces*. Consulté le 14.12.18 sur http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/frosprot_straw.htm

- GAP-VS Groupement d'étude pour l'Assainissement et les Purges (2007). *Rapports d'assainissement. Bassins versants de la Morge et de la Lizerne*, Service de l'Energie et des Forces Hydrauliques, 76 p. et annexes.
- géau environnements SA (2017a). *Améliorations structurelles du Grand Blettay – système d'irrigation et de lutte contre le gel. Rapport technique (hydrologie et hydraulique)*, commune de Fully et SCA-OAS, 18 p. et cartes annexées
- géau environnements SA (2017b). *Améliorations structurelles du Grand Blettay – système d'irrigation et de lutte contre le gel. Notice d'impact sur l'environnement*, commune de Fully et SCA-OAS, 18 p.
- géau environnements SA (2018a). *Améliorations structurelles du Cône de Bramois – système d'irrigation et de lutte contre le gel. Etude de faisabilité - rapport technique (hydrologie et hydraulique)*, commune de Saillon, 35 p. et cartes annexées
- géau environnements SA (2018b). *Améliorations structurelles du cône de la Salentse (secteur A) – système d'irrigation et de lutte contre le gel. Etude de faisabilité - rapport technique (hydrologie et hydraulique)*, commune de Saillon, 12 p. et cartes annexées
- géau environnements SA (2018c). *Améliorations structurelles au Nord du Grand Blettay – système d'irrigation et de lutte contre le gel. Rapport technique (hydrologie et hydraulique)*, commune de Fully, 13 p. et cartes annexées
- géau environnements SA (2018d). *Améliorations structurelles de Châtroz – système d'irrigation et de lutte contre le gel. Rapport technique (hydrologie et hydraulique)*, commune de Sion.
- Glenz D., Renard P., Brunner P., Perrochet P., Rovina H., Vogel A. (2015). Caractérisation de l'aquifère superficiel de la plaine du Rhône entre Sierre et Evionnaz (Suisse). In E. Reynard et al. : Le Rhône, entre nature et société, *Cahiers de Vallesia* **29**, pp. 109-128.
- Granges J., Carron R. et Faiss F. (1974). La protection de l'environnement au service de l'agriculture dans la plaine de Fully, *Bulletin de la Murithienne* **91**, 87-109.
- Hendawi, M. (2006). *Etudes des pertes d'eau par évaporation et dérive sur un jet d'asperseur. France : Université de la Méditerranée, Aix-Marseille II.* 225 p.
- iDEALP (2017). *Expertise hydraulique du réseau*, commune de St-Léonard, 1 p. (carte)
- iDEALP SA (2018a). *Etude préliminaire de lutte antigél - secteur du Grand-Bochat. Rapport technique, consortage d'irrigation et de lutte antigél de la plaine d'Ardon*, 20 p. et annexes
- iDEALP SA (2018b). *Lutte par aspersion contre le gel de printemps dans le vignoble du Botza. Etude préliminaire*, commune de Vétroz, 16 p. et annexes.
- Lazarova V., Bahri A. (2004). *Water reuse for irrigation : agriculture, landscapes, and turf grass*, CRC Press, 432 p.
- Matti B. et Tacher L. (2009). Modèles couplés hydraulique/thermique de la nappe alluviale de la plaine du Rhône et modélisation de l'implantation d'un système de refroidissement eau-eau à l'hôpital cantonal de Sion (VS, Suisse), *Swiss Bull. angew. Geol.* **Vol. 14/1+2**, pp. 47-64.
- Musy A., Higy C. (2013). *Hydrologie 1 – une science de la nature*, Presses polytechniques universitaires et romandes, 314 p.
- Nicollier J. (1958). Les gelées de printemps dans le Valais central et leur apparition en 1957, *Almanach du Valais* **1958**, 54-68,
- OFEV (2009). *Résultats de l'observatoire national des eaux souterraines (NAQUA). Etat et évolution de 2004 à 2006, Etat de l'environnement* **0903**, Berne, 144 p.
- OMS – Organisation mondiale de la santé (2013). *Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excreta et des eaux ménagères*.
- Perraudin G. (1975). La lutte contre le gel, *Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture* **vol. 7**, Station fédérale de recherches agronomiques de Changins et Service romand de vulgarisation agricole, 60 p.
- Rey J.-M. (2012). Une eau précieuse : la nappe phréatique, *Météo Magazine* **10**, édition METEORISK, Sion, 32-41.
- Rovina + Partner AG (2008). Beurteilung der GW-Beeinträchtigung auf Stufe Generelles Projekt, Projet Rhone 3 (non publié).
- Schindler, A. (2006). *Etudes des relations nappe-rivière. Bassin Rhône-Méditerranée. France : Université*

de Lyon.

- Schürch M. (2000). *Détermination des paramètres hydrauliques et hydrochimiques d'un aquifère alluvial dans une vallée alpine (Valais, Suisse)*, thèse de doctorat, Université de Neuchâtel, 241 p.
- Service de l'environnement (SEN) (2018). *Protection des Eaux souterraines. Rapport d'activités 2017-2018*, Sion, 4 p.
- Service de l'environnement (SEN) (2017). *Etudes de faisabilité pour la mise en œuvre des mesures de lutte contre le gel pour l'arboriculture et viticulture valaisanne. Cahier des charges pour la réalisation des études hydrogéologiques*, Département de la mobilité, du territoire et de l'environnement, 5 p.
- Service de l'agriculture (SCA) – Office d'arboriculture et cultures maraîchères (2015). *Bilans 2015. Lutte anti-gel*, 22 p.
- Service de l'agriculture (2017). *Gestion de la lutte anti-gel par aspersion sur le domaine de Châteauneuf (20 juillet 2017)*, 21 p.
- Documents (SCA) accessibles sous https://www.vs.ch/web/sca/lutte-contre-le-gel?p_p_id=56_INSTANCE_Ru4yhNOoYwvm&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1
- Soutter M., Mermoud A., Musy A. (2007). *Ingénierie des eaux et du sol. Processus et aménagements*, Presses polytechniques universitaires et romandes, 294 p.
- Steiner R. (2004). *Untersuchungen im Pfynwald (Wallis) zu Wechselwirkungen zwischen Rhone und Grundwasser mittels Tracern und Modellrechnungen*, travail de master, ETH Zürich.
- Terreplus Sàrl (2014). *Puits de pompage de Tschüdanga amont. Modélisation hydrogéologique. Rapport n°2014-78*, Alpgéo Sàrl, 14 p.
- Terreplus Sàrl (2017). *Projet d'implantation de puits en bordure de la Lizerne*, Tissières SA, 21 p. et annexes

Lutte contre le gel - synthèse des projets et gestion des ressources en eau

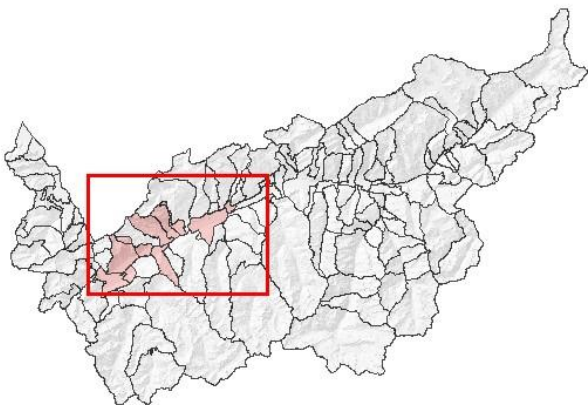
Aperçu des projets réalisés ou en cours d'étude

Etat

- A l'étude ou projeté
- En cours ou réalisé
- Nécessitant un projet

Alimentation

- Eaux superficielles
- Eaux souterraines
- Mixte (?)



geau environnements SA
Technologie 3
CH - 3950 Sierre
Tél. +41 27 455 67 04
Fax +41 27 455 67 05
info@geau.ch
www.geau.ch

1 : 140'000

Des. : dt/ru

08.01.19



Service de l'agriculture
Office des améliorations structurelles

