

Maître d'ouvrage

# Etat des lieux des connaissances en vue de l'élaboration d'une stratégie de gestion de l'eau sur la Haute Chaîne du Jura



## RAPPORT FINAL



Financiers



Opération soutenue par l'État

FONDS NATIONAL  
D'AMÉNAGEMENT  
ET DE DÉVELOPPEMENT  
DU TERRITOIRE



Juillet 2025



Alpage Sorgia Dessus

Goya Catheline

Goya Gralet

Abreuvoirs Grande Grand  
Goya Pillarde

Auteurs

Olivier ERARD  
Consultant/Formateur  
indépendant Eau et adaptation  
au changement climatique



Nicolas ROMIEUX  
Ingénieur hydrologue au  
Cabinet ABEST



# Sommaire

1. Objectifs de l'étude.....	page 3
2. Principes méthodologiques.....	page 5
3. Analyse climatique.....	page 38
4. Analyse hydrologique.....	page 72
5. Conséquences sur les usages.....	page 87
6. Modélisation systémique.....	page 119
7. Points de bascule plausibles.....	page 129
8. Stratégies d'adaptation.....	page 140
9. Vers une stratégie pour la Haute Chaîne du Jura.....	page 154
10. Vers un plan d'actions.....	page 159
ANNEXES.....	page 172

# 1. Objectifs de l'étude



Roche Franche

# 1. Objectifs de l'étude

- La mission a consisté à réaliser un **diagnostic** en vue d'élaborer par la suite une stratégie de la gestion de l'eau sur la Haute Chaîne du Jura incluant un programme d'actions concret et cohérent pouvant être mis en place sur celle-ci et permettant de concilier les usages (activités agricoles, forestières et de loisirs (stations de ski, développement des activités de 4 saisons) et la préservation des milieux et de la ressource en eau sur le territoire de la Haute-Chaîne.
- Les principes méthodologiques adoptés pour cette mission sont les suivants :
  - Approche de la **complexité** et implication des **parties prenantes** : usagers de la ressource, conseillers techniques, décideurs, instances réglementaires, associations.
  - Préparation de la stratégie et des actions concrètes à partir de **travaux collectifs** et d'une **vision systémique partagée**.



## 2. Principes méthodologiques

### 2.1. Déroulé de la démarche

### 2.2. Schématisation

### 2.3. Analyse des données existantes

#### 2.3.1. Données climatologiques

#### 2.3.2. Données hydrologiques et hydrogéologiques

### 2.4. Modélisation climatique et hydrologique

### 2.5. Prospections de terrain

### 2.6. Analyse bibliographique

### 2.7. Implication et sollicitation des parties prenantes



Bâtiment Curson

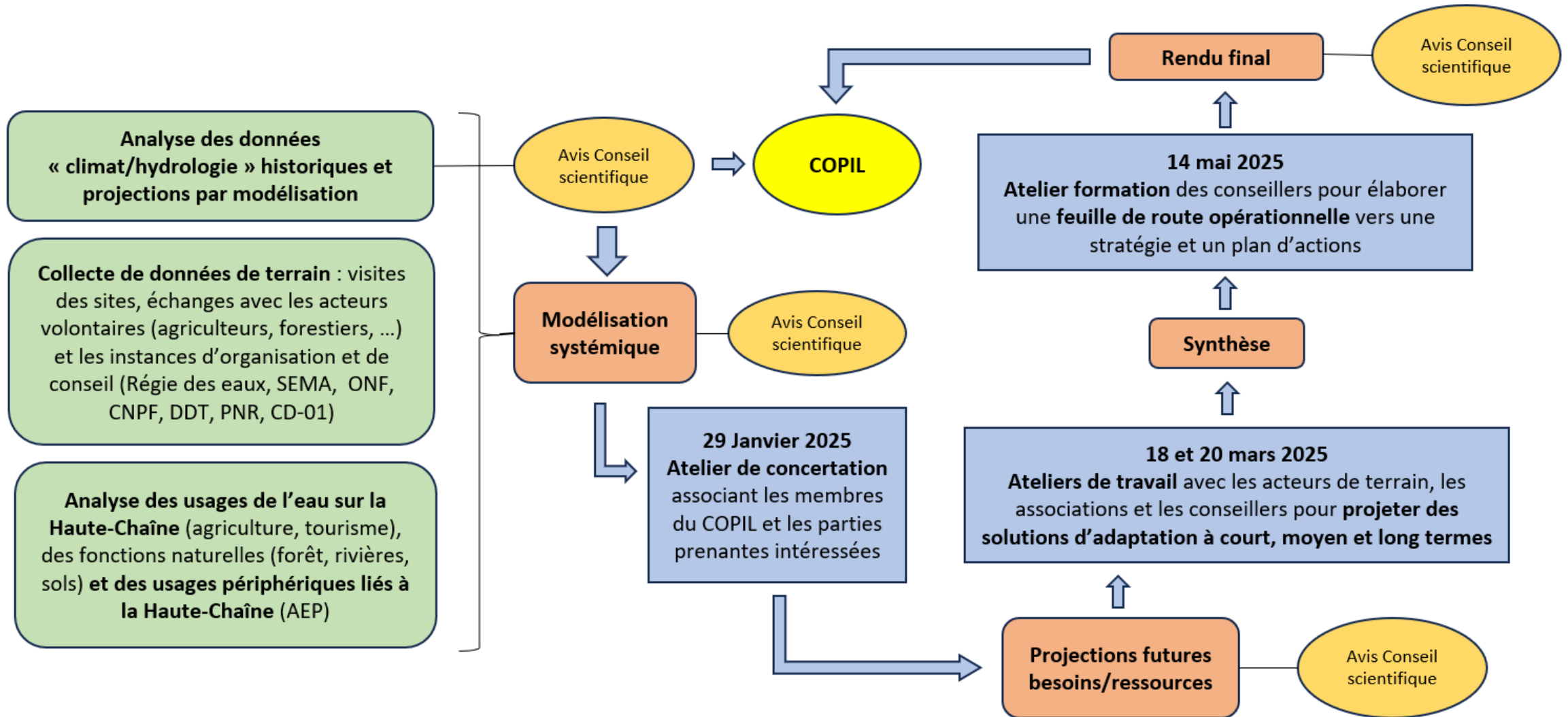
## 2.1. Déroulé de la démarche

Pour faire vivre les principes méthodologiques adoptés pour cette mission (approche de la complexité, implication des parties prenantes, préparation de la stratégie et vision systémique partagée), nous avons mené la démarche de la façon suivante :

- Collecte des données disponibles auprès du maître d'ouvrage et des membres du Comité de Pilotage (COPIIL).
- Collecte de données de terrain en allant inspecter à pied l'ensemble des alpages de la Haute Chaîne.
- Echanges avec les acteurs volontaires pour donner des informations sur leurs activités.
- Echanges avec les institutions représentant les usagers.
- Prise en compte des enjeux périphériques sur la plaine.
- Modélisation systémique.
- Atelier de concertation avec les parties prenantes pour co-construire une vision systémique de la réalité et esquisser des pistes d'actions.
- Analyse des incidences des évolutions climatiques sur les besoins.
- Elaboration de scénarios d'évolutions.
- Ateliers de projections des enjeux besoins/ressources avec les acteurs de terrain volontaires.
- Mise en synthèse des travaux et identification des points-clés.
- Parangonnage d'expériences.
- Atelier-formation avec les conseillers techniques des différentes catégories d'usagers.
- Esquisse de stratégie et de plan d'actions pour préparer la phase de travail « stratégie et plan d'actions » prévue après la présente étude.

Le schéma ci-après présente le déroulé de l'étude.

## 2.1. Déroulé de la démarche



## 2.2. Schématisation

Le réseau hydrogéologique de la Haute Chaîne du Jura est karstique, lui donnant ainsi un caractère complexe marqué.

Plusieurs études ont été réalisées depuis les années 80, afin de comprendre les mécanismes en jeu.

De nombreuses données existent donc mais aucune modélisation précise n'est possible tant le réseau est complexe.

De ce fait, pour approcher les évolutions passées et projeter les tendances futures, il est essentiel de pouvoir schématiser les éléments constitutifs de la réalité hydrogéologique de la Haute Chaîne, en faisant le minimum d'approximation. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur des données scientifiques objectives (analyse bibliographique) et sur des échanges avec les experts du conseil scientifique de la Réserve Naturelle.

- Analyse bibliographique sur la géologie et les hydrosystèmes de la Haute-Chaîne :
  - Thèse Gérard Hugot (1983) Hydrogéologie et paléomorphologie glaciaire du pays de Gex.
  - Thèse Jean-François Martinez (1986) Etude du fonctionnement d'aquifères complexes du pays de Gex.
  - Conceptualisation géologique, hydrogéologique et thermique du bassin genevois (2021).
  
- Echanges avec les experts du conseil scientifique :
  - Discussions sur les hypothèses.
  - Discussions sur les éléments clés.

## 2.2. Schématisation

### Coupes géologiques dessinées de la Haute Chaîne du Jura

Thèse de Gérard Hugot « Hydrogéologie et paléomorphologie glaciaire du pays de Gex » (1983).

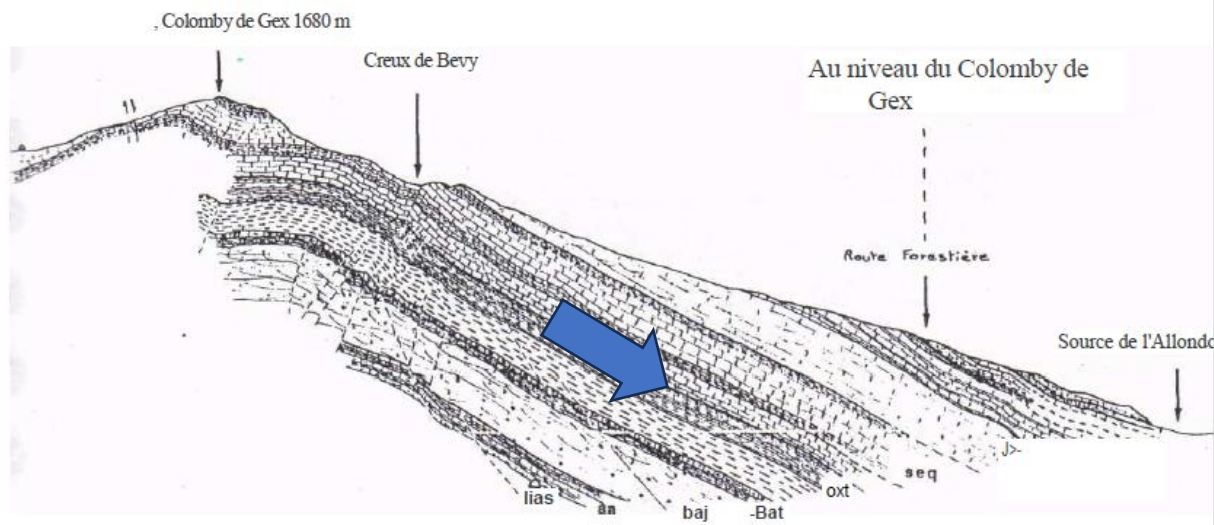
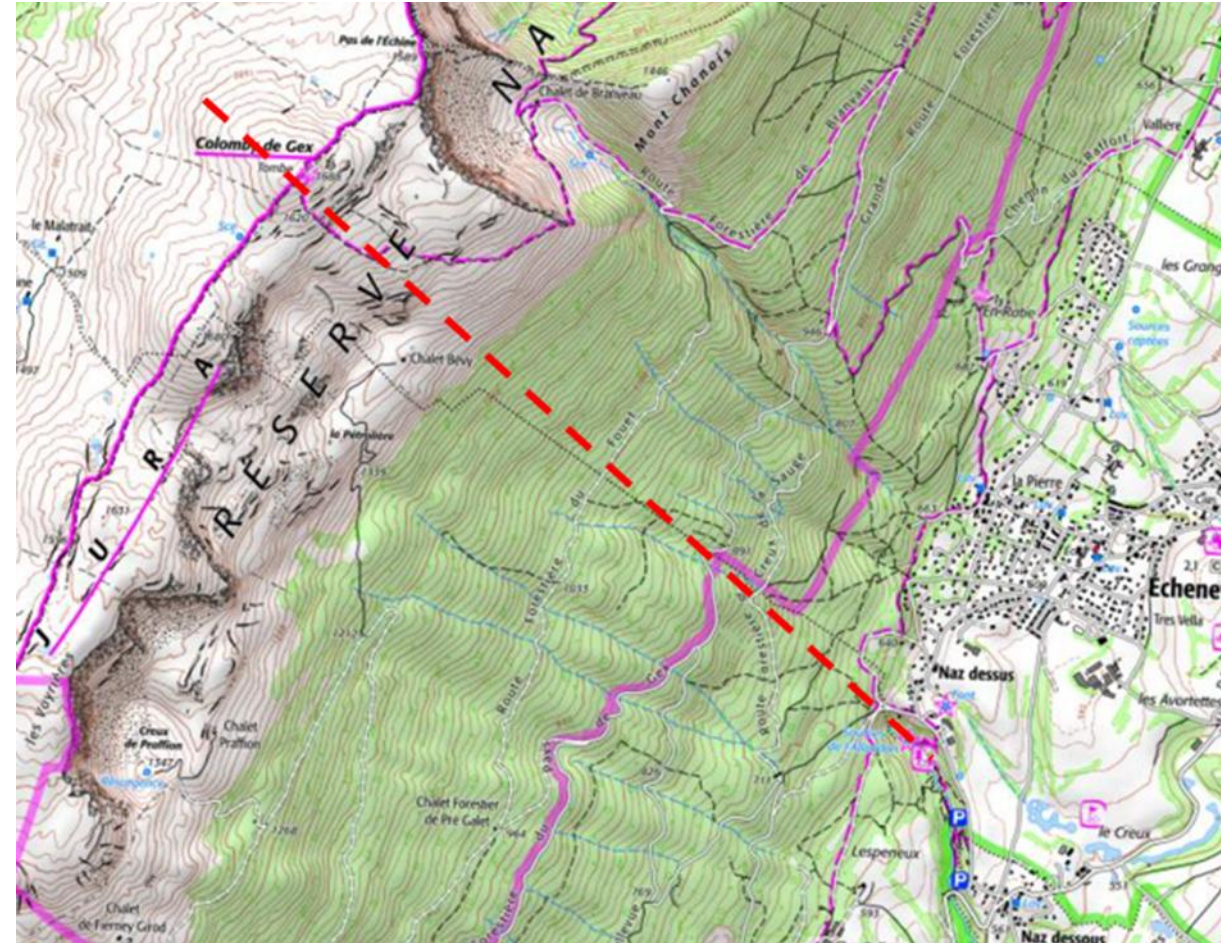


Fig. 1 - Coupe géologique au niveau du Colomby de Gex



## 2.2. Schématisation

### Coupes géologiques dessinées de la Haute Chaîne du Jura

Thèse de Gérard Hugot « Hydrogéologie et paléomorphologie glaciaire du pays de Gex » (1983).

Au niveau de la Pierre de la Lune  
(D'après SCHARDT in HUGOT, 1983)

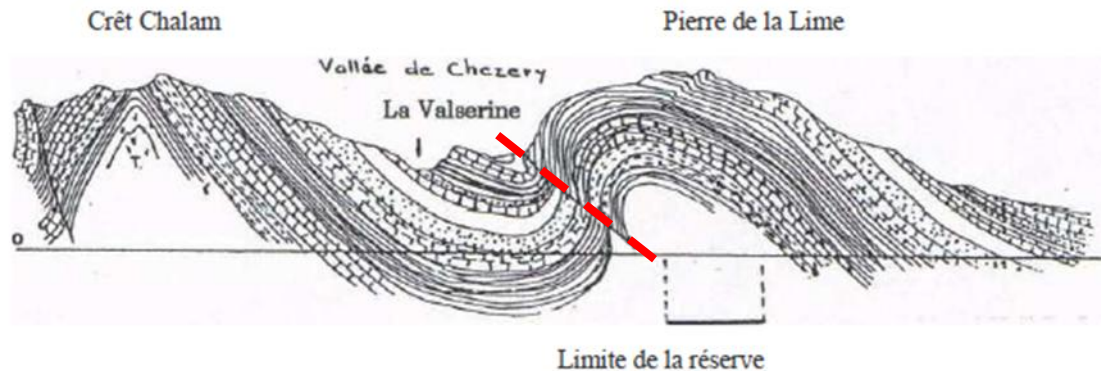


Fig. 2 - Coupe géologique au niveau de la Pierre de la Lune

Au niveau du Creux de Praffion  
(D'après SCHARDT, HUGOT, 1983)

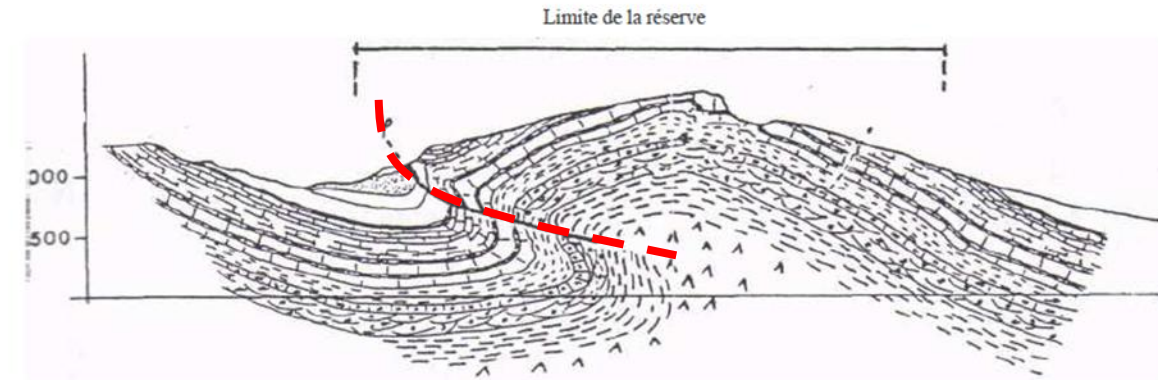


Fig. 3 - Coupe géologique au niveau du Creux de Praffion

Au niveau du Reculet  
(D'après SCHARDT in HUGOT, 1983)

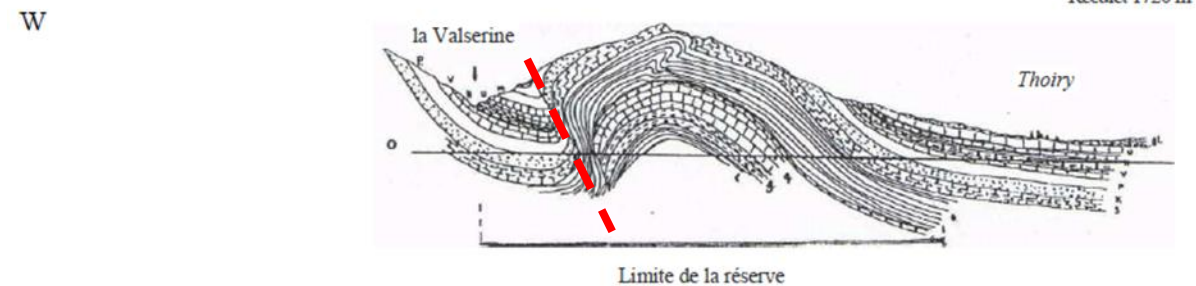


Fig. 4 - Coupe géologique au niveau du Reculet

Les différentes coupes géologiques permettent d'identifier une faille qui sépare la vallée de la Valserine du reste du massif : la Haute Chaîne présente des pendages qui alimentent la plaine de Gex.

## 2.2. Schématisation

### Coupe hydrogéologique dessinée de la Haute Chaîne du Jura

Thèse de Jean-François MARTINEZ –  
Etude du fonctionnement d'aquifères  
complexes, pays de Gex (1986).

- Identification d'écoulements rapides donnant naissance aux exurgences en pied de massif, côté plaine de Gex.
- Identification d'écoulements lents dans le karst du Jurassique supérieur (aquifère profond).

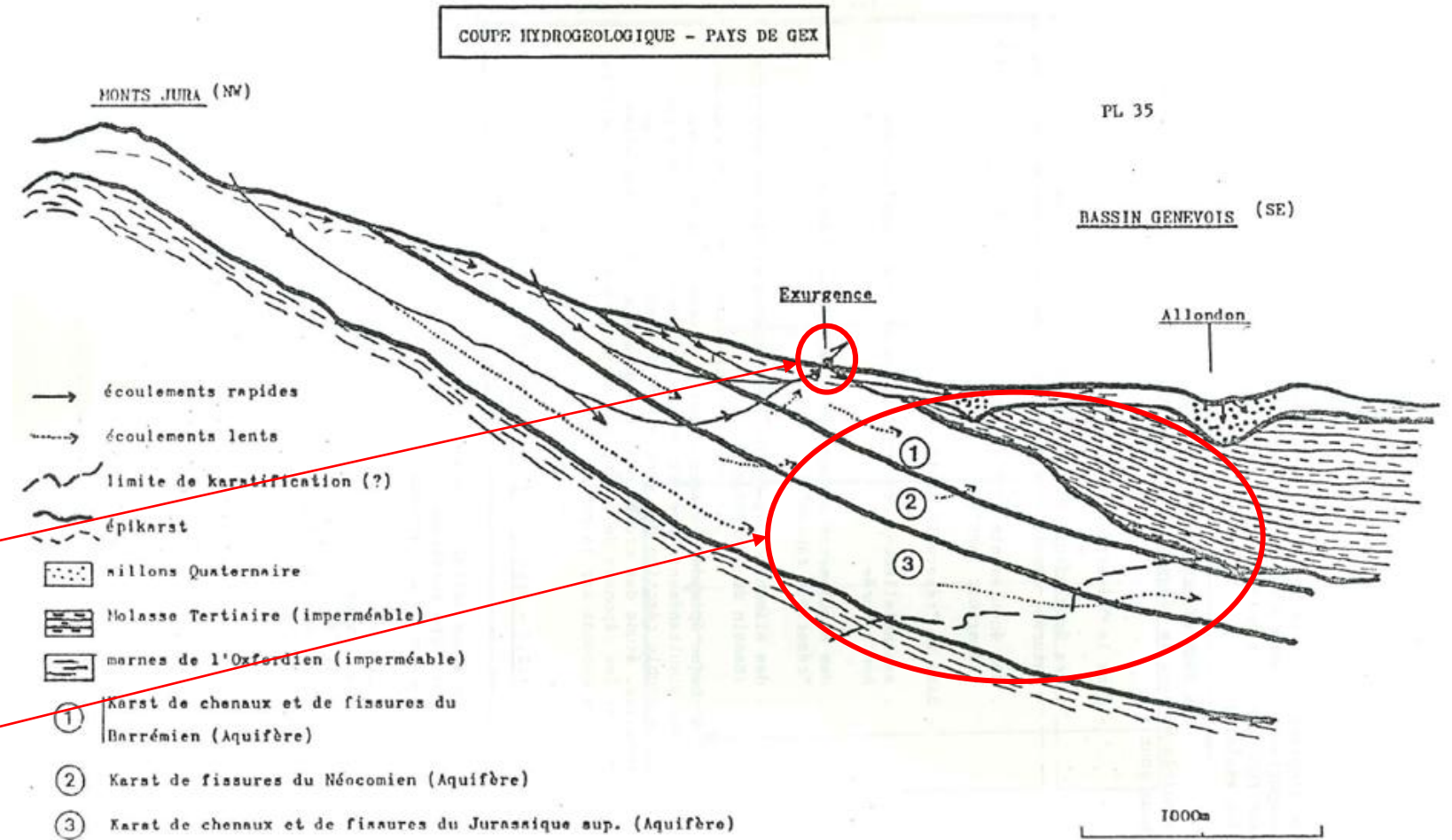


Fig. 5 - Coupe géologique simplifiée entre la Haute Chaîne et la Plaine de Gex

## 2.2. Schématisation

### Modèle conceptuel des circulations des fluides dans le bassin genevois

L'étude commandée en 2021 par les Services Industriels de Genève pour mieux comprendre les sources karstiques au pied de la Haute-Chaîne du Jura et définir les réservoirs géothermiques dans le bassin genevois.

Identification de circulations versant Ouest pour les **exurgences** côté Valserine.

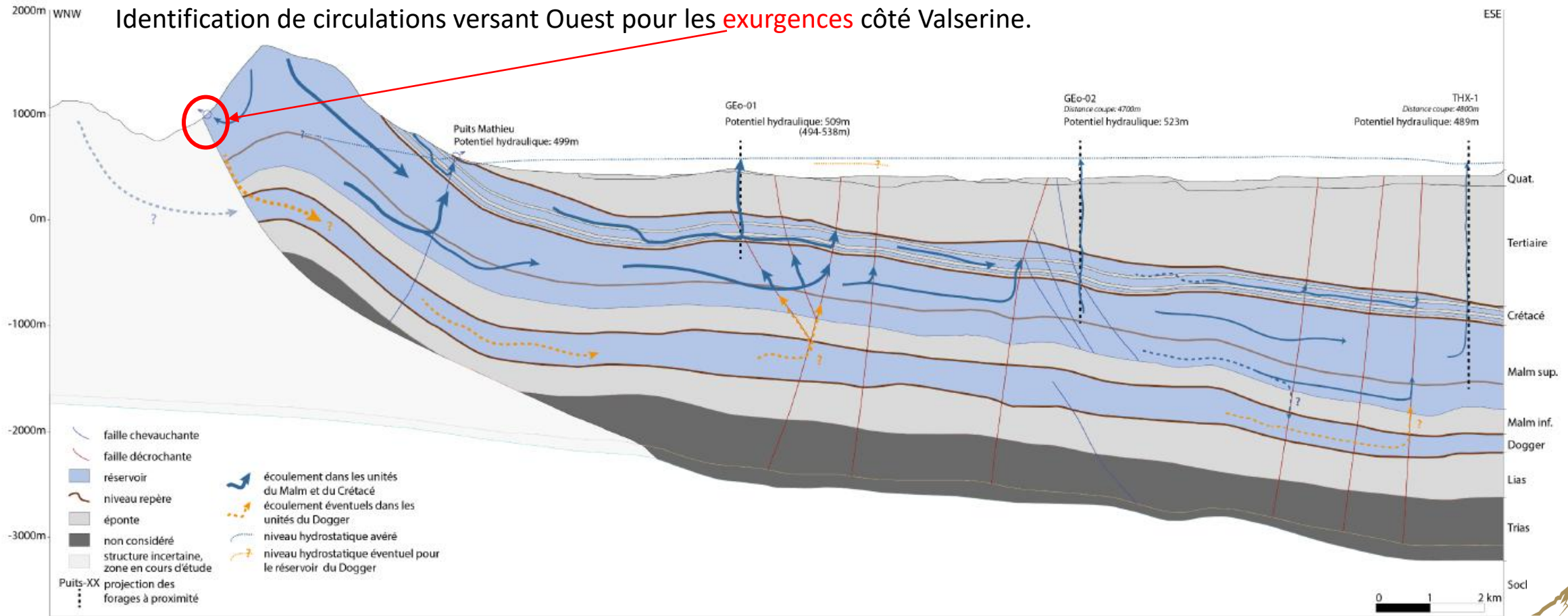


Fig. 6 – Modèle conceptuel statique et dynamique selon une coupe verticale

## 2.2. Schématisation

### Interprétation d'un épisode de crue (étude SIG – 2021)

Pour approcher différemment le fonctionnement de la recharge en provenance du Jura, une analyse plus fine d'évènements pluvieux importants lors de l'année 2019 a été réalisée. Pour cela, deux évènements en période d'étiage et non influencés par la fonte nivale ont été sélectionnés : entre le 23/07/2019 et le 04/08/2019 et entre le 16/08/2019 et le 24/08/2019.

Le tableau ci-contre détaille le calcul du bilan hydrologique sur ces deux évènements pluvieux et semblent indiquer qu'une part importante des précipitations (entre 30 et 50%), en plus de l'évapotranspiration, n'est pas ressortie par la source de l'Allondon, ce qui laisserait envisager :

- Un important réservoir avec un fort effet capacitif des formations « réservoir » en amont de la source.
- Une infiltration importante des précipitations vers le bassin genevois.

Ce travail préliminaire d'estimation des volumes d'eau potentiellement « infiltrables » dans le bassin genevois est soumis à plusieurs incertitudes qui rendent l'évaluation très aléatoire et indique des valeurs pouvant être comprises pour le bassin genevois entre – 11,6 millions de m<sup>3</sup> et +22,2 millions de m<sup>3</sup> d'eau potentiellement « infiltrable » en 2019. Si une valeur moyenne était considérée pour l'ensemble de ces paramètres incertains, **le volume d'eau potentiellement « infiltrable » dans le bassin genevois pour l'année 2019 serait d'environ 10 millions de m<sup>3</sup>.**

Paramètres	Min	Max	Unité
Superficie du bassin de l'Allondon	16 000 000	18 000 000	m <sup>2</sup>
Pluie cumulée entre le 23/07 et le 04/08 sur la station de Montoisey	65,6		mm
Volume de pluie entre le 23/07 et le 04/08 sur le bassin de l'Allondon	1 049 600	1 180 800	m <sup>3</sup>
Coefficient d'infiltration	50%	70%	mm
Volume sortant par l'Allondon entre le 23/07 et le 04/08	129 355,2		m <sup>3</sup>
Volume d'eau potentiellement infiltré entre le 23/07 et le 04/08	395 445	697 205	m <sup>3</sup>
Paramètres	Min	Max	Unité
Superficie du bassin de l'Allondon	16 000 000	18 000 000	m <sup>2</sup>
Pluie cumulée entre le 16/08 et le 24/08 sur la station de Montoisey	30,0		mm
Volume de pluie entre le 16/08 et le 24/08 sur le bassin de l'Allondon	480 320	540 360	m <sup>3</sup>
Coefficient d'infiltration	50%	70%	mm
Volume sortant par l'Allondon entre le 16/08 et le 24/08	83 268,0		m <sup>3</sup>
Volume d'eau potentiellement infiltré entre le 16/08 et le 24/08	156 892	294 984	m <sup>3</sup>

Fig. 7 – Calcul du bilan hydrologique pour deux épisodes de crues en période d'étiage sur la source de l'Allondon

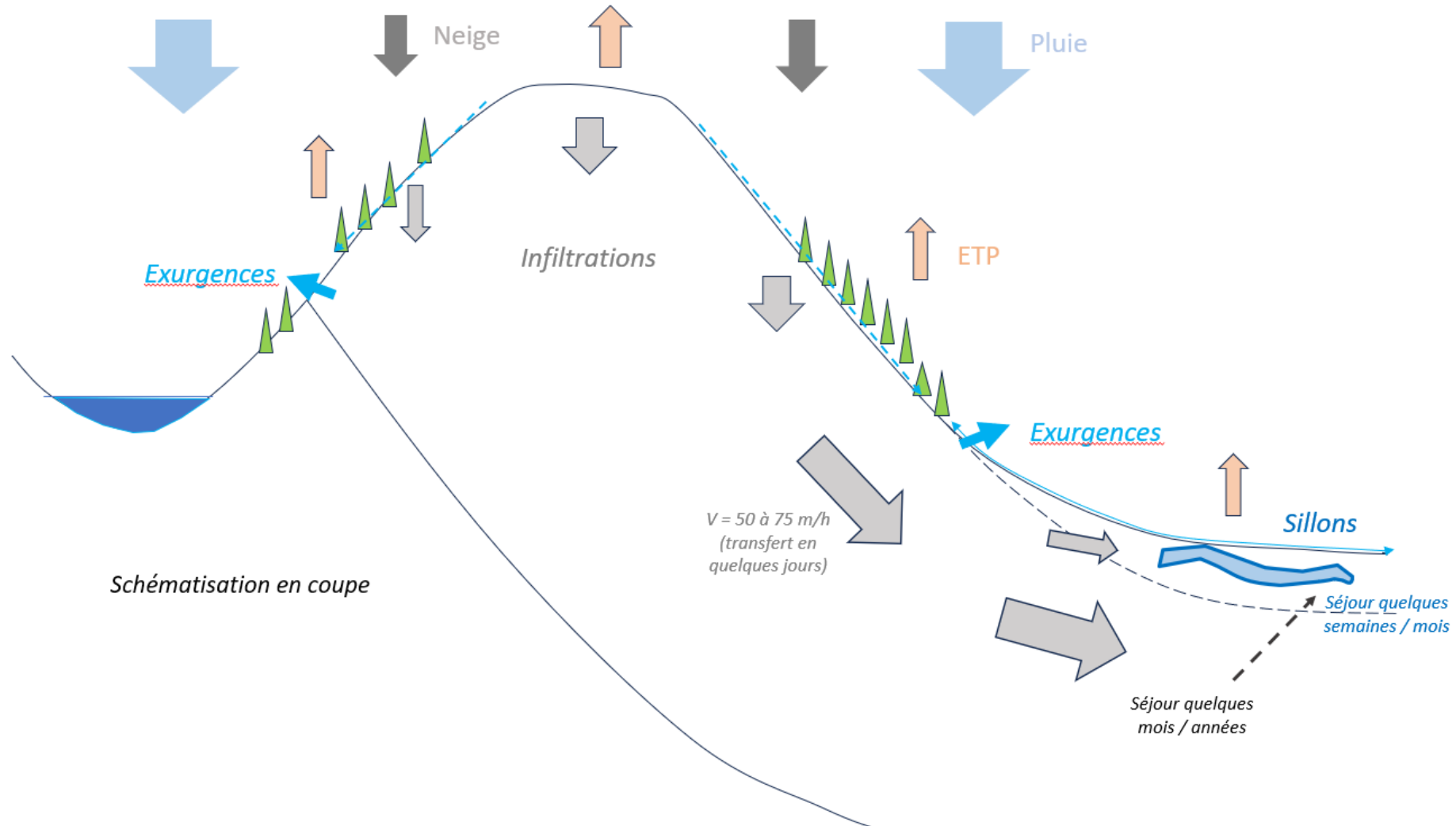
## 2.2. Schématisation

### Synthèse du modèle conceptuel et dynamique (Etude SIG – 2021)

- L'analyse des séries temporelles de conductivité et de température indique des temps de résidence relativement courts et des circulations peu profondes entre les précipitations et les sources étudiées.
- Les analyses corrélatoires et spectrales mentionnent que les formations carbonatées karstiques composant **la zone de recharge de la Haute-Chaîne seraient composées d'un système inertiel avec une fonction capacitive importante.**
- L'interprétation des traçages et de la cartographie structurale effectuée sur la Haute-Chaîne du Jura a permis de proposer des périmètres d'alimentation sur la source de l'Allondon.
- L'estimation des volumes d'eau potentiellement « infiltrables » dans le bassin genevois est complexe en raison des nombreuses incertitudes associées aux paramètres permettant de les calculer (superficie des bassins versants, pluviométrie, infiltration efficace).
- L'étude de deux évènements de crues en période d'étiage indiquerait un fort effet capacitif des formations « réservoirs » en amont de la source de l'Allondon et une infiltration non négligeable des précipitations vers le bassin genevois.
- De fortes incertitudes existent sur la quantité d'eau transitant dans le bassin, et notamment l'estimation des flux entrants et sortants.
- Plusieurs études géochimiques menées à partir de l'analyse des isotopes du Carbone ont indiqué des temps de résidence entre 10 000 et 15 000 ans dans les aquifères profonds.
- **Les informations permettant une bonne compréhension du fonctionnement hydrodynamique du bassin Genevois sont toutefois encore très lacunaires et rien n'indique que les différents sous-bassins identifiés ne soient pas eux même en communication, localement et durant certaines périodes hydrogéologiques (hautes eaux notamment). Seule la multiplication des observations permettra de préciser ces différents éléments.**

## 2.2. Schématisation

A partir des données précédentes, une schématisation en coupe est proposée :

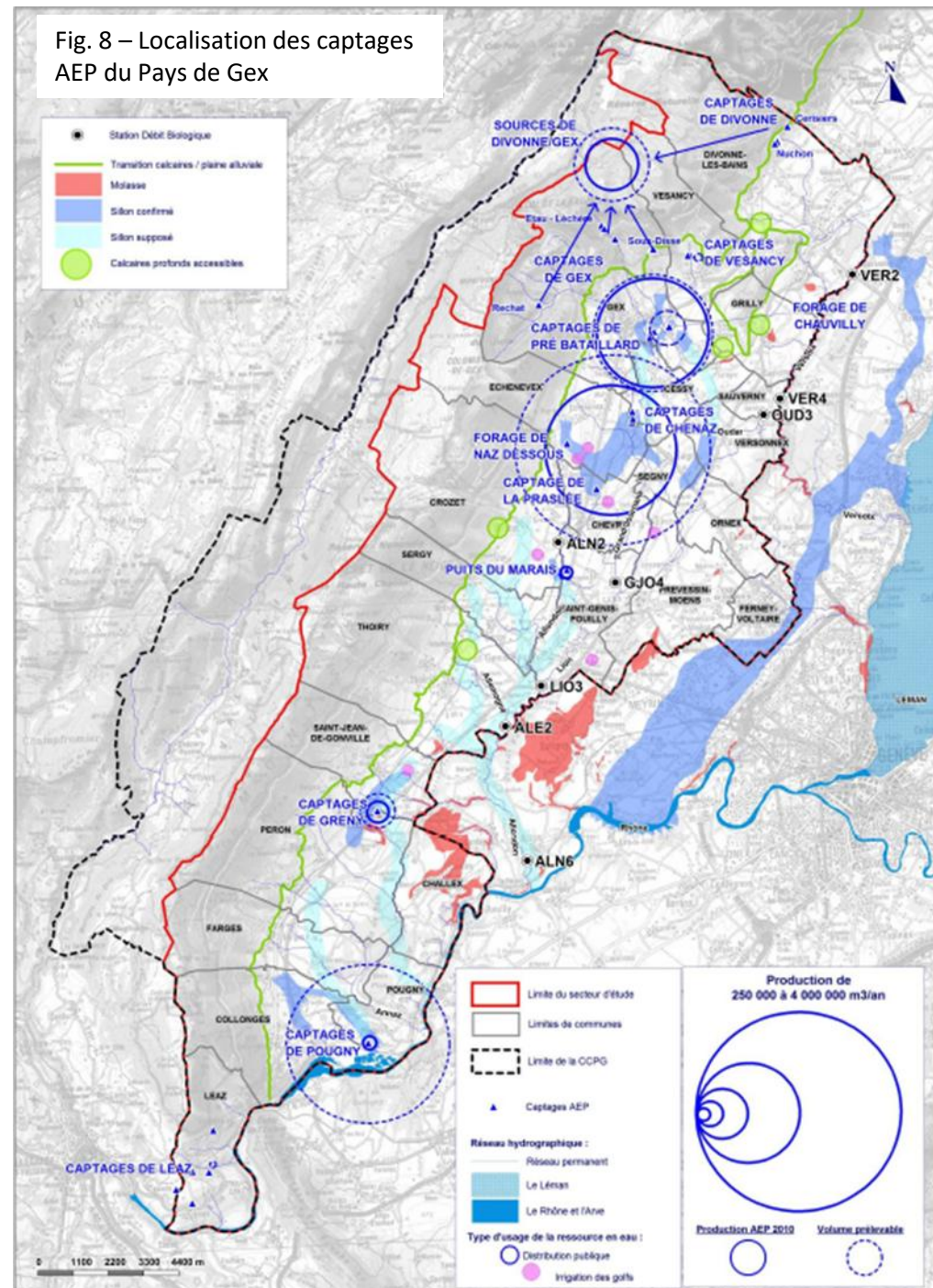


## 2.2. Schématisation

### Etude Volumes Prélevables (Hydrétudes – 2014)

- Les bassins versants sont très influencés par la géologie karstique, avec des infiltrations importantes dans les zones montagneuses.
- Le bassin de l'Allondon, le plus vaste, représente près de 50% de la superficie totale de l'étude.
- Les cours d'eau du Pays de Gex sont sensibles aux variations climatiques, notamment lors des étiages (périodes de faible débit) et des sécheresses.
- La nappe des formations fluvio-glaciaires du Pays de Gex est un élément clé pour l'alimentation en eau potable actuelle et future.
- La croissance urbaine et l'aménagement du territoire (zones pavillonnaires, infrastructures) ont un impact sur la gestion de l'eau, avec des déficits chroniques dans certaines zones comme Pré Bataillard.

La synthèse cartographique ci-contre permet d'identifier des aquifères pour la schématisation en plan.



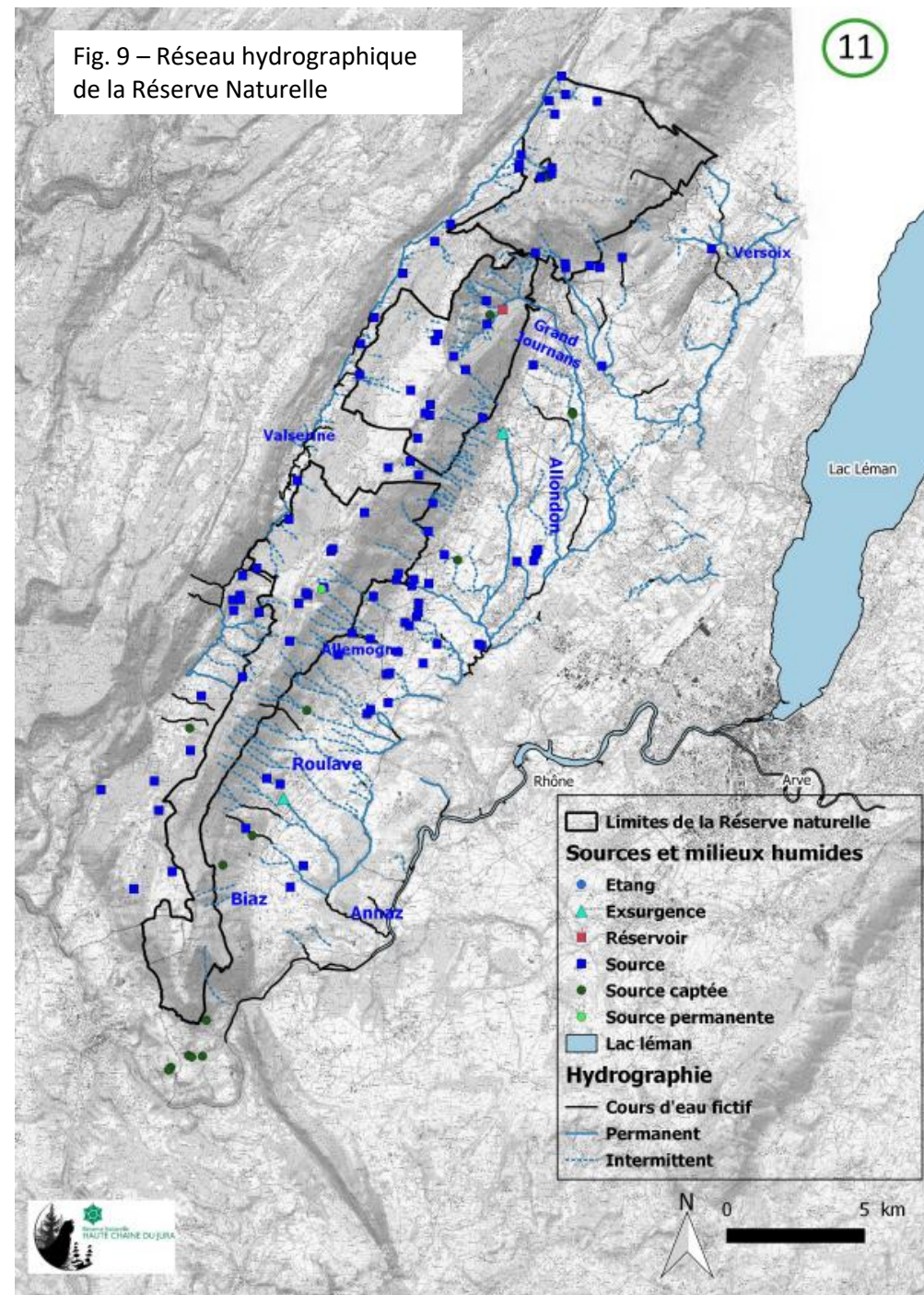
## 2.2. Schématisation

Fig. 9 – Réseau hydrographique de la Réserve Naturelle

11

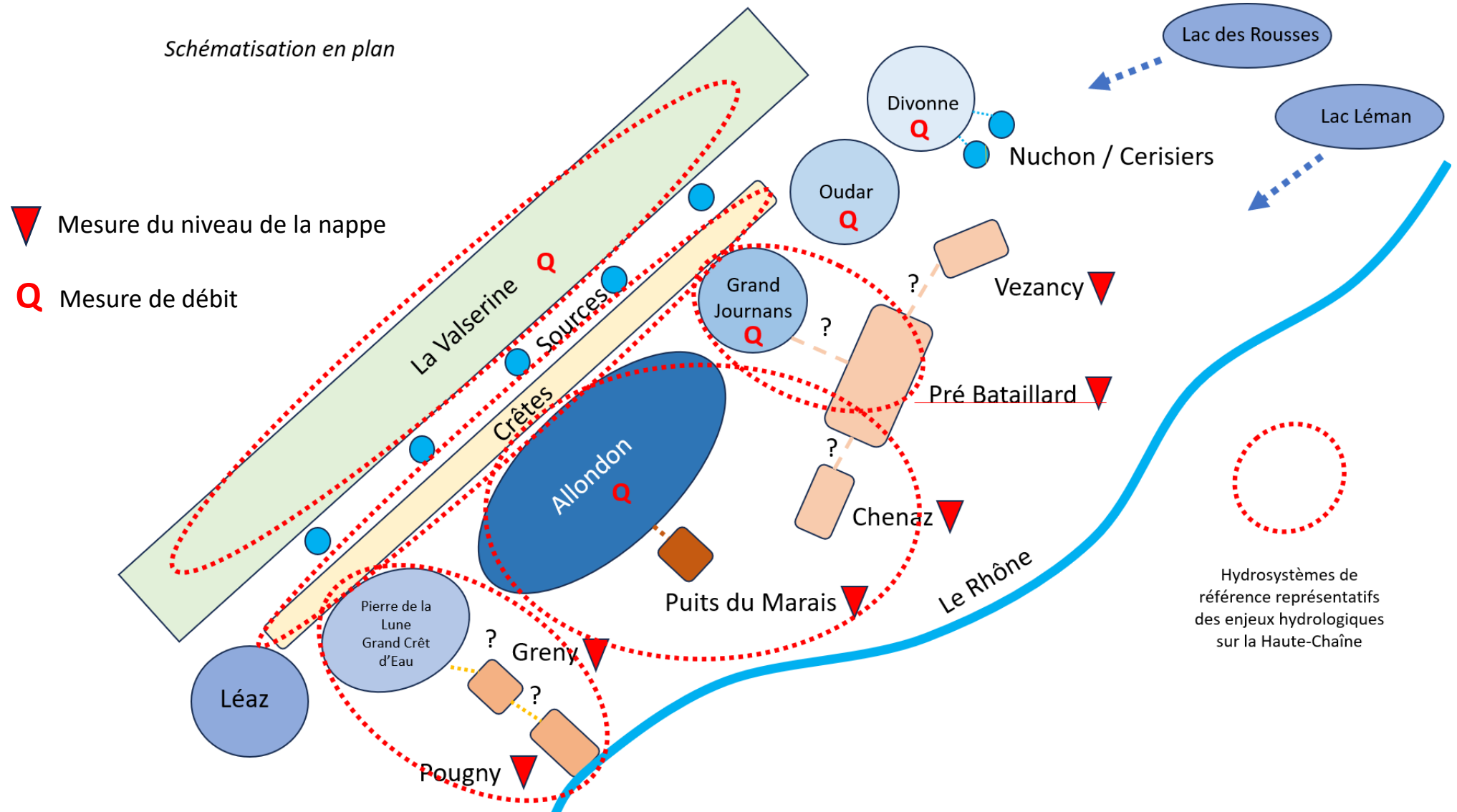
### Plan de gestion de la Réserve Naturelle (2020-2029)

Localisation des sources permettant d'identifier un cortège de sources sur le versant de la Valserine et une multitude de sources sur la Haute Chaîne, sources non suivies et souvent utilisées pour le pastoralisme.



## 2.2. Schématisation

A partir des données précédentes, une schématisation en plan est proposée :

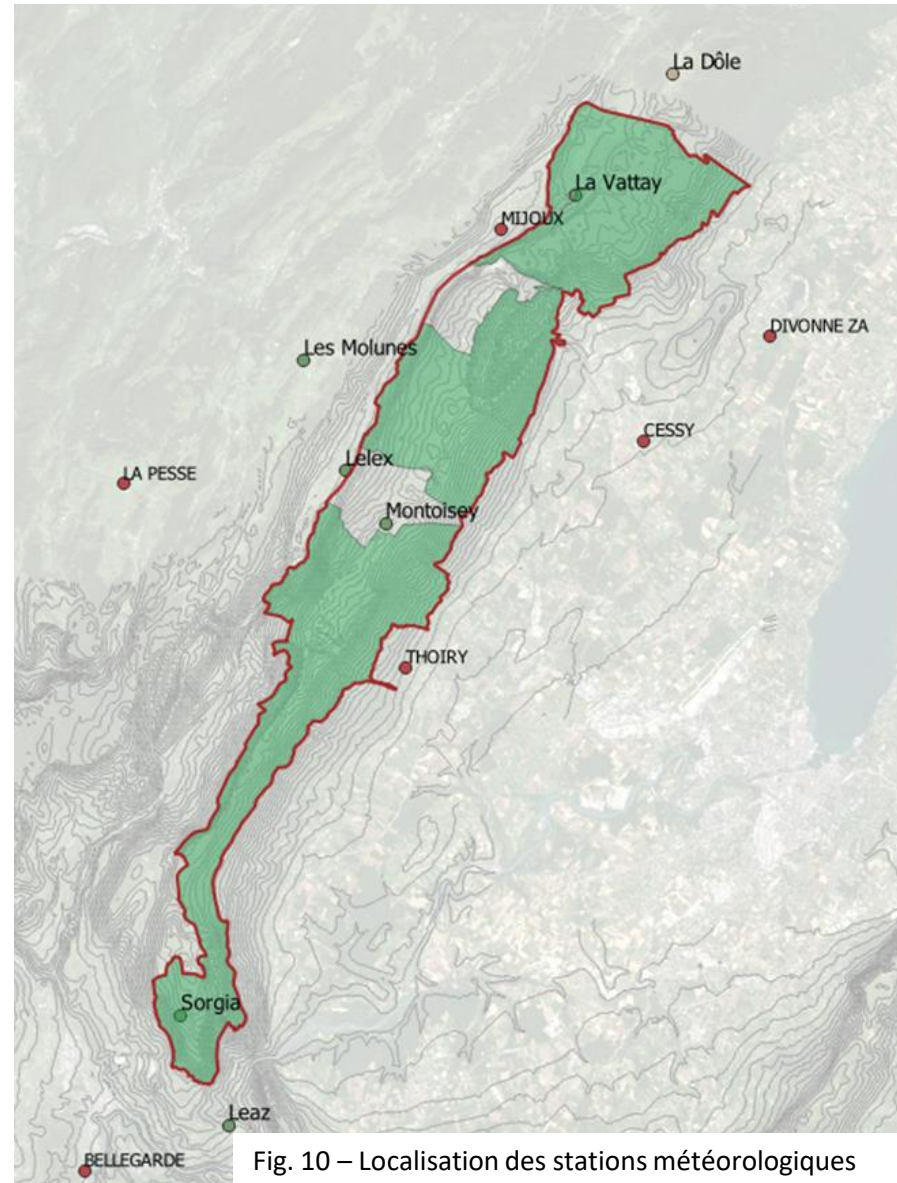


## 2.3. Analyse des données existantes

### 2.3.1. Données climatologiques

#### Stations météorologiques

- Stations Météo France : La Pesse, Mijoux, Bellegarde, Thoiry, Cessy, Divonne
- Station Météo Suisse : La Dôle
- Réseau ROMMA (partenariat avec la CAPG) : Léaz, Sorgia, Montoisey, Lélex, Les Molunes, La Vattay (cf. descriptif complet en **Annexe 1**)



- Météo-France
- ROMMA
- Météo-Suisse

Station	Z (m)
BELLEGARDE	350
DIVONNE	467
CESSY	507
Leaz	510
THOIRY	605
Lelex	910
MIJOUX	1002
LA PESSE	1133
Les Mollunes	1250
La Vattay	1265
Sorgia	1380
Montoisey	1650
La Dole	1670

Fig. 10 – Localisation des stations météorologiques

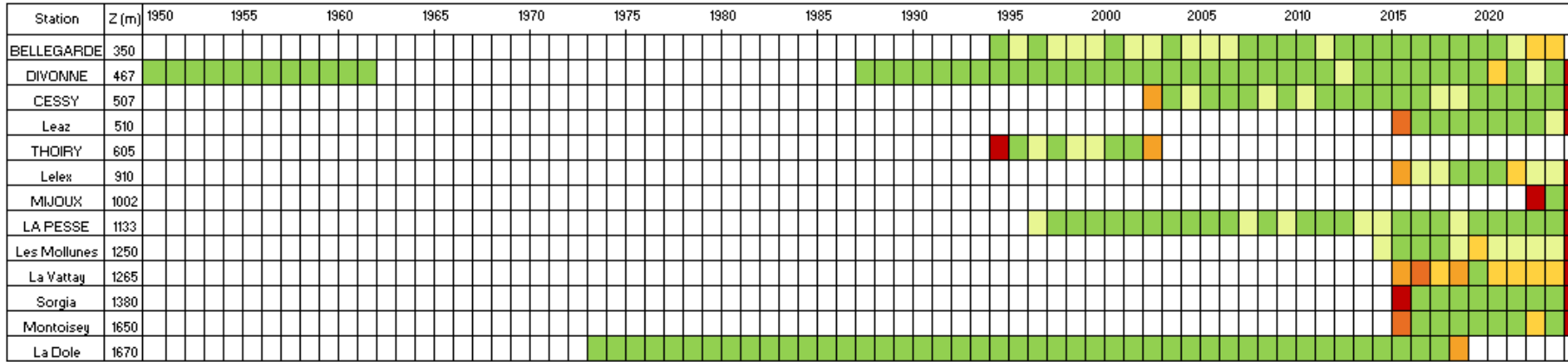
## 2.3. Analyse des données existantes

### 2.3.1. Données climatologiques

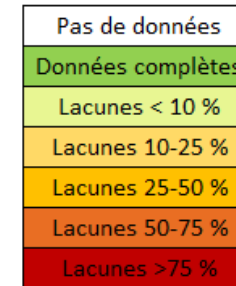
Chroniques disponibles des stations météorologiques :

#### Température

- Différentes chroniques de températures à divers points du Massif.
- Recherche des tendances sur les chroniques les plus longues et les plus complètes.

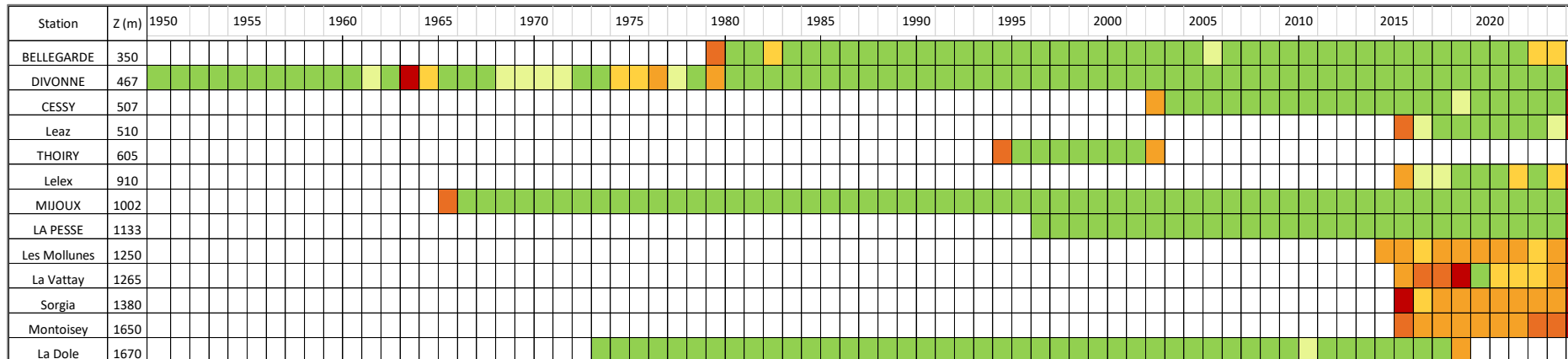


Code couleur

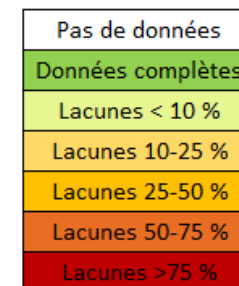


#### Précipitations

Réseau ROMMA lacunaire sur les précipitations du fait notamment d'absence ou de défaut sur les précipitations solides : seules 3 stations équipées d'un réchauffeur (Lélex, Léaz et La Vattay) et ces données présentent des lacunes



Code couleur



## 2.3. Analyse des données existantes

### 2.3.1. Données climatologiques

#### Données de projections climatiques (DRIAS)

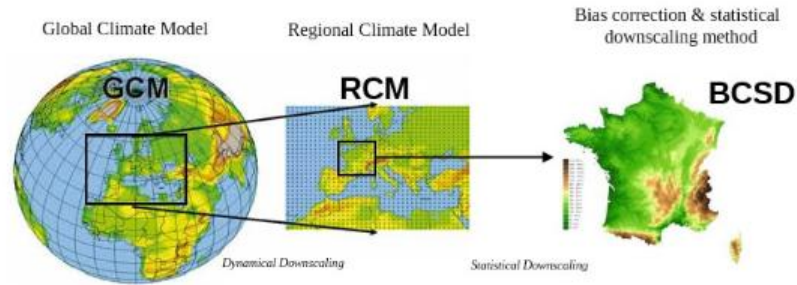


Illustration 1: Les étapes de descente d'échelle depuis la modélisation climatique globale à régionale jusqu'à la désagrégation aux petites échelles spatiales.

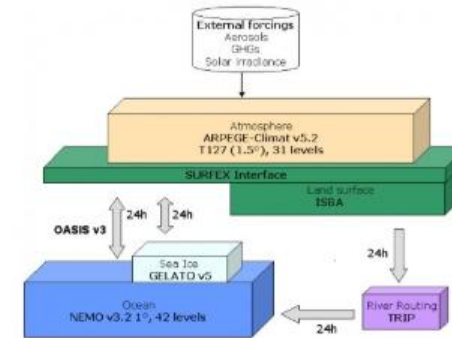
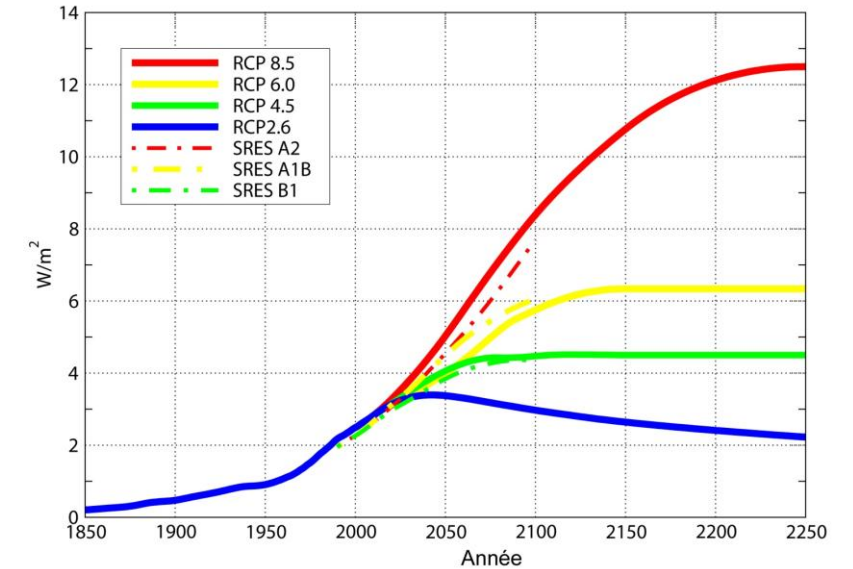


Illustration 2: Représentation des différentes composantes du modèle CNRM-CM5



DRIAS Database



DRIAS-2020 – CNRM-CM5 / ALADIN63



3/3

- **Analyse multi-modèle des variables climatiques.**
- Méthode de correction ADAMONT.
- Filtre des niveaux : 1200 (1050-1350) / 1500 (1350-1650) / 1800 (1650-1950).
- Domaine géographique « indicateurs ADAMONT » : Massif du Pays de Gex (jusqu'à 1800m).
- Scénarios 2.6, 4.5, 8.5.

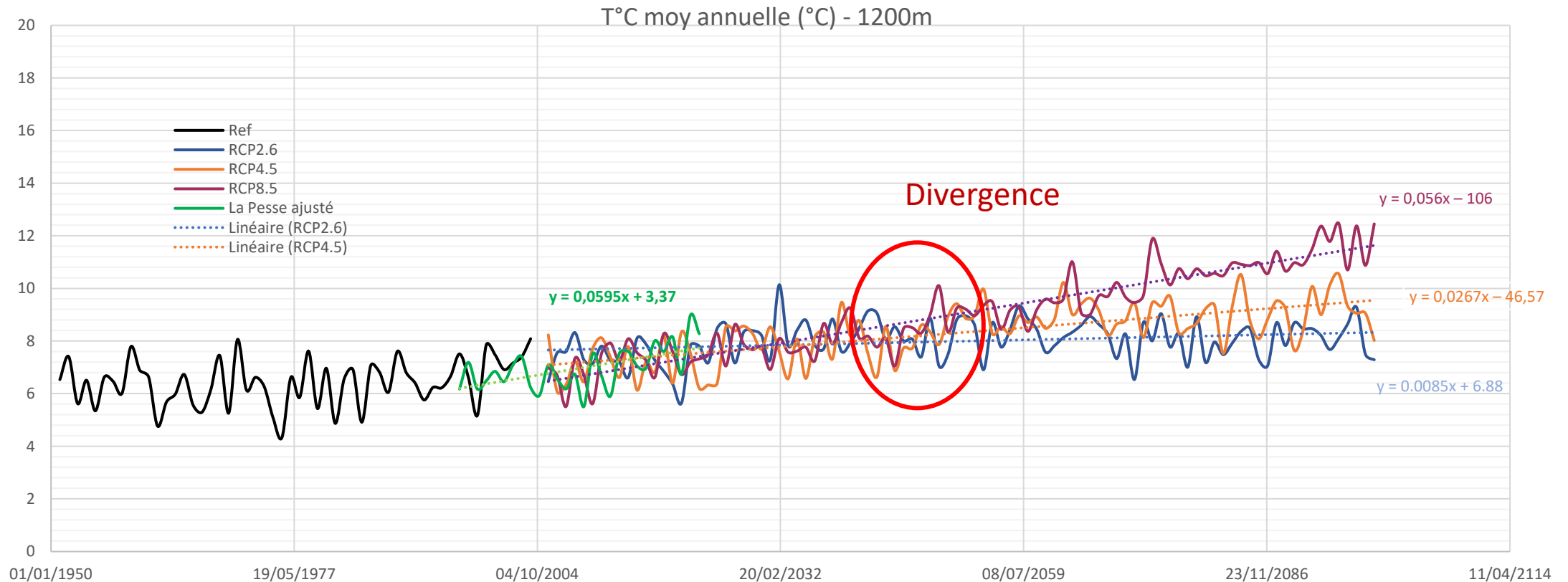
- Climat : DRIAS Climat.
- Hydrologie : DRIAS Eau (Valserine) et GR4J/CemaNeige (Allondon).
- Pastoralisme : CANARI.

## 2.3. Analyse des données existantes

### 2.3.1. Données climatologiques

#### Choix des scénarios RCP4.5 et RCP8.5

Il est jugé inutile d'analyser le scénario RCP2.6 de diminution des émissions qui est admis aujourd'hui être trop optimiste et irréaliste.



Projections : 2021-2050 (H1) / 2041-2070 (H2) / 2071-2100 (H3)

(cf. graphe ci-dessus : divergence RCP4.5 / RCP8.5 = 2040-2050 + PNACC = +2,7°C en 2050)

## 2.3. Analyse des données existantes

### 2.3.2. Données hydrologiques et hydrogéologiques

#### Caractériser l'évolution de la ressource en eau

- Analyse des données historiques de débits de la Valserine.
- Modélisations hydrologiques de l'Allondon et du Grand Journans et analyse des débits projetés.
- Recherche de corrélation des données hydrométriques avec les données piézométriques des nappes de :
  - Chenaz.
  - Pré-Bataillard.
  - Greny.
  - Pougny.



Fig. 11 – Localisation des stations hydrométriques

## 2.4. Modélisation hydrologique

### Modélisation hydrologique (GR4J & CemaNeige) de l'Allondon et du Grand Journans

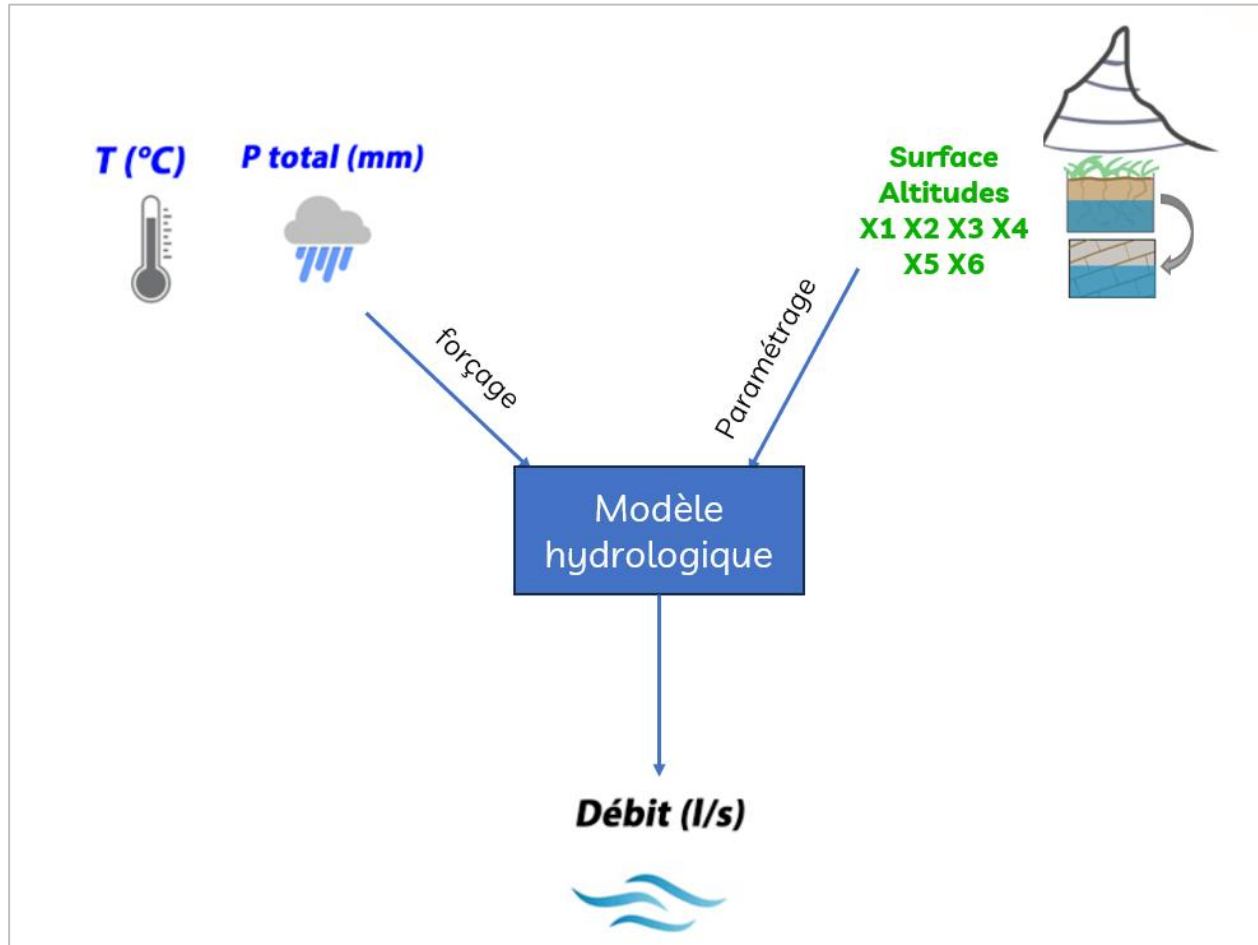


Schéma conceptuel simplifié

#### Données de forçage:

- Précipitations et températures mesurées à la station de la Pesse pour le calage (2002-2023).
- Précipitations et températures du modèle HIRHAM5 pour les projections climatiques (modèle le plus représentatif de l'ensemble des modèles).

#### Données de calage:

- Débits mesurés de l'Allondon sur la période 2002-2024.
- Débits mesurés du Grand Journans sur la période 2023-2024.

## 2.4. Modélisation hydrologique

### Modèle GR4J

Le modèle GR4J est un modèle pluie/débit à 4 paramètres, à pas de temps journalier.

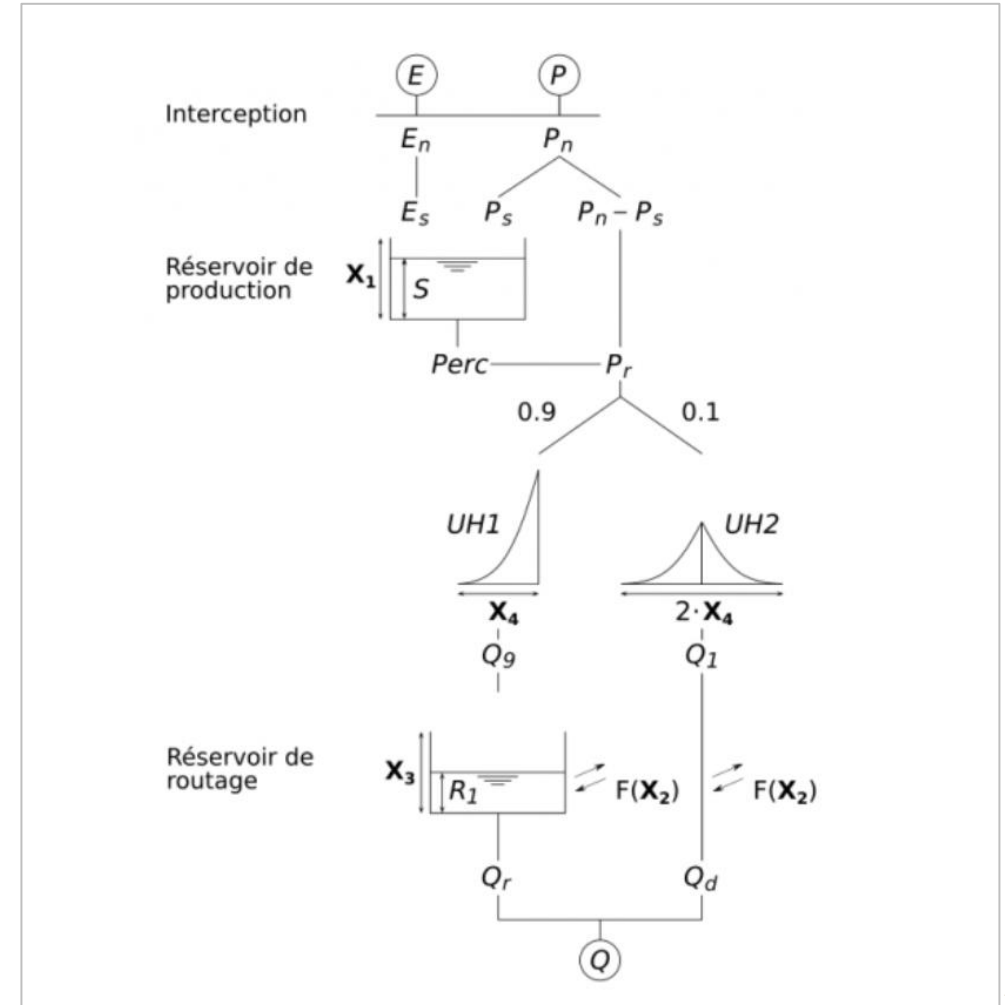
Les données d'entrée sont donc des précipitations et les données de sortie des débits simulés.

Il s'agit d'un modèle à 2 réservoirs.

L'évapotranspiration est calculée avec la méthode d'Oudin.

Les 4 paramètres de calage sont les suivants :

- **X1** : capacité du réservoir de production (mm),
- **X2** : coefficient d'échanges souterrains (mm/jour),
- **X3** : capacité à un jour du réservoir de routage (mm),
- **X4** : temps de base de l'hydrogramme unitaire HU1 (jours).



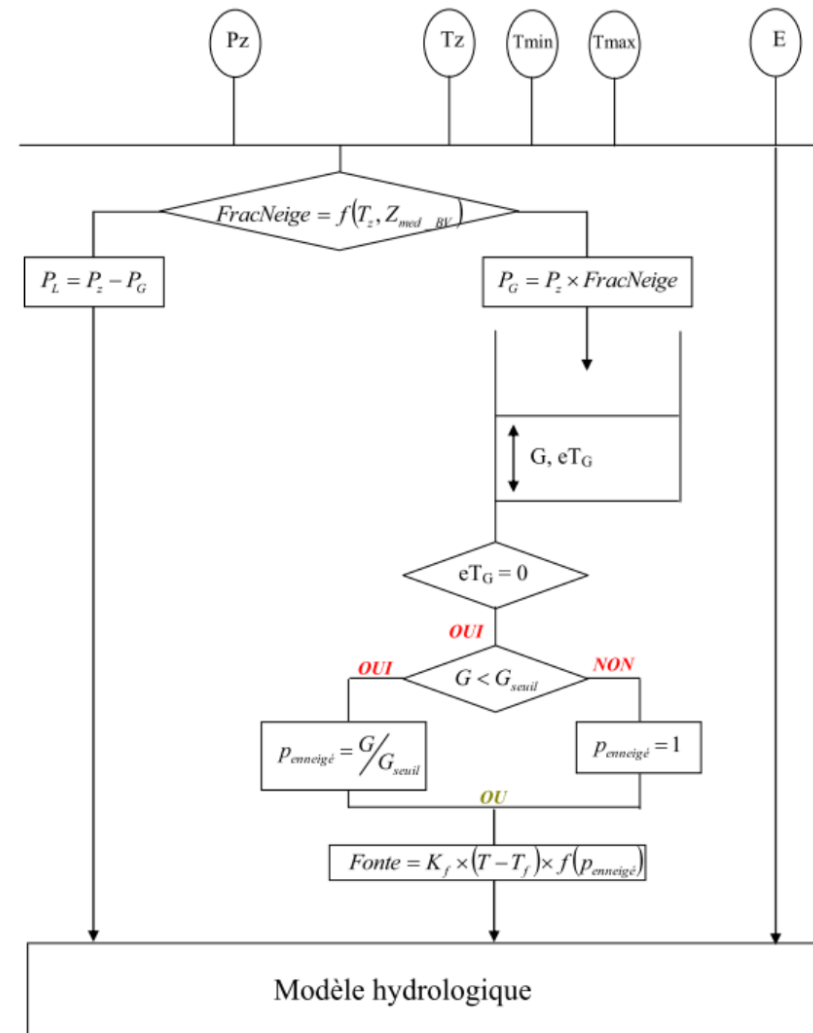
## 2.4. Modélisation hydrologique

### Modèle Cemaneige

CemaNeige est un modèle permettant de prendre en compte les fractions solides/liquides des précipitations, les phénomènes de fonte et le stockage de la neige dans le manteau neigeux afin d'en déduire les apports liquides à pas de temps journalier. Ce modèle prend en compte les données journalières de température en plus des données de précipitations.

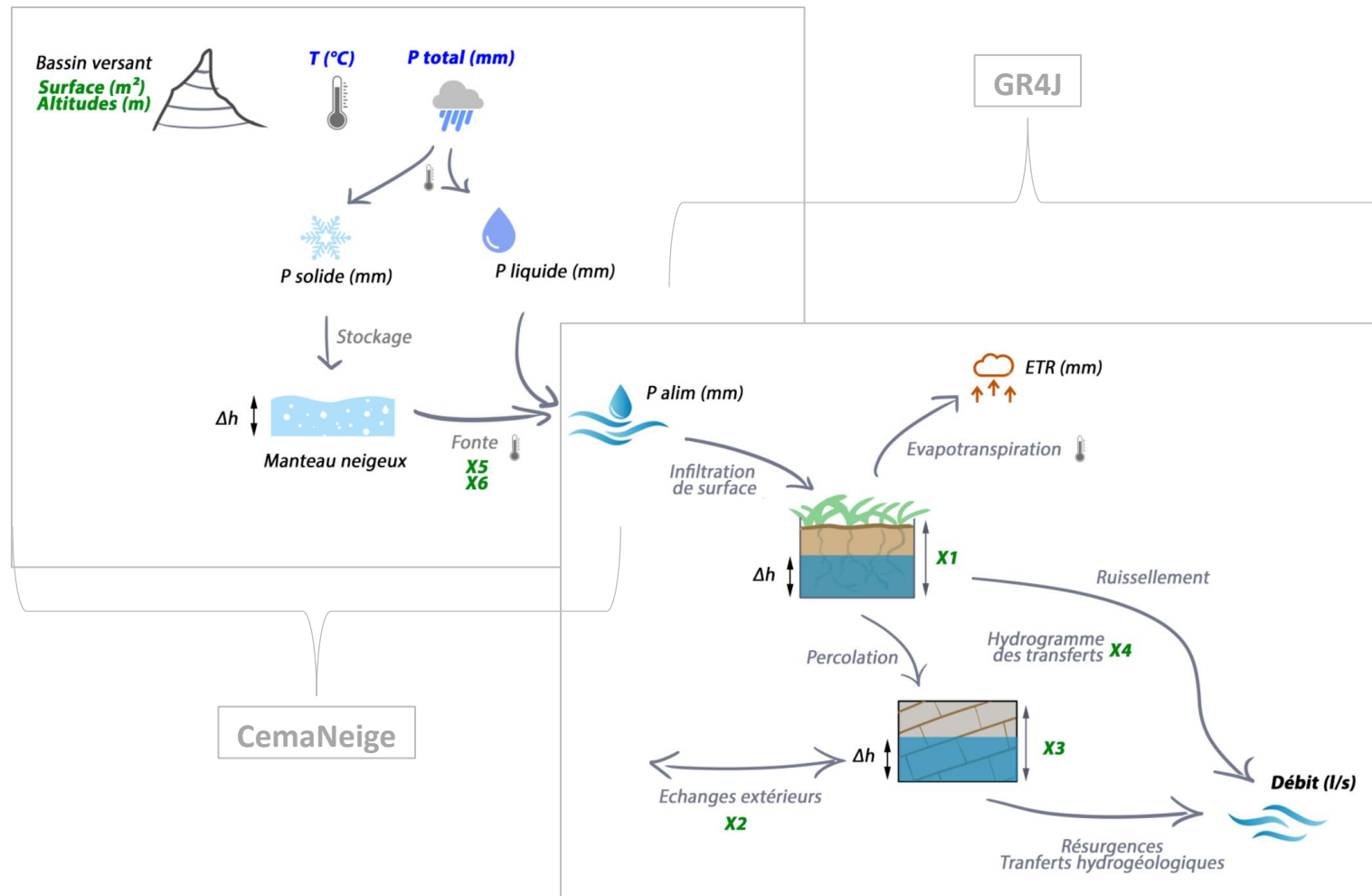
Les 2 paramètres de calage sont les suivants :

- **X5** : capacité du réservoir de production (mm),
- **X6** : coefficient d'échanges souterrains (mm/jour).



## 2.4. Modélisation hydrologique

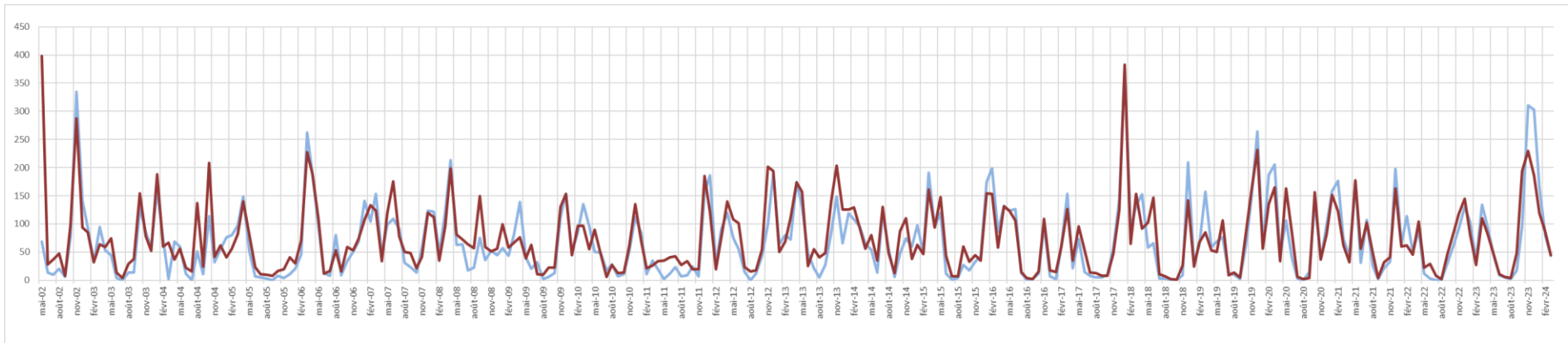
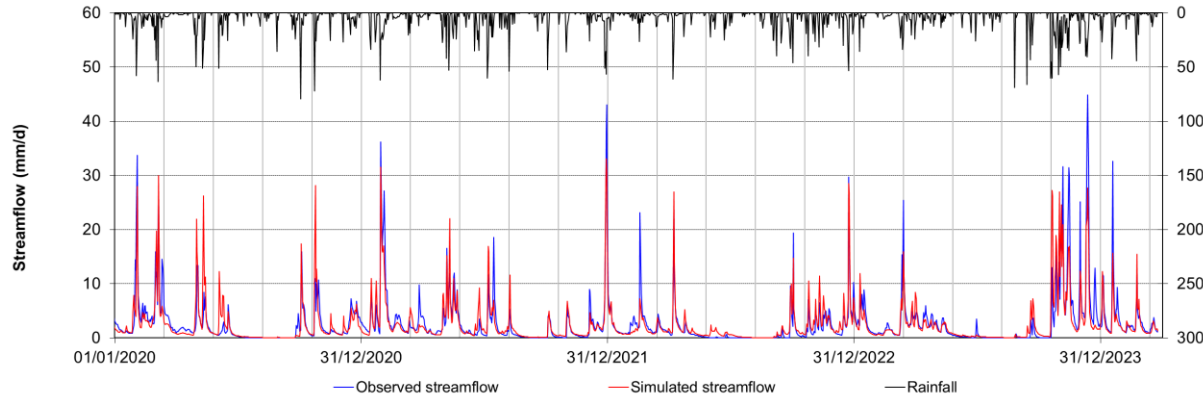
### Schéma conceptuel de CemaNeige couplé à GR4J



## 2.4. Modélisation hydrologique

### Calage du modèle pour l'Allondon

BV = 17 km<sup>2</sup>



Model parameters	Transformed	Real
x1: Capacity of production store (mm)	5,1	164,02
x2: Water exchange coefficient (mm)	-2,0	-3,63
x3: Capacity of routing store (mm)	4,1	60,34
x4: UH time base (days)	0,0	1,50
Snow routine parameters		
x5: degree-day factor	3,75	3,75
x6: snowpack inertia factor	0,3	0,25

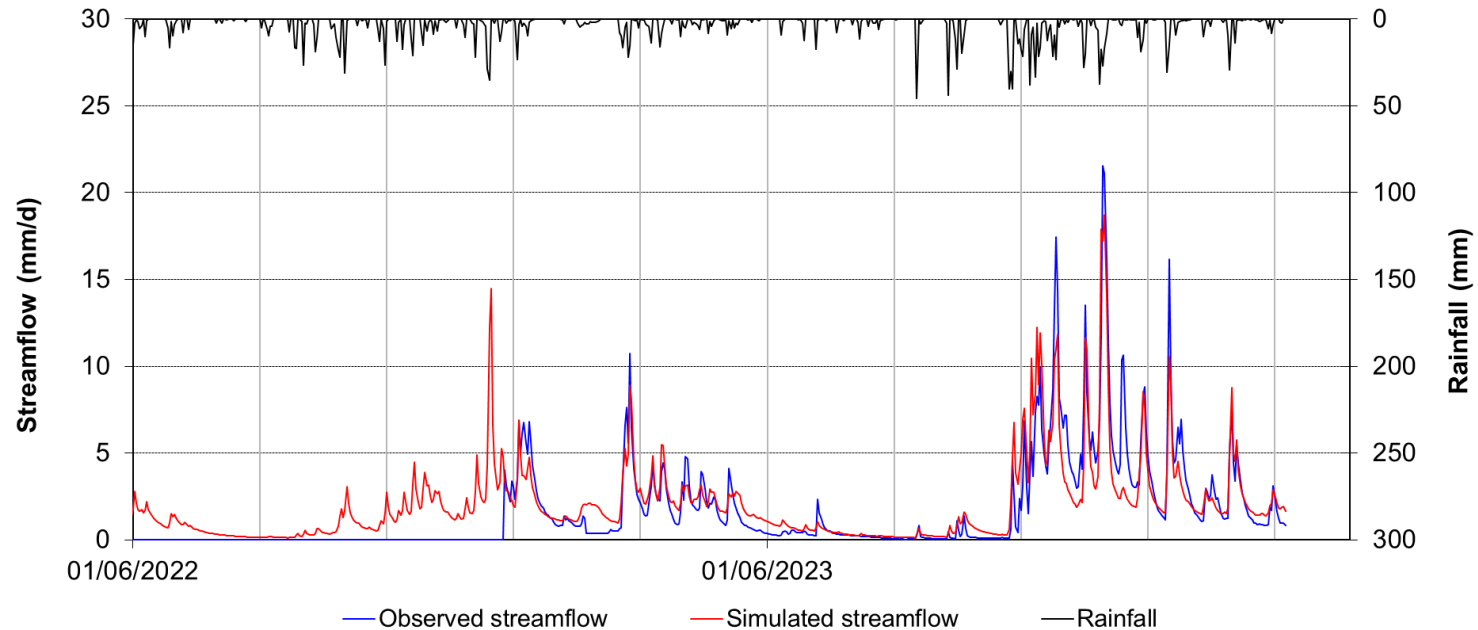
Nash(Q)	70.1 %
Nash(VQ)	78.1 %
Nash(ln(Q))	76.9 %
Bias	99.4 %

Critères de Nash satisfaisants pour de l'hydrologie.  
Bonne restitution des tarissements et étiages.  
Valeurs décembre-avril un peu sous estimées.  
Valeurs mai- octobre un peu sur estimées.

## 2.4. Modélisation hydrologique

### Calage du modèle pour le Grand Journans

BV = 22 km<sup>2</sup>



Model parameters	Transformed	Real
x1: Capacity of production store (mm)	6,0	403,43
x2: Water exchange coefficient (mm)	0,0	0,00
x3: Capacity of routing store (mm)	4,0	54,60
x4: UH time base (days)	0,0	1,50
Snow routine parameters		
x5: degree-day factor	1,5	1,50
x6: snowpack inertia factor	0,3	0,30

Efficiency criteria (%)	
Nash(Q)	80,7
Nash(VQ)	82,3
Nash(ln(Q))	78,9
Bias	99,9

Critères de Nash très satisfaisants pour de l'hydrologie mais basé sur peu de données de calage.  
Bonne restitution des tarissements et étiages.  
A compléter avec plus de données de débits pour validation.

## 2.5. Prospections de terrain

10 jours de terrain ont été réalisés en août 2024 :

- Visite de tous les alpages.
- Identification des infrastructures visibles et accessibles.

52 alpages

4 295 ha dont 3 090 ha  
en Réserve Naturelle

Equivalent de 4 000 UGB  
sur l'ensemble du  
périmètre



Alpage Polvette

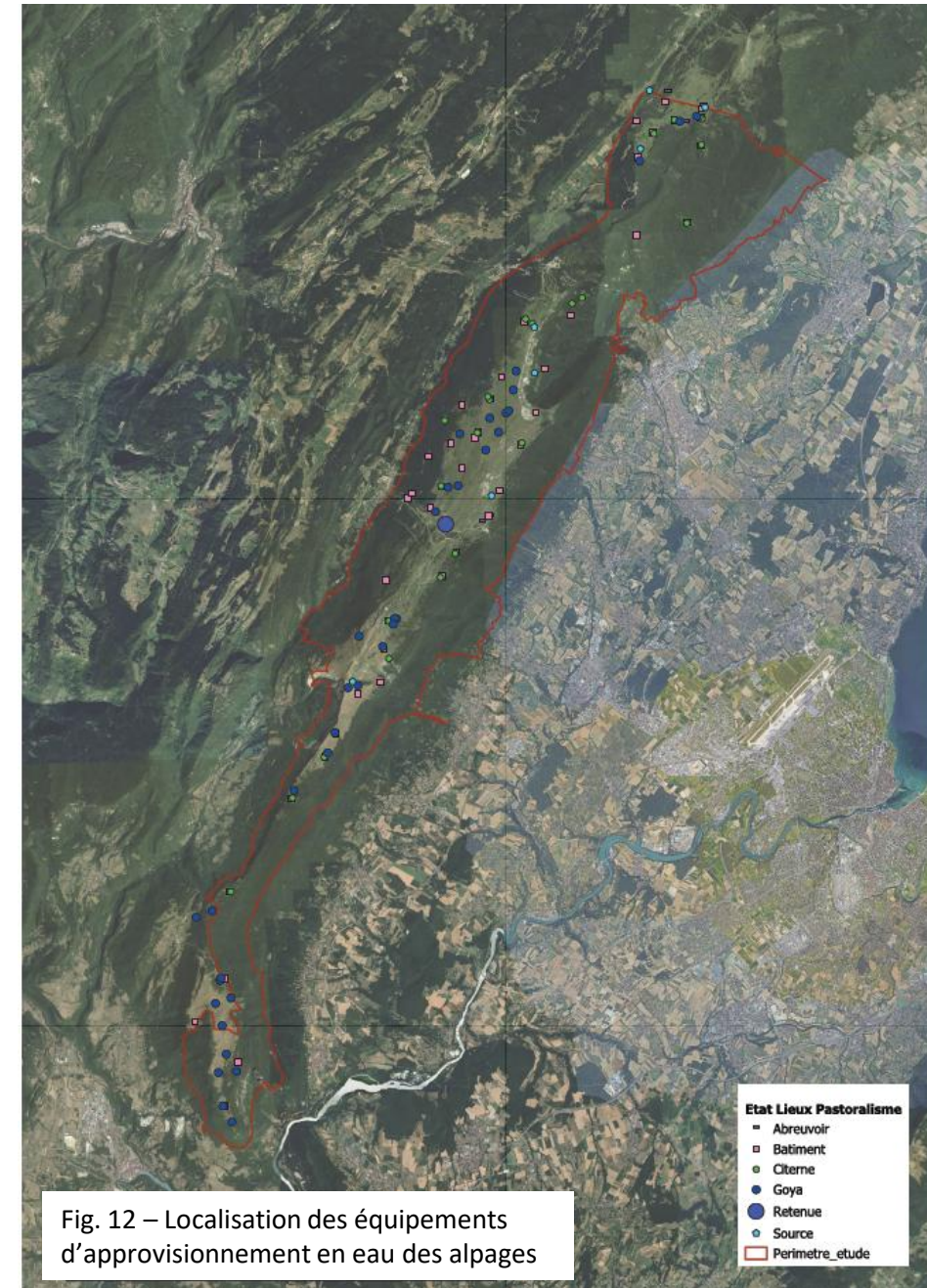


Fig. 12 – Localisation des équipements d'approvisionnement en eau des alpages

## 2.5. Prospections de terrain

Fig. 13 – Alpages de la Réserve Naturelle

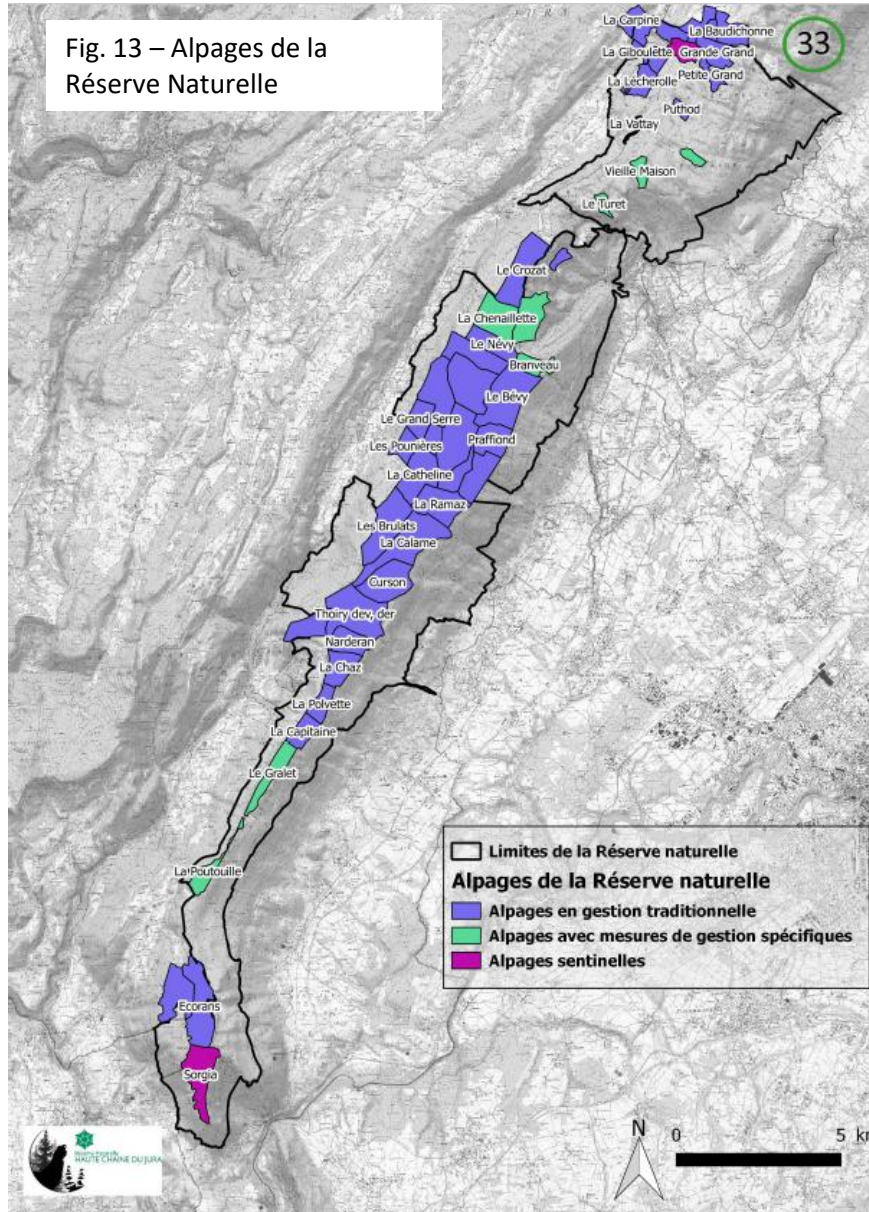
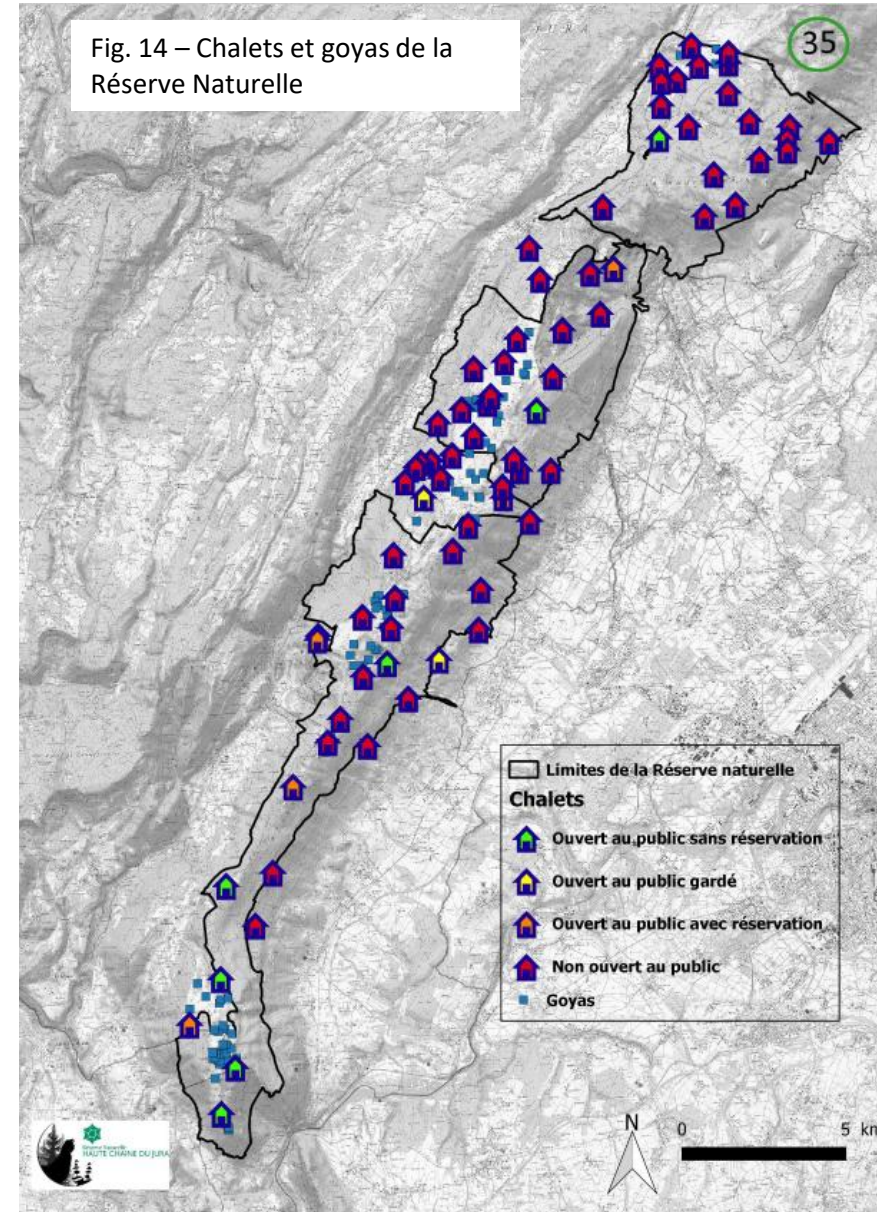


Fig. 14 – Chalets et goyas de la Réserve Naturelle



A l'issue de visites de terrain, croisement avec les données existantes (plan de gestion de la Réserve Naturelle 2020-2029)

## 2.5. Prospections de terrain

Alpage	Surface totale RN et hors RN (en ha)	Surface en RN (en ha)
La Vesancière	21,54	21,54
Le Turet	20,54	20,54
Les Pounières	54,33	0
Vieille Maison	30	30
Branveau	50,43	50,43
Curson	143,07	143,07
La Calame	205,18	205,18
Thoiry devant-derrrière	213,05	213,05
Grand Sonnilley	50,34	12,89
La Baudichonne	71,68	11,13
La Capitaine	58,36	58,36
La Chenaillette	125,17	125,17
Le Grand Serre	68,4	47,1
La Greffière	37,3	37,3
La Girandette	25,38	25,38
La Gonrade	4,2	4,2
La Gonrade haut	3,65	3,65
La Lécherolle	51,83	51,83
La Vattay	5,15	0,37
Puthod	18,48	18,48
La Catheline	130,47	0
La Grande Montagne	143,76	143,76
La Maréchaude	171,37	83,76
La Maurale	40,91	13,88
La Tremblaine	174,05	174,05
Les Brulats	166,89	93,49
Porcet	60,04	6,96

A l'issue de visites de terrain, croisement avec les données existantes (plan de gestion de la Réserve Naturelle 2020-2029)

## 2.5. Prospections de terrain

A l'issue de visites de terrain, croisement avec les données existantes (plan de gestion de la Réserve Naturelle 2020-2029)

Alpage	Surface totale RN et hors RN (en ha)	Surface en RN (en ha)
La Pillarde	65,14	89,2
La Chaz	79,32	79,31
La Polvette	54,33	54,33
La Quible	20,175	20,175
La Ramaz	131,42	47,1
Lachat	80,6	40,58
Le Bévy	206,87	206,87
Le Cabaret-Névy	109,61	109,61
Le Crozat	147,18	1,19
Le Fierney	100,25	48,39
La Poutouille	56	56
Le Gralet	84,14	84,14
Le Névy	82,1	82,1
Le Petit Sonnaillé	22,65	5,53
La Carpine	40,84	0
Les Platières	107,11	107,11
Nardérons	77,615	77,615
La Grande Grand	73,97	73,97
La Petite Grand	27,94	27,94
Le Giboulet	23,19	22,59
Le Planet	36,1	27,68
Creux de Praffiond	90,93	90,93
Le Sac	179,39	
Le Sorgia	133,61	133,61
Varambon	119,6	8,8
<b>TOTAL</b>	<b>4295,65</b>	<b>3090,34</b>

## 2.5. Prospections de terrain

Aux investigations de terrain et aux données recensées par la Réserve Naturelle, ont été ajoutés les éléments issus des diagnostics pastoraux, ainsi qu'une première approche du niveau d'équipement en stockage d'eau dans les alpages.

Cette approche a permis d'élaborer des fiches de diagnostic par alpage. Ces fiches sont le résultat des données disponibles et sont à prendre avec le niveau de précision correspondant. Elles sont placées en **Annexe 2**.



Le Crêt de la Neige (1 718 m)

**Curson - 143 ha**

Propriété : GFA Le Sauvage  
Exploitant : Jean-Jacques IMBERTI / Ovins/  
Surveillance : berger

Enjeux biodiversité :

- Lutte contre la fermeture (bas de l'alpage et à l'Est)
- Maintien de la mosaïque d'habitats (sommets de l'alpage)
- Chauve souris



**Situation hydrique :**

3 goyas traditionnels de 50, 100 et 400 m<sup>3</sup>

=> **Equipement insatisfaisant** => goyas traditionnels exposés aux risques de perte d'imperméabilisation compte tenu des variations de températures



**Le Sorgia - 133 ha**

Propriété : SIVOM du Crêt d'Eau  
Exploitant : Syndicat des Alpages du Sorgia (EARL du Frêne, GAEC du Bois Joli, Ferme du Velu)  
Mode de pâturage : pâturage tournant / Accès facile  
Production : Viande BIO (grand circuit France et caissettes) + Lait BIO France  
Charge en 2024 : 250 à 260 génisses

Le Crêt de la Goutte (1 621 m)



Goya Sorgia dessous (400 m<sup>3</sup>)



Goya Sorgia dessus intermédiaire (350 m<sup>3</sup>)



Alpage de Sorgia



Goya Sorgia dessus amont (300 m<sup>3</sup> / bilan hydrologique réalisé en 2024 par la réserve)

**Situation hydrique :**

3 goyas bâchés  
1 goya traditionnel  
Citerne enterrée  
bâtiment Sorgia Dessous (30 m<sup>3</sup>)

=> **Equipement satisfaisant** au vu de la gestion actuelle et du potentiel de l'alpage



Le Montrond (1 596 m)

Les Platières

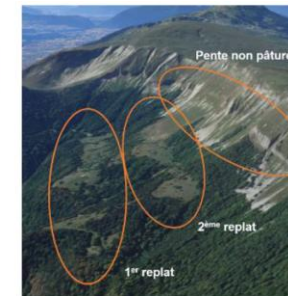
**Les Platières - 107 ha**

Propriété : Commune de Mijoux  
Exploitant : EARL L'Aquitaine (Romain BAUDET)  
Viande vente directe  
Diag pastoral 2019 - constats :  
Pâturage hétérogène (la partie amont est plus productive que la partie aval) / points d'eau (source fragile)  
Gestion des pré-bois et des lisières + enjeu Grand Tétrás  
Gestion arbustes et broussailles (broyage)  
Sols fragiles = risque de piétinement quand il y a beaucoup d'eau ou en cas de sécheresse autour des points d'eau

**Situation hydrique :**

source (qui tarit en fin d'été)  
4 abreuvoirs = 3 m<sup>3</sup>

**Equipement insatisfaisant** => besoin en eau actuel : entre 195 et 290 m<sup>3</sup> / Préconisations diag 2019 : stockage de 15 m<sup>3</sup> au niveau de la source + stockage de 15 m<sup>3</sup> de récupération d'eau de toiture (1 semaine d'autonomie)



Le Colomby de Gex (1 688 m)



## 2.6. Analyse bibliographique

L'analyse bibliographique a porté notamment sur les documents ci-dessous.

Des points clés ont été relevés :

- Pas de prise en compte du changement climatique dans le PGRE-2018 => prise en compte programmée dans le futur PTGE.
- Des diagnostics pastoraux obsolètes pour la plupart (datant de plus de 10 ans).
- Très peu d'études sur les sols.

### Géologie – Hydrogéologie

- Thèse « Hydrogéologie et paléomorphologie glaciaire du pays de Gex » - 1983
- Thèse « Etude du fonctionnement d'aquifères complexes du pays de Gex » - 1986
- Etude « Conceptualisation géologique, hydrogéologique et thermique du bassin genevois » - 2021

### Ressource en eau

- Schéma Directeur AEP REOGES (Régie des Eaux Gessiennes) - 2021
- Plan de Gestion de la Ressource en Eau CAPG – 2018
- Etude volumes prélevables CAPG – 2012-2014
- Etude Lac des Rousses - 2023
- Etudes Lac Léman – données CIPEL

### Agriculture

- Diagnostics pastoraux HCJ – 2003-2023
- Plans de Gestion Intégrée HCJ (depuis 2019)
- Diagnostic agricole et alimentaire CAPG – 2022

### Biodiversité

- Plan de Gestion de la Réserve Naturelle – 2020-2029
- DOCOB Natura 2000 HCJ
- Diagnostics stationnels HCJ – 2003-2009

### Sols

- Rapport de stage cartographie des sols HCJ – 2004
- Analyses de sols sur 4 sites HCJ - 2022

### Tourisme

CLIMSNOW  
Monts Jura -  
2021

## 2.7 Implication et sollicitation des parties prenantes

Des entretiens ont été réalisés avec tous les représentants des différents usagers de l'eau de la Haute Chaîne, ainsi que des conseillers et des instances réglementaires et associatives. Les informations essentielles sont indiquées sous chaque catégorie d'interlocuteur.

### USAGERS

#### Eau potable

Exploitant et élu de la Régie des Eaux gessiennes.  
Elu du Syndicat du Lac des Rousses.

- La Régie des Eaux Gessiennes engagée dans une stratégie d'optimisation des équipements en place et de recherche de nouvelles ressources => elle est directement impliquée pour le futur PTGE
- Le Syndicat du Lac des Rousses est mobilisé sur les enjeux d'eutrophisation du Lac des Rousses et de soutien d'étiage de l'Orbe.

#### Agriculture

Exploitants.  
Dirigeants de coopératives et syndicats locaux.  
Représentants des propriétaires (privés et publics).

- Les représentants des alpagistes étaient au départ, sceptiques sur la portée et l'utilité de l'étude.
- On observe diverses opinions des exploitants : pas d'unité de posture, ce qui est en rapport avec la diversité des situations géographiques, économiques et sociologiques des alpages.
- Des structures de coopération animées et participatives mais une fragilité dans l'investissement humain de ces organes de coopération.
- Une évolution des postures au cours de l'étude.

#### Forêt

Exploitants (publics/privés).  
Représentants des propriétaires (privés).  
DDT (plan de prévention du risque feu de forêt).

- Un intérêt des exploitants et des propriétaires privés pour l'étude
- Au fil des entretiens, l'émergence de la problématique des feux de forêt.
- Le contexte de transformation en cours sur les modèles forestiers (dû au dépérissement) a facilité la prise en compte des enjeux par la filière agricole et cela a permis de parler de changement de paradigme économique pour l'agriculture.

#### Tourisme

Exploitant de la station des Monts Jura.

- Le thème du tourisme est resté centré sur les activités du Syndicat Mixte des Monts Jura (SMMJ).
- De prime abord non concernée par l'étude, les questions périphériques liées aux activités de pleine nature (randonnée, VTT, trail) gérées par la CAPG ont pris de l'importance compte tenu des influences sur les modèles pastoraux.

## 2.7 Implication et sollicitation des parties prenantes

### CONSEILLERS

#### Conseil scientifique de la Réserve

Analyse des données et des projections, modélisation systémique, spécificités pastoralisme, scénarios prospectifs.

- Intérêt important et participation active des membres du conseil scientifique.
- Intérêt important pour l'approche systémique.

#### SEMA

Diagnostic pastoral.  
Retours d'expérience stockage.  
Prospectives besoins/ressources.

- Contribution technique sur la connaissance des alpages et des équipements.
- Participation aux réflexions sur les pistes d'actions.

#### PNR

Plan Pastoral Territorial.  
Enjeux hydrologiques et climatiques.  
Prospectives besoins/ressources.

- Contribution technique sur tous les enjeux de l'eau et des milieux naturels.
- Participation aux réflexions sur les pistes d'actions.

#### ONF / CNPF

Enjeux climat/forêt.

- Contribution technique sur les enjeux de la forêt et son rôle dans le cycle de l'eau.
- Participation aux réflexions sur les pistes d'actions.

### AUTRES

#### DDT / DREAL

- Contribution technique sur tous les enjeux de l'eau et des milieux naturels.
- Rappel des démarches départementales réglementaires et volontaires et veille sur les passerelles à opérer.

#### Département

#### Associations

(Amis de la Réserve / France Nature Environnement)

- Participation active et grand intérêt pour la démarche.
- Analyse approfondie du diagnostic et production d'une note structurée soulignant l'intérêt de l'approche systémique proposée dans la démarche.

## 3. Analyse climatique

### 3.1. Analyse historique

- 3.1.1. *Analyse des températures*
- 3.1.2. *Analyse des précipitations*
- 3.1.3. *Période 2021-2024*
- 3.1.4. *Analyse des vents*

### 3.2. Projections climatiques

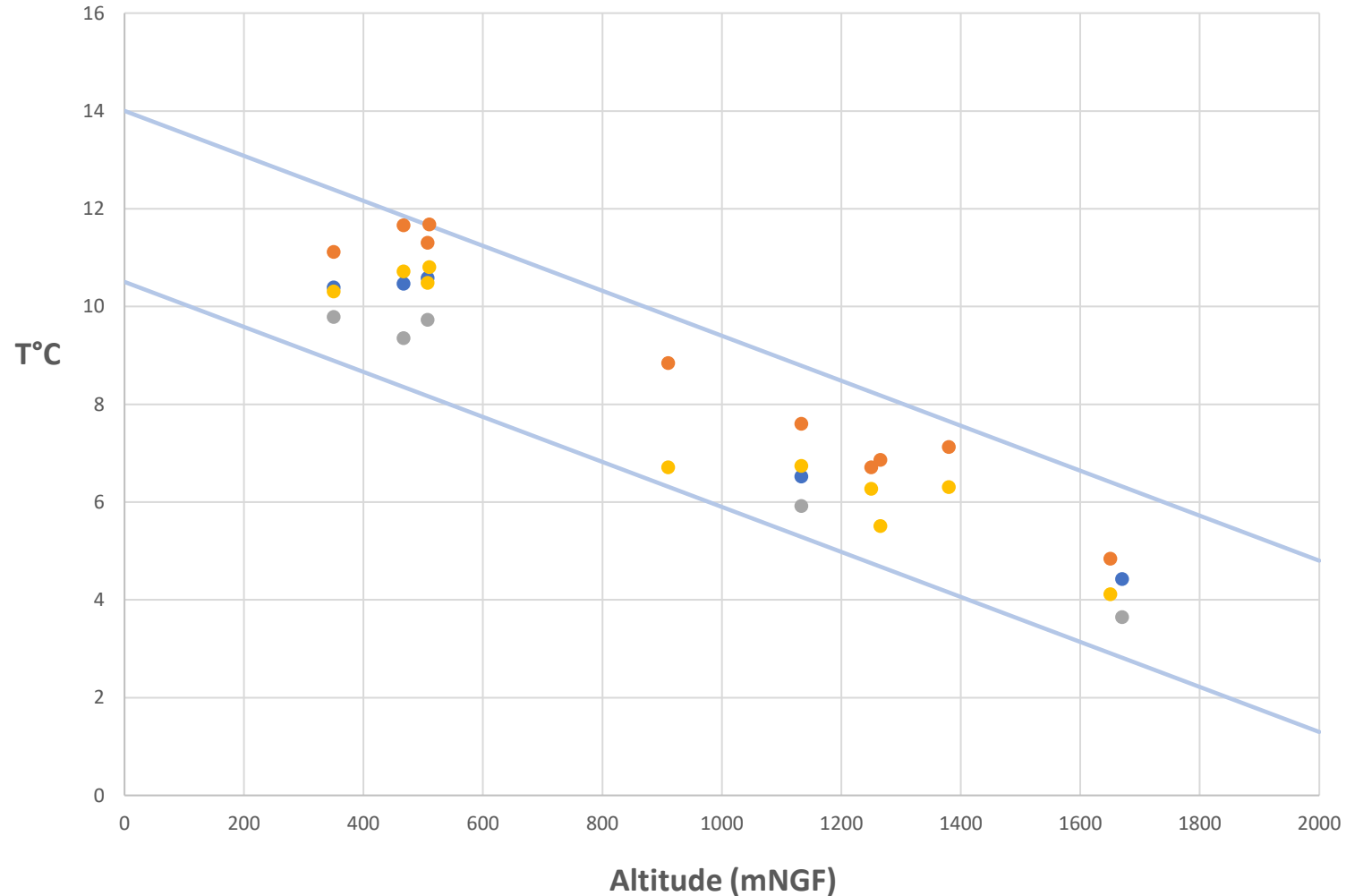
- 3.2.1. *Modèles et scénarios*
- 3.2.2. *Projection de l'évolution des vents*
- 3.2.3. *Projection de l'évolution des températures*
- 3.2.4. *Projection de l'évolution des précipitations*
- 3.2.5. *Synthèse*



Roche Franche

## 3.1. Analyse historique

### 3.1.1. Analyse des températures



#### Evolution des températures moyennes interannuelles en fonction de l'altitude

Analyse comparée des données de températures :

**Gradient = -0,5°C / 100 m**



Altitude moyenne de la Haut-Chaîne :  
1200m

Analyse approfondie sur la station Météo  
**LA PESSE 1133 m NGF (1996-2023)**

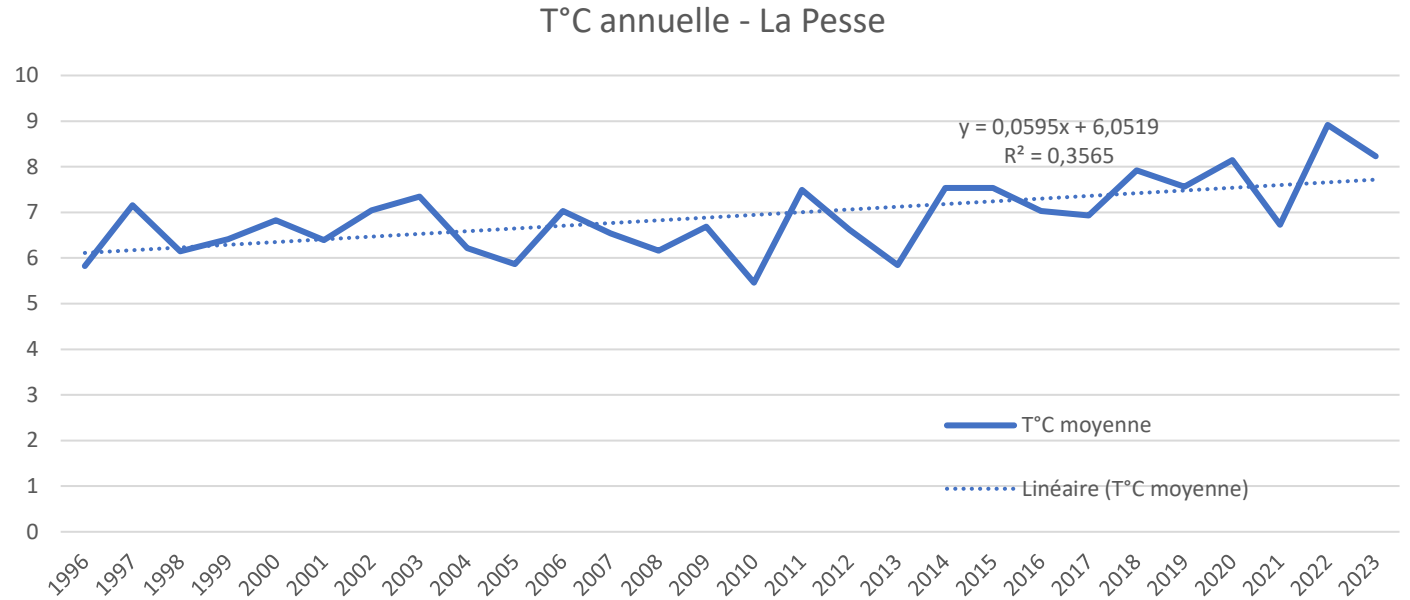
Comparaison avec  
**La Dôle 1670 m NGF (1973-2018)**

# 3.1. Analyse historique

## 3.1.1. Analyse des températures

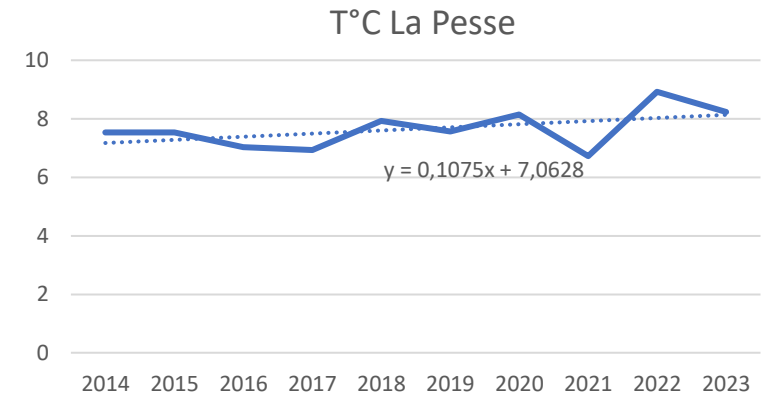
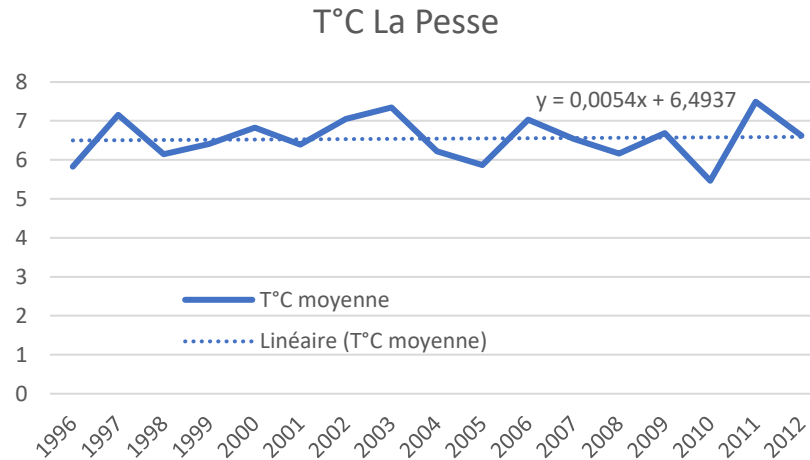
### Evolution de la température à La Pesse

- T°C moy = +1,8°C en 27 ans.
- Rythme :
  - Sur 27 ans : + 0,06°C/an = « élévation » de 120 m en 10 ans
  - Sur les 10 dernières années : + 0,1°C/an (accélération depuis 2013)
- Des années très chaudes à partir de 2014 : sur 2013-2023 = écart supérieur de +0,74°C / moyenne
- Record : 2022 = +2°C.



Les 6 dernières années sont les plus chaudes enregistrées à La Pesse.

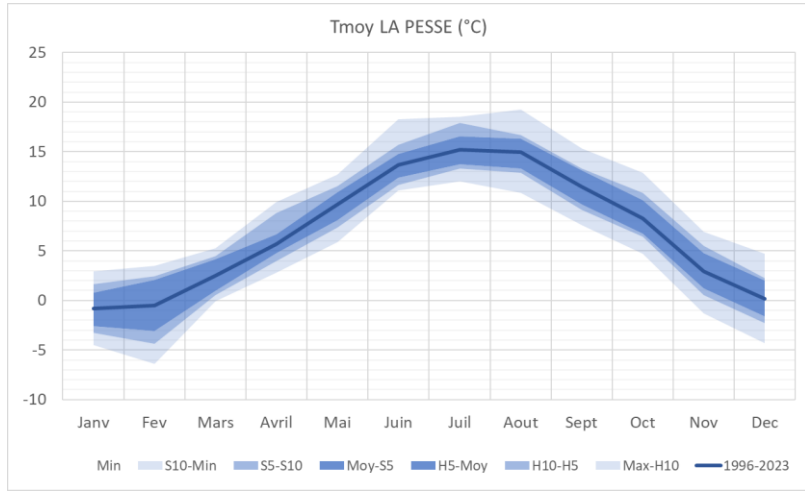
L'année 2022 est la plus chaude avec une moyenne annuelle de 8,9°C (par rapport à une moyenne 1996-2023 de 6,9°C – écart = +2°C).



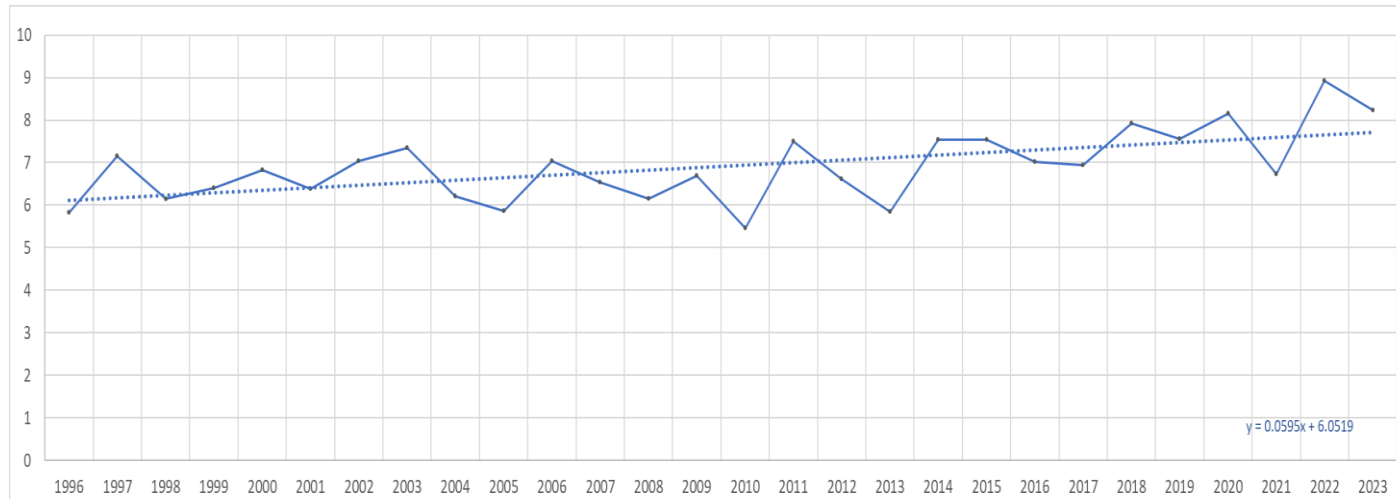
# 3.1. Analyse historique

## 3.1.1. Analyse des températures

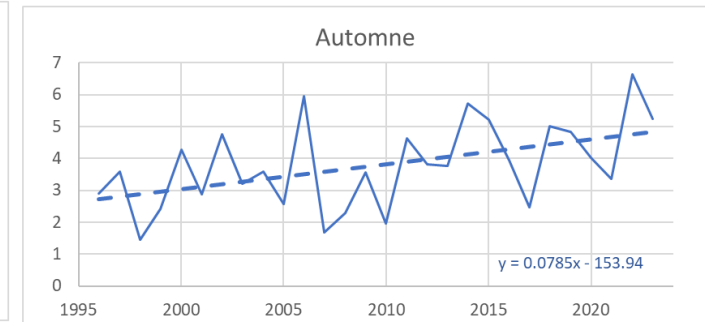
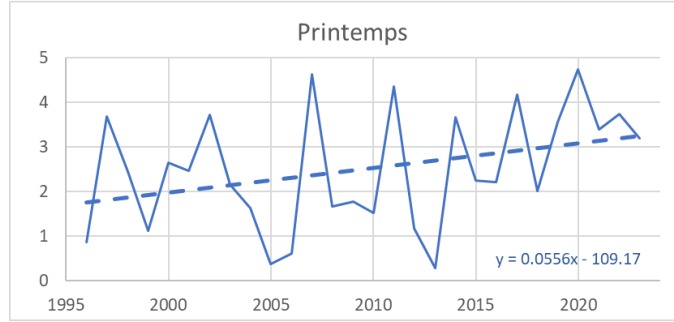
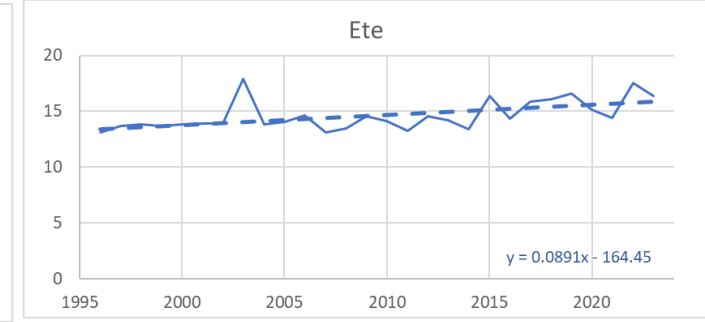
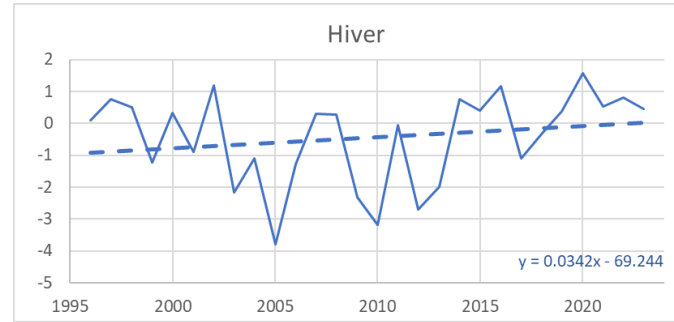
### Evolution de la température à La Pesse



Valeurs mensuelles



Evolution des valeurs annuelles (moy mobile 20 ans précédents)



Valeurs saisonnières

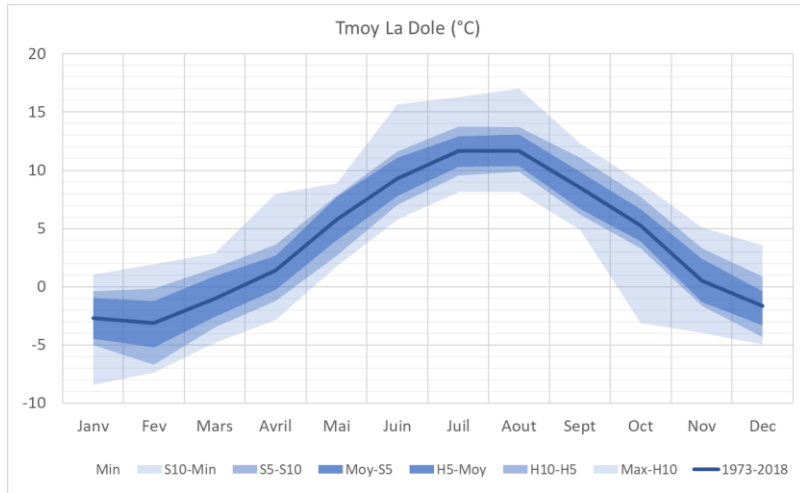
### Augmentation des températures moyennes

- Année: + 0,06°C / an
- Hiver : + 0,03°C / an
- Printemps : + 0,06°C / an
- Été : +0,09°C/an
- Automne : + 0,08°C / an

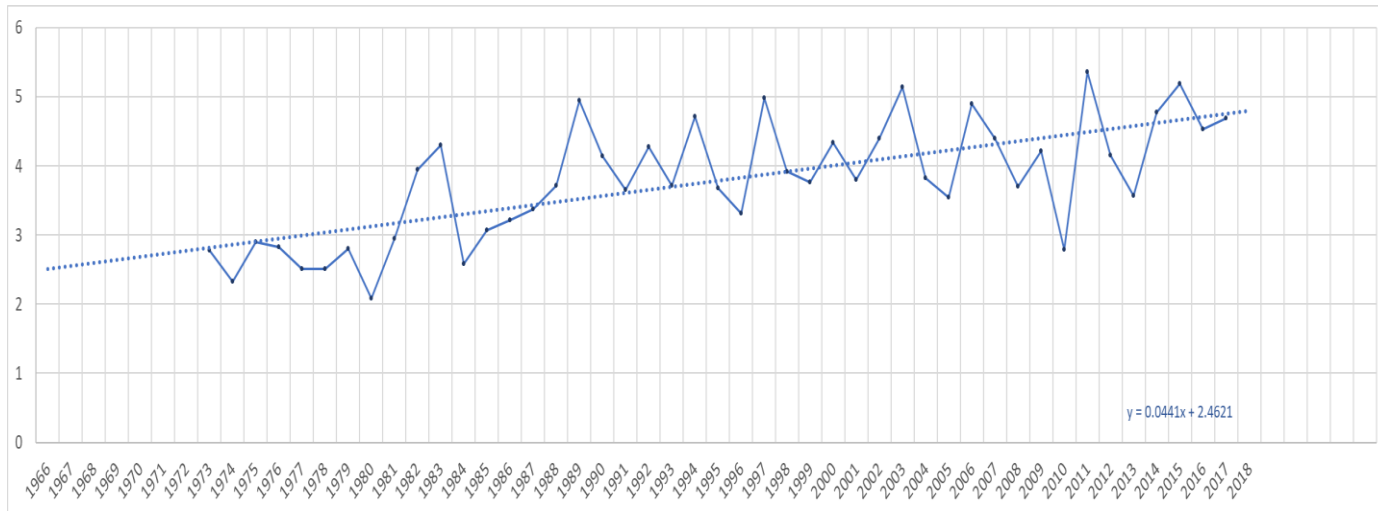
# 3.1. Analyse historique

## 3.1.1. Analyse des températures

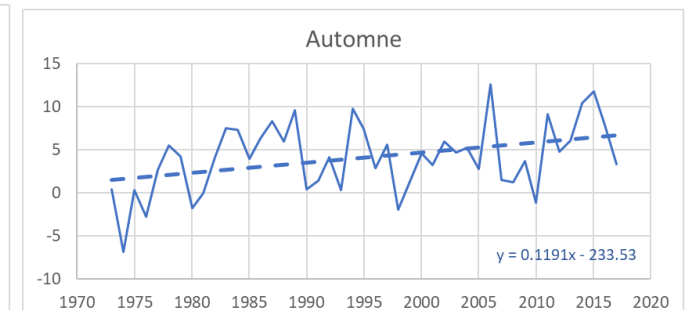
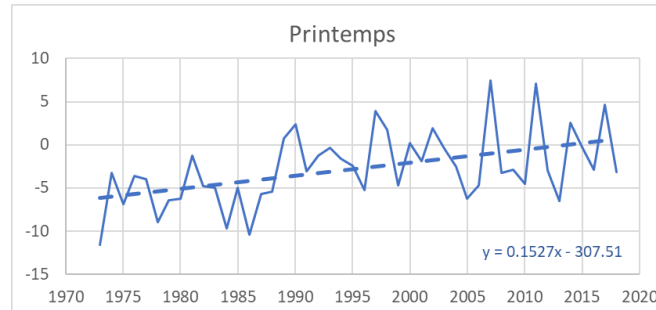
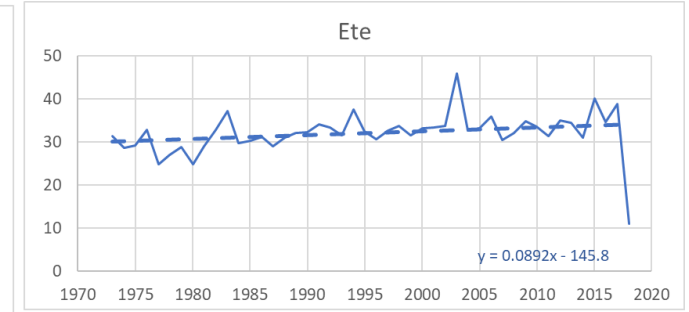
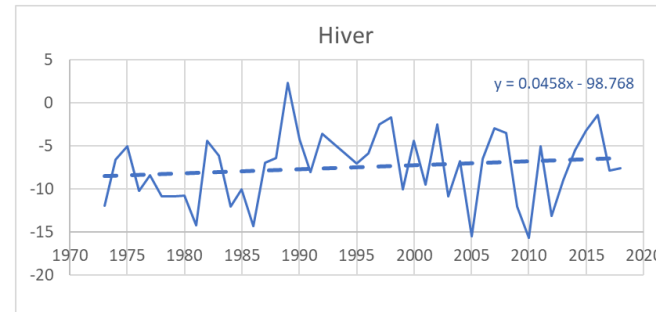
### Evolution de la température à La Dôle



Valeurs mensuelles



Evolution des valeurs annuelles (moy mobile 20 ans précédents)



Valeurs saisonnières

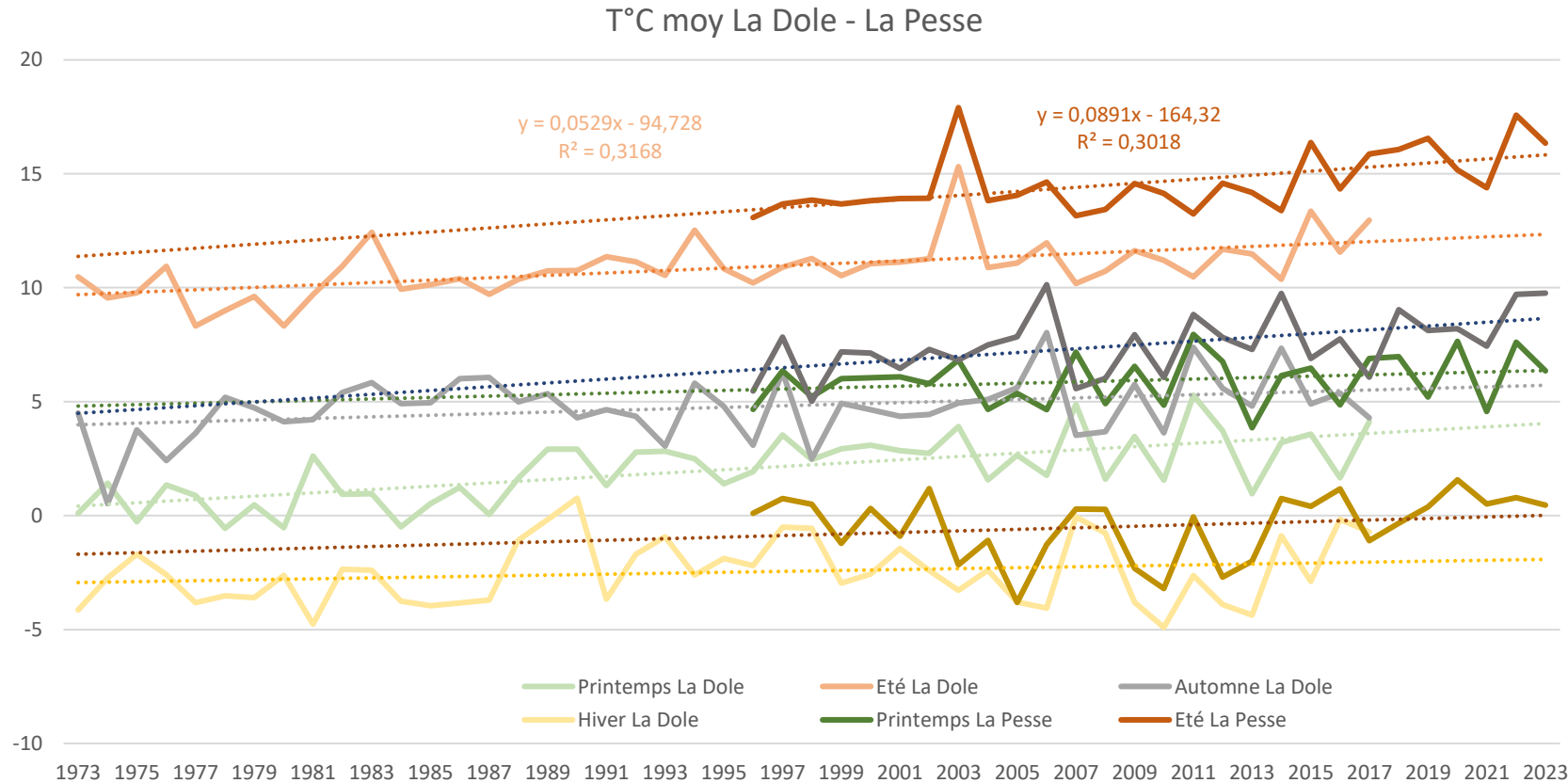
Augmentation des températures moyennes

- Année: + 0,04°C / an
- Hiver : + 0,05°C / an
- Printemps : + 0,015°C / an
- Eté : +0,09°C/an
- Automne : + 0,12°C / an

## 3.1. Analyse historique

### 3.1.1. Analyse des températures

#### Evolution de la température à La Dôle



Hausse fortes sur les 50 dernières années :

- Hiver = +2°C
- Eté = + 4,5°C
- Automne = + 6°C

Sur l'année on passe de 2,7°C de température annuelle en 1970 à +4,8°C en 2020, soit une hausse de +2,1 °C en 50 ans

Les tendances observées sur La Pesse semblent s'observer également sur la Dole dont les chroniques sont plus anciennes.

Les saisons Hiver, Eté et Automne présentent des augmentations sensibles des températures depuis 1973 à toutes les altitudes, avec une accélération du réchauffement depuis une dizaine d'années, notamment en hiver (élévation de la limite « pluie/neige »).

## 3.1. Analyse historique

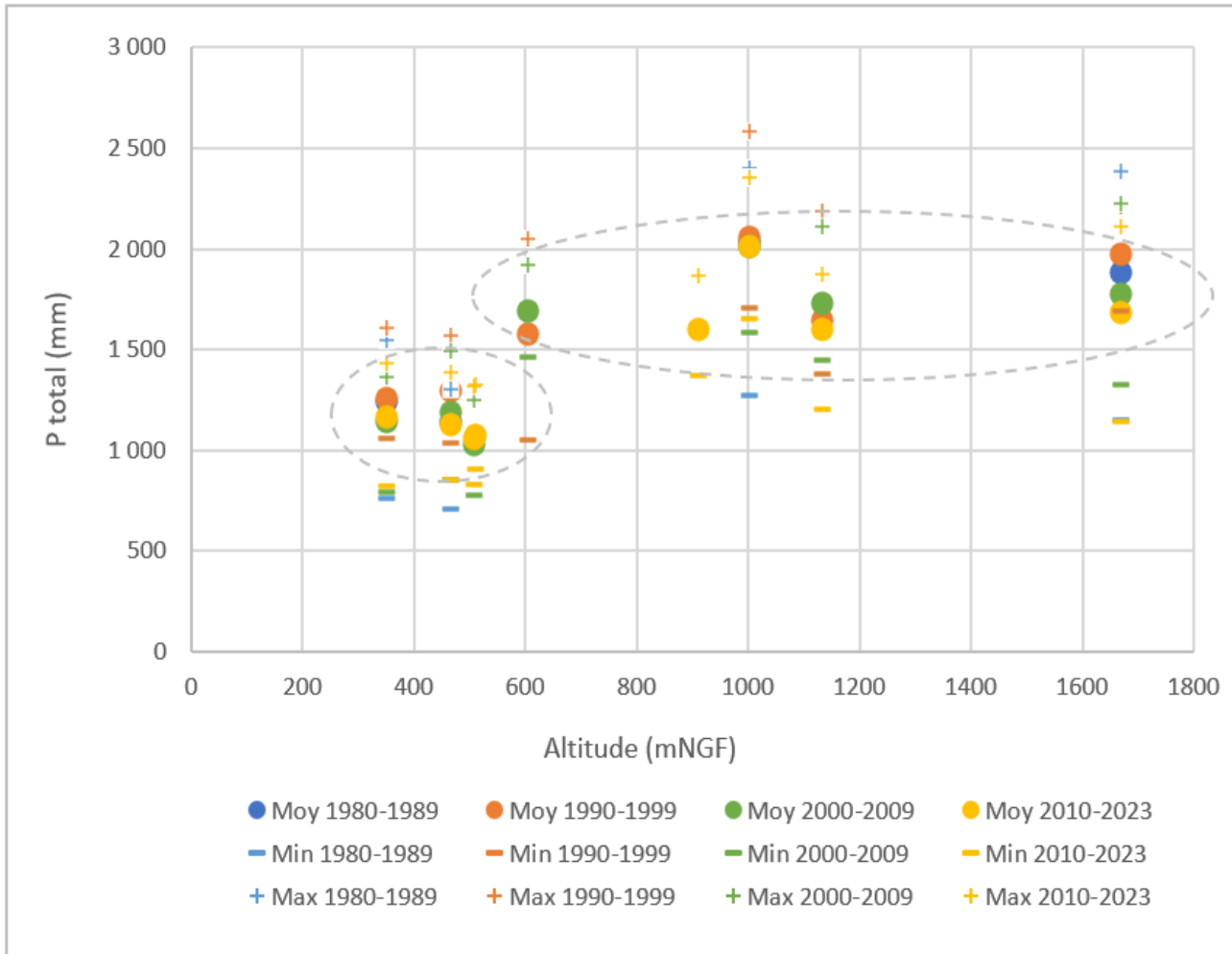
### 3.1.1. Analyse des températures

#### Synthèse

- Gradient des températures avec l'altitude de **-0,5°C / 100 m.**
- Sur la période historique, on observe une augmentation des températures à toutes les saisons et à toutes les altitudes (références : La Dole et La Pesse).
- Augmentation plus forte en été et en automne.
- Forte variabilité d'une année à l'autre.
- Observation d'années récentes critiques 2022 et 2023.

## 3.1. Analyse historique

### 3.1.2. Analyse des précipitations



### Evolution des précipitations annuelles avec l'altitude

- Entre 350 et 600 m d'altitude : P moy = 900 à 1500 mm/an.
- Entre 600 et 1650 m d'altitude : P moy = 1700 à 2100 mm/an.
- Les lacunes de données ne permettent pas à ce stade une approche précise de la répartition géographique des précipitations (une approche partielle est faite sur les saisons – cf. ci-après).

## 3.1. Analyse historique

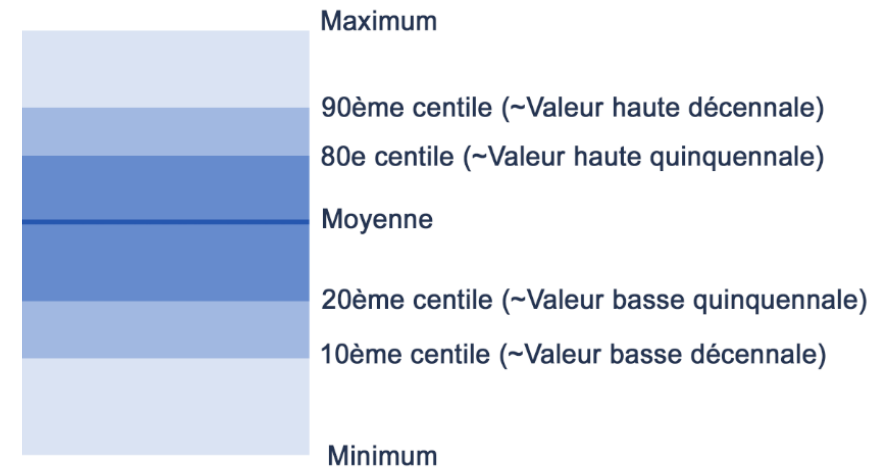
### 3.1.2. Analyse des précipitations

Analyse sur les stations:

- DIVONNE 467 m NGF (1950-2023)
- MIJOUX 1002 m NGF (1966-2023)
- LA PESSE 1133 m NGF (1996-2023)
- La Dôle 1670 m NGF (1973-2018)

Observations Réseau ROMMA.

Utilisation des courbes enveloppes  
pour caractériser la variabilité:

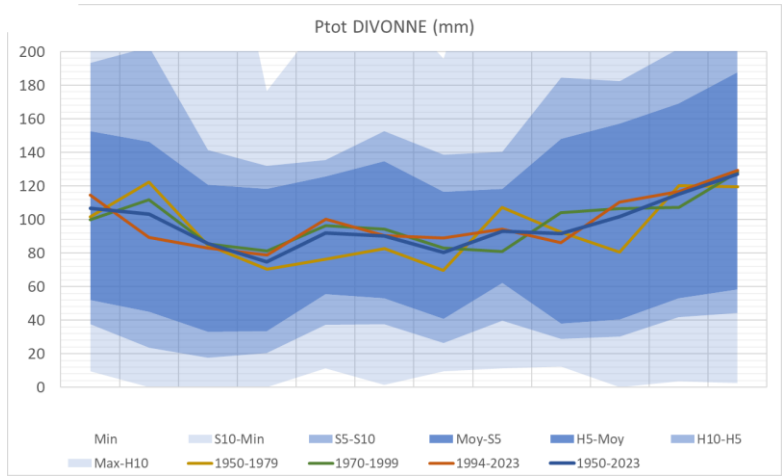


Valeurs de cumuls présentées en mm.

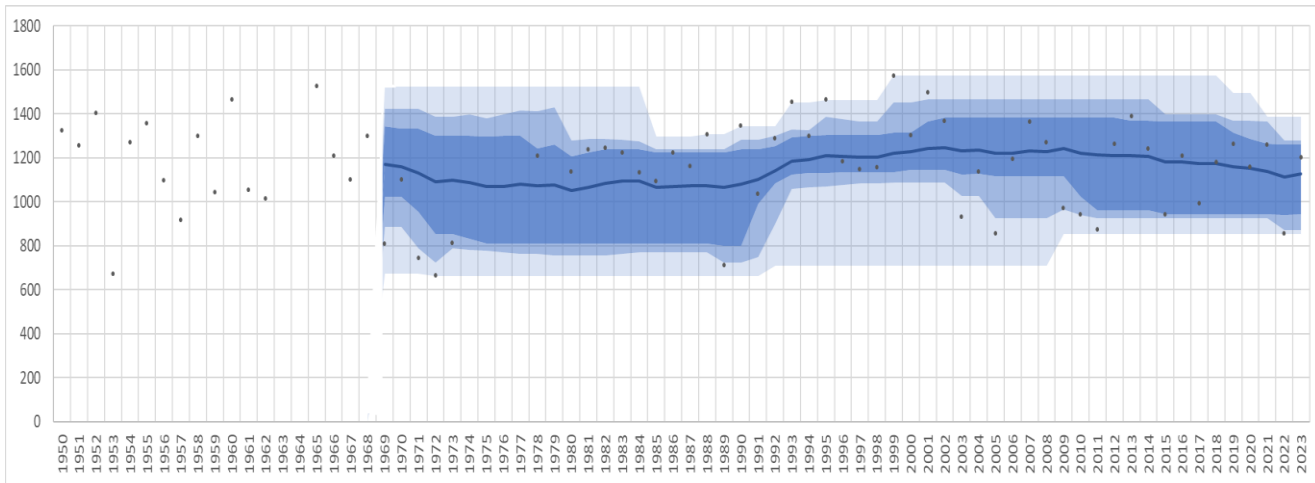
# 3.1. Analyse historique

## 3.1.2. Analyse des précipitations

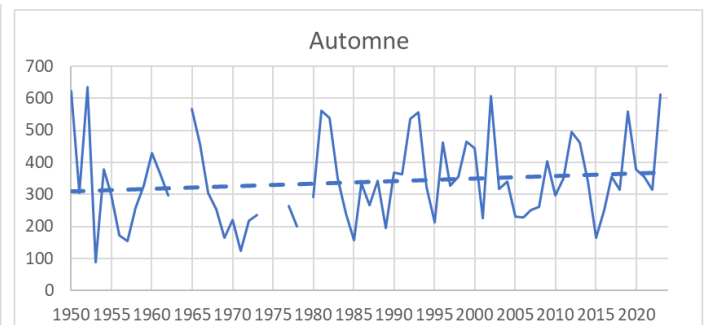
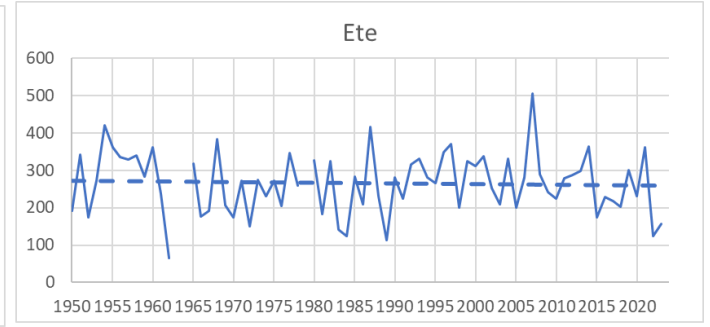
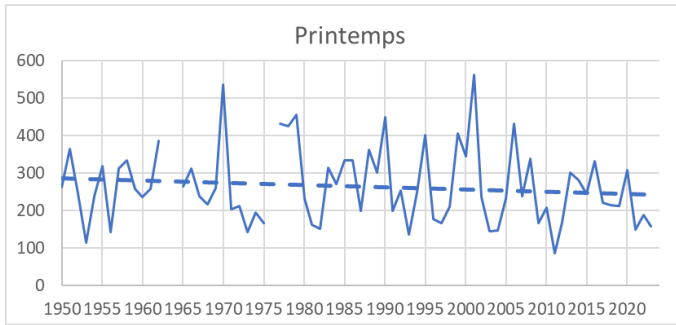
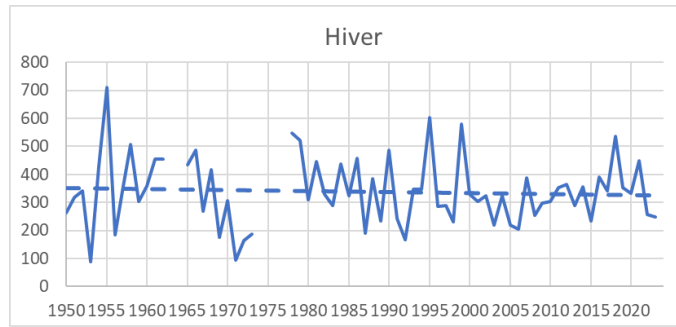
### Evolution des précipitations à Divonne



#### Valeurs mensuelles



#### Evolution des valeurs annuelles (moy mobile 20 ans précédents)



#### Valeurs saisonnières

Tendance à la baisse des précipitations en été, marquée depuis 10 ans.

Episodes secs en été et en automne : 2015, 2016, 2017, 2018.

Forte variabilité en hiver.

Moyenne = 317 mm.

Ecart 2017 : -196 mm (-62%).

Ecart 2018 : +256 mm (+80%).

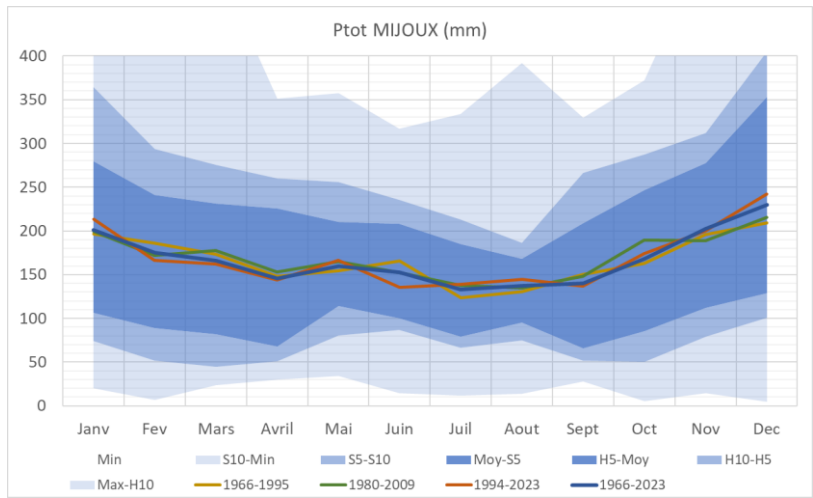
Forte variabilité en été et à l'automne.

Une variabilité printanière semblant s'atténuer.

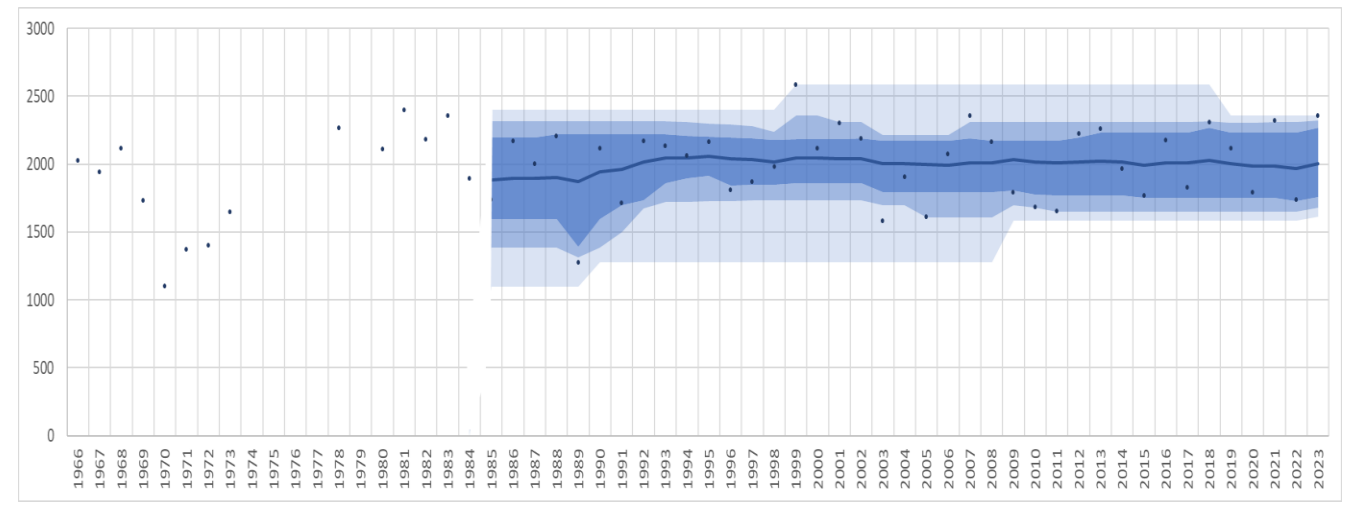
# 3.1. Analyse historique

## 3.1.2. Analyse des précipitations

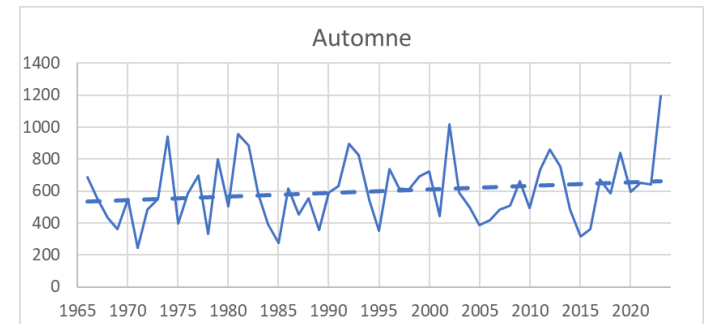
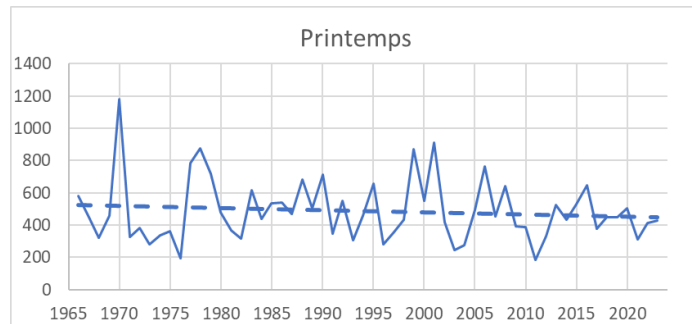
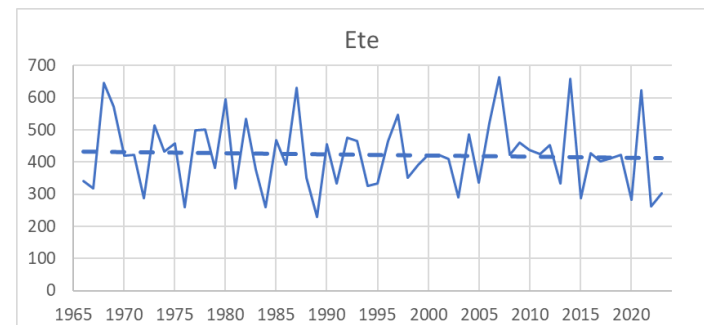
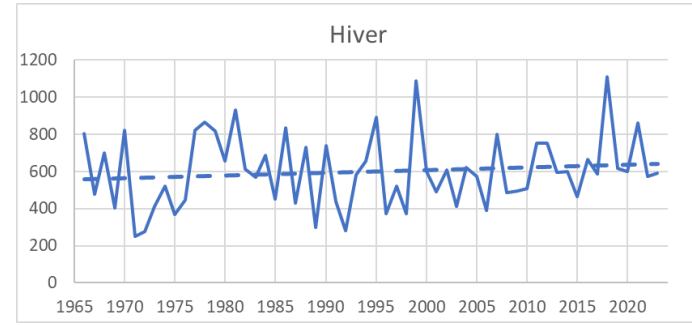
### Evolution des précipitations à Mijoux



Valeurs mensuelles



Evolution des valeurs annuelles (moy mobile 20 ans précédents)



Valeurs saisonnières

Hiver 1996-2023 :  
Moyenne = 597mm.  
2017 : -365 mm (-61%).  
2018 : +461 mm (+77%).

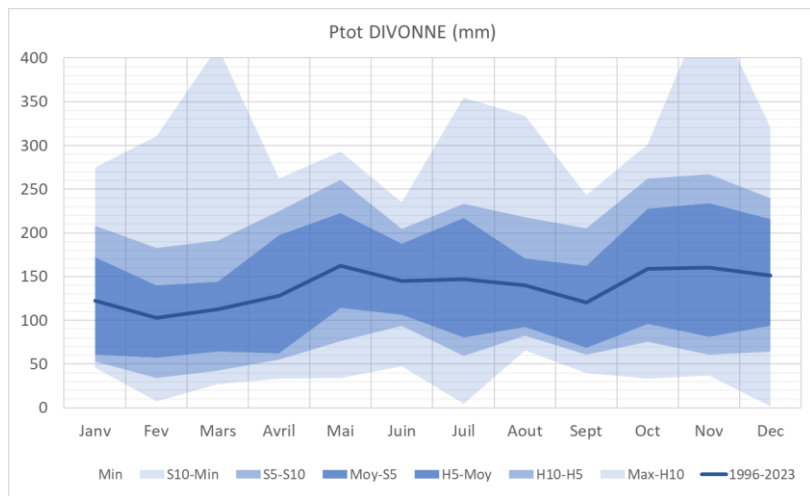
Été 1996-2023 :  
Moyenne = 425mm.  
Ecart 2020 : -142 mm (-33%).  
Ecart 2021 : +197 mm (+46%).  
Ecart 2022 : -164 mm (-38%).

Très forte variabilité au cours des dernières années.

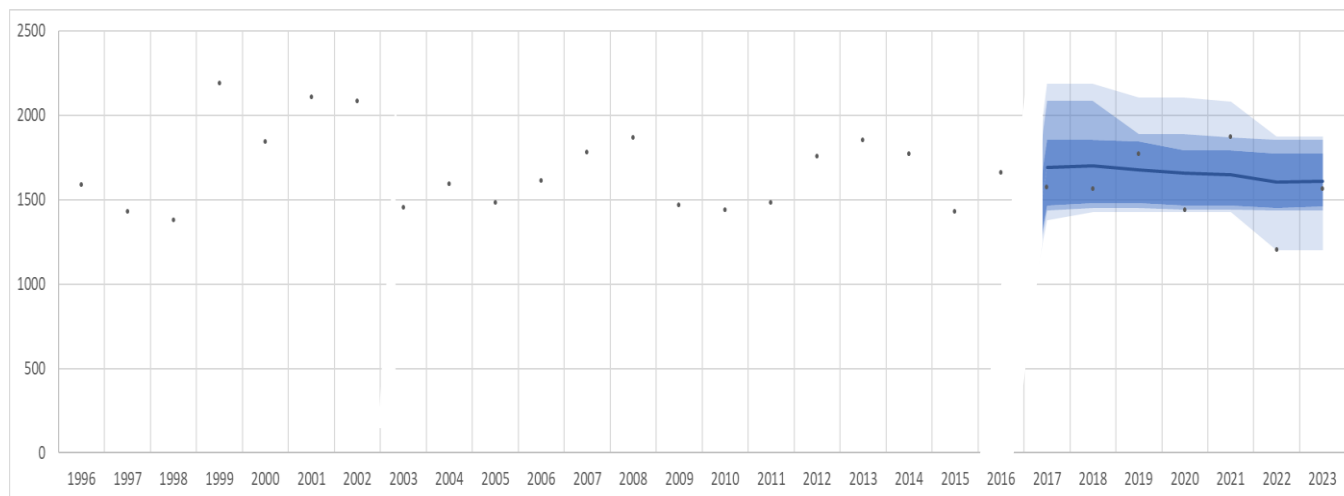
# 3.1. Analyse historique

## 3.1.2. Analyse des précipitations

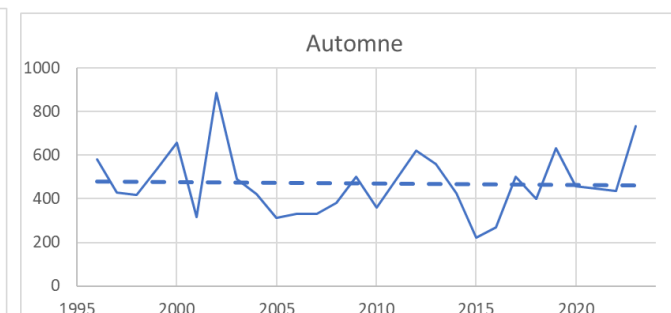
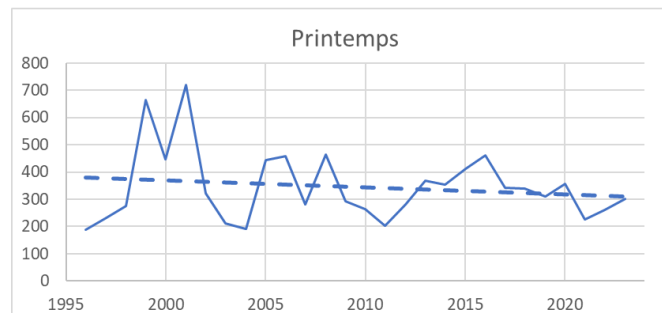
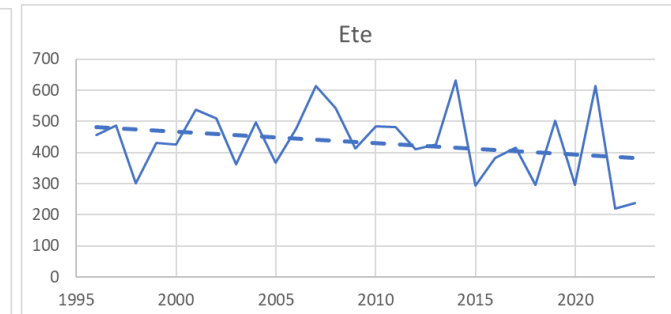
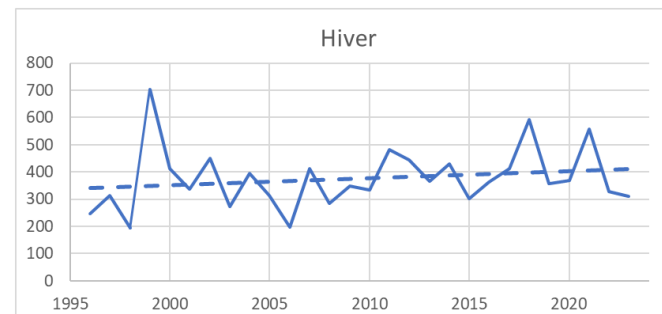
### Evolution des précipitations à La Pesse



Valeurs mensuelles



Evolution des valeurs annuelles (moy mobile 20 ans précédents)



Valeurs saisonnières

P moy 1996-2023 = 1651 mm/an.

Année la plus sèche :

P 2022 = 1202 mm.

Ecart 2022 = -449 mm.

Sur 2013-2023 :

Ecart 2015 = - 223 mm.

Ecart 2017 = -79 mm.

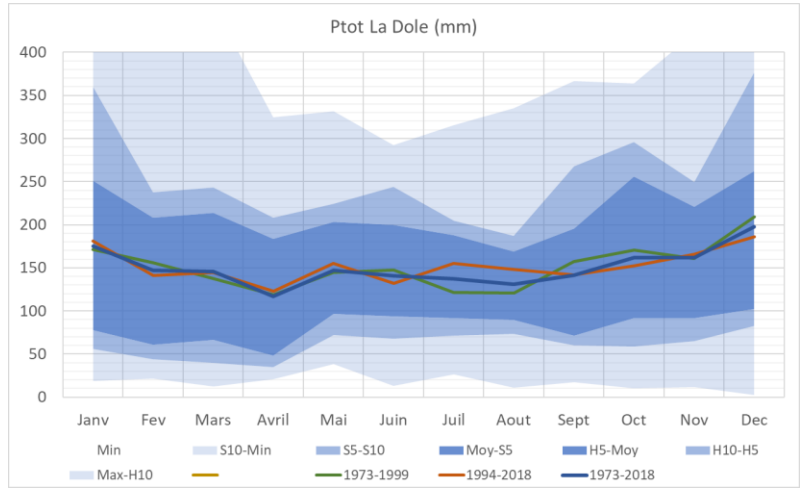
Ecart 2018 = -88 mm.

Ecart 2020 = -211 mm.

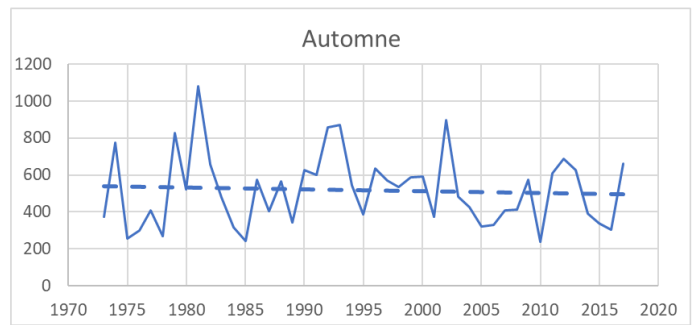
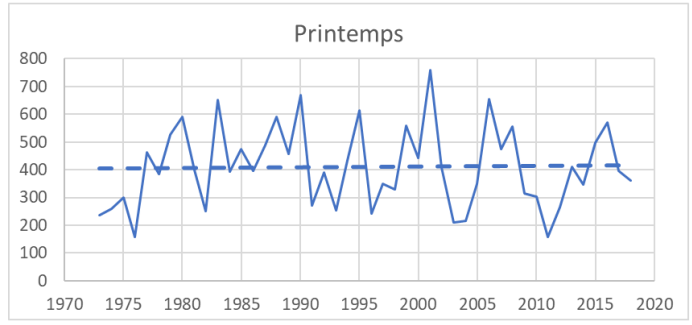
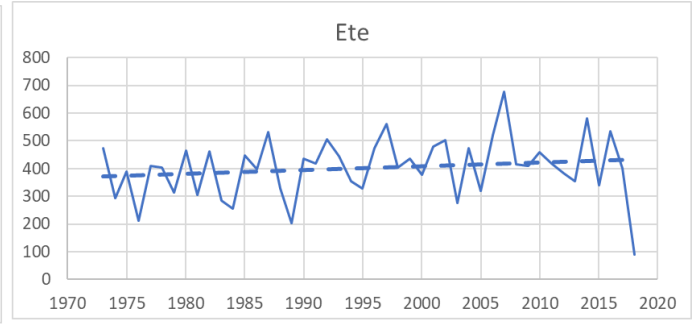
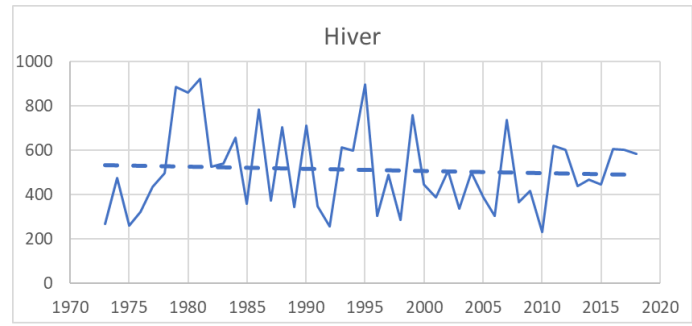
# 3.1. Analyse historique

## 3.1.2. Analyse des précipitations

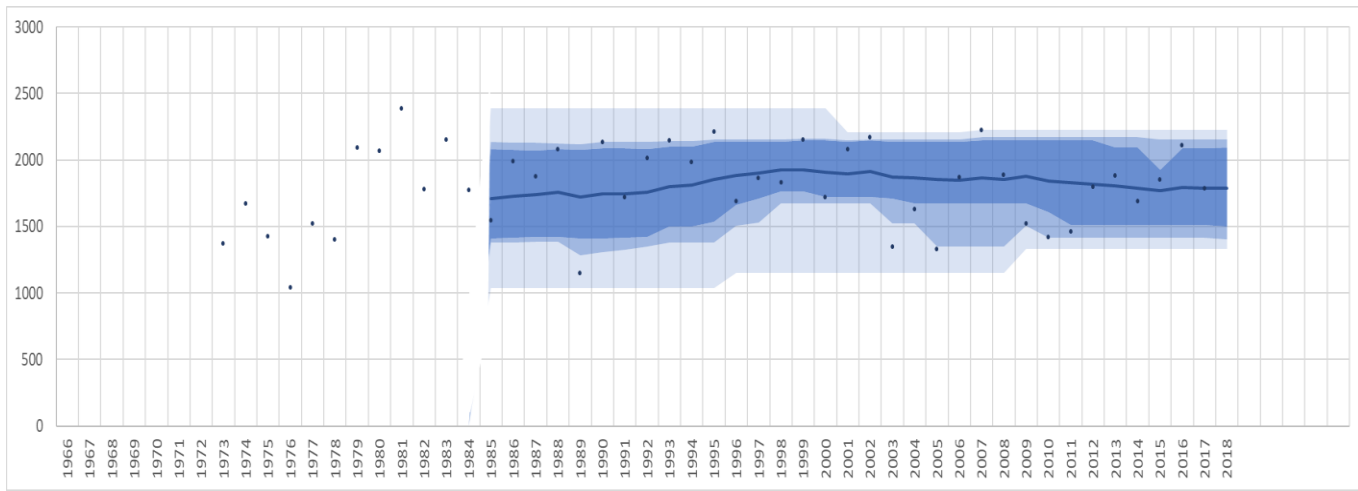
### Evolution des précipitations à La Dôle



Valeurs mensuelles



Valeurs saisonnières



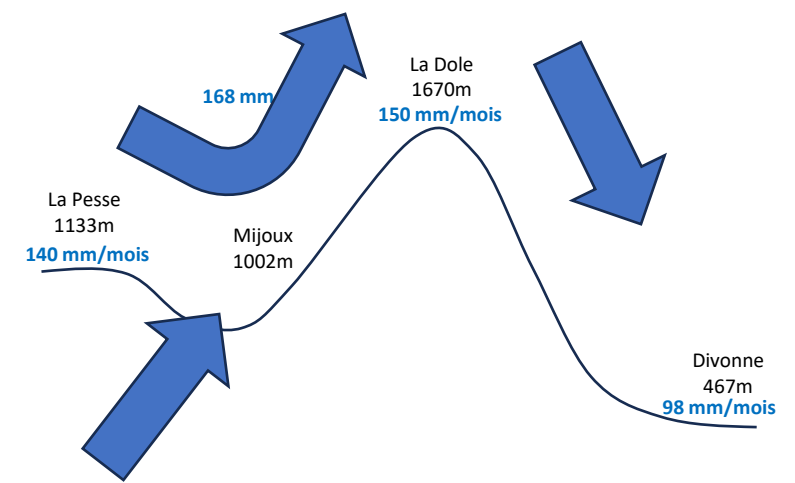
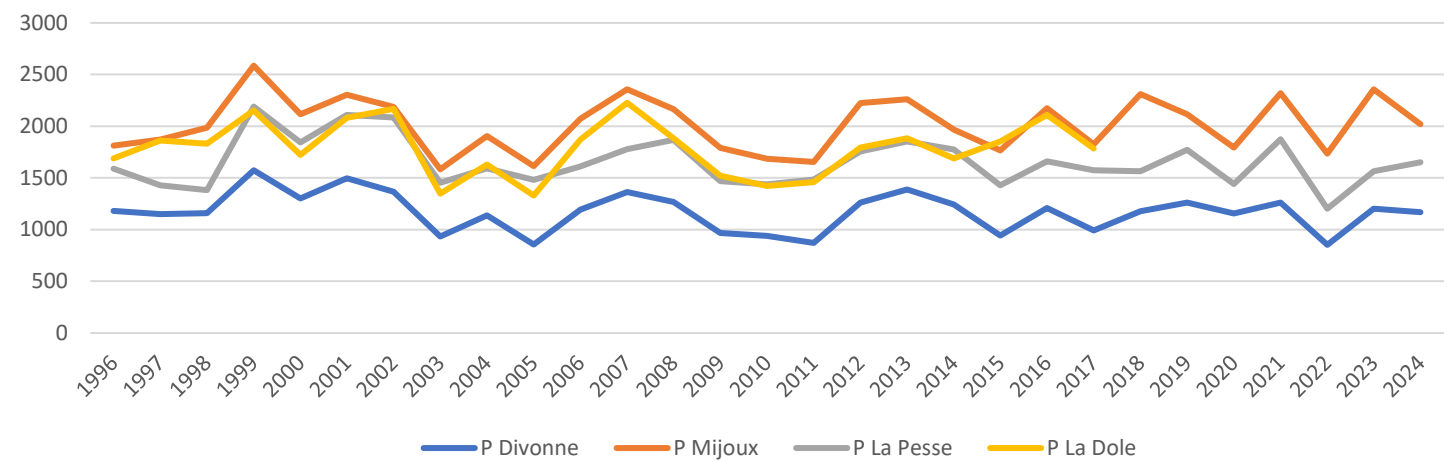
Evolution des valeurs annuelles (moy mobile 20 ans précédents)

# 3.1. Analyse historique

## 3.1.2. Analyse des précipitations

### Synthèse sur les stations Divonne – Mijoux – La Pesse – La Dôle

P (mm) - Divonne - Mijoux - La Pesse - La Dole



Evolution des précipitations moyennes annuelles sans tendance remarquable.  
Années les plus sèches : 1953, 1970, 1972, 1976, 1989, 2022.

Forte variabilité des cumuls annuels :  
+/- 200 à 300 mm entre les références décennales et la moyenne (+/-15 à 20%).  
+/- 400 à 600 mm entre les extremums et la moyenne (+/-20 à 35%).

Très forte variabilité interannuelle des cumuls mensuels quelles que soient les saisons :  
+/- 50 à 100 mm entre les références décennales et la moyenne (+/-30 à 50%).  
+/- 200 à plus de 400 mm entre les extremums et la moyenne (+/-100 à 400%).  
Globalement un peu plus de pluie en automne et hiver mais pas de façon flagrante au regard de la variabilité.

**Pas de tendance marquée d'évolution.**

### Effet orographique et influence des flux de Sud-Ouest ?

DIVONNE	MIJOUX	LA PESSE	La Dôle
467m	1002	1133m	1670m
1 168	2 019	1 652	1 758

*Cumul moyen annuel depuis 1996*

# 3.1. Analyse historique

## 3.1.2. Analyse des précipitations

### Observations réseau ROMMA

Approche de la répartition des précipitations sur le massif : à prendre avec précaution compte tenu de la fiabilité relative des données des stations ROMMA.

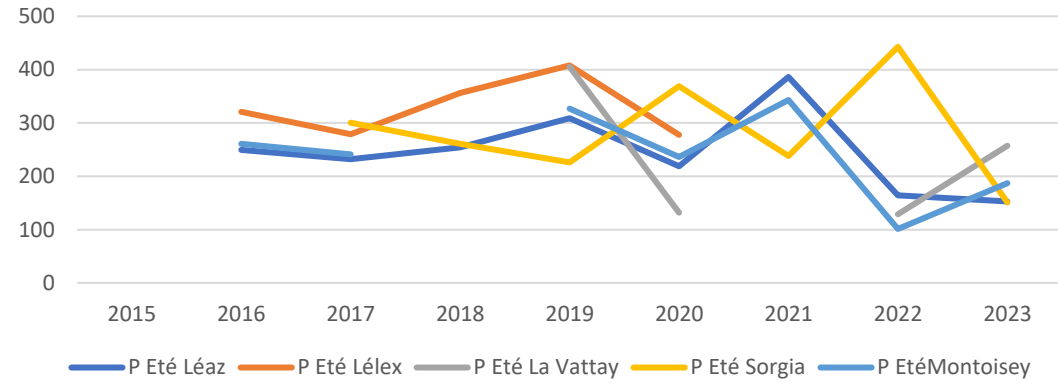
Les précipitations sur Lélex sont les plus abondantes = effet « pied de massif » comme pour Mijoux.

Montoisey (la plus haute) reçoit le moins de précipitations en été. Montoisey et Léaz semblent corrélées alors que les stations sont éloignées et à des altitudes différentes.

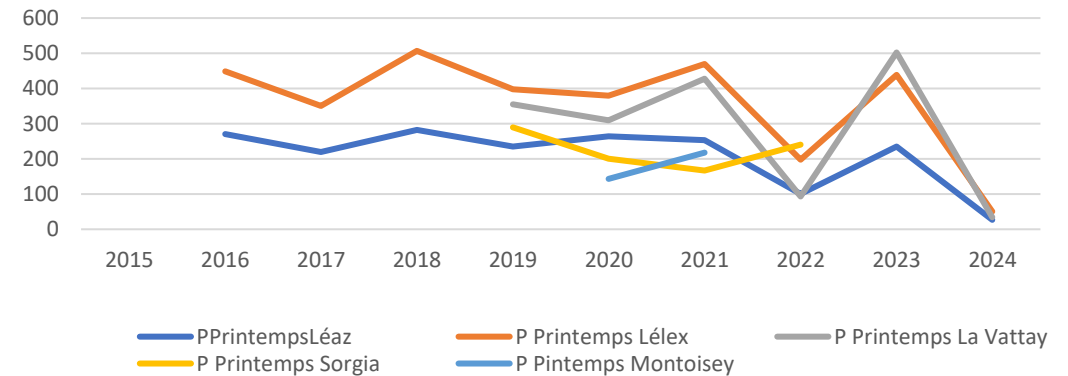
Sorgia a une réponse spécifique = en été, la réponse est à l'inverse de la partie centrale et de la partie Nord.

=> Cela permet de dire que les précipitations sur le massif sont assez hétérogènes d'un site à l'autre du printemps à l'automne => cela nécessite donc des approches sectorielles des bilans hydrologiques.

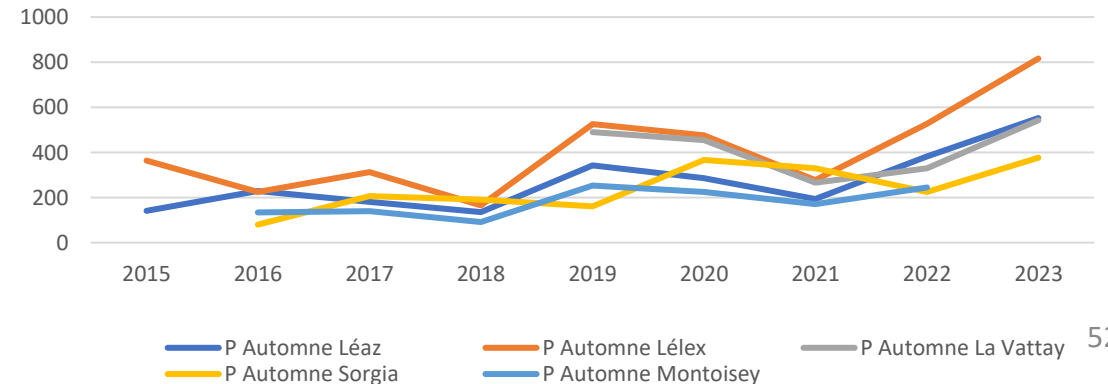
P (mm) Eté



P (mm) Printemps



P (mm) Automne



## 3.1. Analyse historique

### 3.1.2. Analyse des précipitations

#### Synthèse

#### Tendances géographiques

- Possible effet orographique en pied de massif.
- Augmentation avec l'altitude en 2 groupes diffus.

#### Tendances d'évolution

- Précipitations moyennes annuelles sans tendance d'évolution notable depuis 1966.
- Années les plus sèches : 1970, 1989.
- Forte variabilité dans les années 80.
- Très forte variabilité quelles que soient les saisons (cf. analyse de la période 2021-2024 ci-après).
- **Pas de tendance marquée d'évolution sur l'ensemble des stations.**

# 3.1. Analyse historique

## 3.1.3. Période 2021-2024

- Historique :**

Augmentation des températures en toutes saisons.

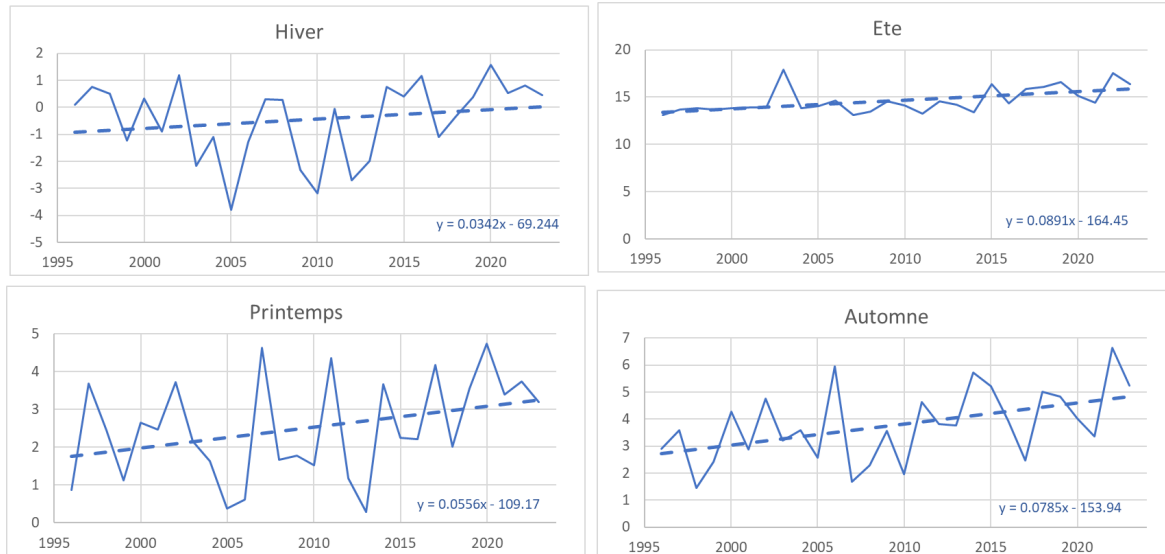
Depuis 30 ans = +0,9 °C en hiver / +1,8°C au printemps / +2,4°C en automne / +2,7°C en été.

Des précipitations très variables : période 2021-2024 représentative de cette variabilité => approche réalisée à la station de la Pesse.

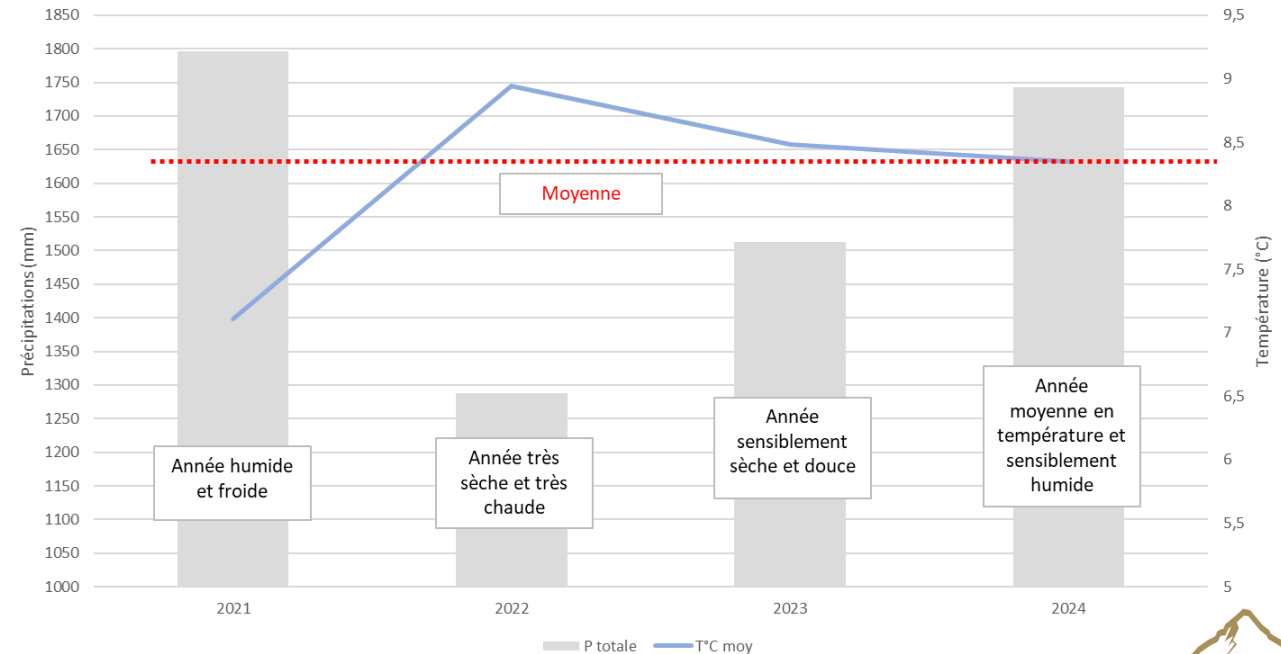
**Cette analyse sur les années récentes montre une plus forte variabilité interannuelle dans la période récente par rapport aux 30 dernières années.**

### LA PESSE 1133 m (1996-2023)

#### Températures moyennes saisonnières



Caractéristiques climatiques des années 2021 à 2024



# 3.1. Analyse historique

## 3.1.3. Période 2021-2024

### LA PESSE 1133 m – évolutions des précipitations et des températures sur la période 2021-2024

#### 2021 :

- hiver très doux (6<sup>ème</sup> hiver le plus doux sur 1996-2024) et pluvieux (5<sup>ème</sup> le plus pluvieux). Fortes chutes de neige en janvier (261 mm / moy = 122 mm) mais fonte le 27. Peu de neige en février (65 mm / moy = 103 mm)
- printemps moyennement pluvieux (mai 259 mm / moy = 163 mm) – **P-ETP = 300 mm**. Printemps frais (mai 7°C / moy = 9,68°C)
- été très humide (juin 230 mm / moy = 145 mm – juillet 279 mm / Moy = 144 mm) – **P-ETP = 238 mm**. Température estivale proche de la moyenne
- automne très sec (septembre 67 mm / moy = 120 mm – novembre 56 mm / moy = 160 mm) – P-ETP = 26 mm. Température automnale proche de la moyenne

#### 2022 :

- hiver pluvieux, moyennement doux (février chaud : 1,07 °C / moy = -0,5°C). Fortes pluies en décembre (232 mm / moy = 151 mm) et peu de neige en janvier (68 mm / moy = 122 mm)
- printemps très sec (mars 32 mm / moy = 115 mm – mai 45 mm / moy = 163 mm) – **P-ETP = 37 mm**. Printemps chaud (3<sup>ème</sup> le plus chaud) mars 4°C / moy = 2,4°C – mai 12,7°C / moy = 9,7°C
- été très sec (juillet 5 mm / moy = 144 mm – août 78 mm / moy = 139 mm) – **P-ETP = -234 mm** Eté très chaud (juillet-août > 18°C / moy = 15°C) = 2<sup>ème</sup> été le plus chaud après 2003
- précipitation automnale proche de la moyenne – P-ETP = 160 mm. Automne chaud (octobre 12,8°C / moy = 8,2°C)

#### 2023 :

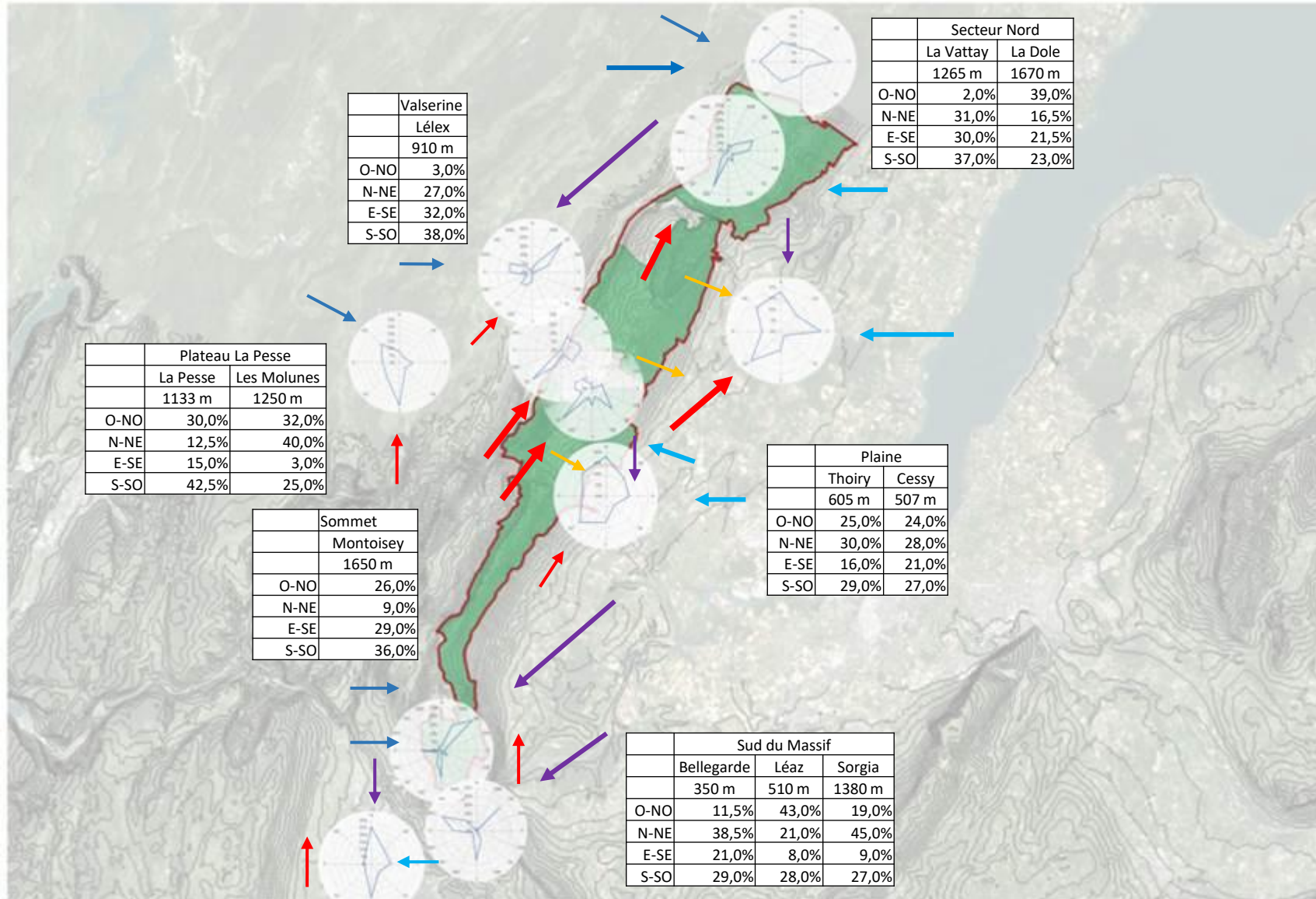
- hiver sec (février 7,4 mm / moy = 103 mm) et doux (décembre 2,1°C / moy = 0,18°C)
- printemps sec (mai 88 mm / Moy = 163 mm) – **P-ETP = 243 mm**. Printemps doux (mars 3,8°C / moy = 2,4°C)
- été très sec (juin 74 mm / moy = 145 mm – juillet 52 mm / moy = 144 mm) – **P-ETP = -185 mm**. Eté chaud (juin 15,6°C / moy = 13,7°C)
- automne très humide (octobre 228 mm / moy = 159 mm – novembre 306 mm / moy = 160 mm) – **P-ETP = 339 mm**. Automne chaud (septembre 15,3°C / moy = 11,4°C)


#### 2024 :


- hiver pluvieux (décembre 198 mm / moy = 151 mm) et chaud (février 3,5°C / moy = -0,5°C => fonte rapide de la neige)
- printemps très humide (mars 143 mm / moy = 115 mm – Avril 182 mm / moy = 129 mm) – **P-ETP = 371 mm**. Printemps à température proche de la moyenne
- été sec (juillet 74 mm / moy = 144 mm – août 93 mm / moy = 139 mm) – P-ETP = -95 mm. Eté chaud (août 17,82°C / moy = 15°C)
- automne humide (septembre 189 mm / moy = 120 mm – octobre 196 mm / moy = 160 mm) - **P-ETP = 376 mm**. Automne doux (octobre 10,5°C / moy = 8,2°C)


## 3.1. Analyse historique


### 3.1.4. Analyse des vents




- 

Le vent d'Ouest / Nord-Ouest est le régime des vents dominants dans l'hémisphère nord. Appelé parfois la traverse, ce vent amène les perturbations (pluie et neige)
- 

Le vent de Sud / Sud-Ouest, appelé le vent, généré par des basses pressions sur les Iles britanniques et des hautes pressions sur le Sud de l'Europe
- 

Le vent de Nord / Nord-Ouest, appelé la bise, génère un anticyclone au Nord et une dépression dans le golfe de Gênes. C'est un vent froid et sec
- 

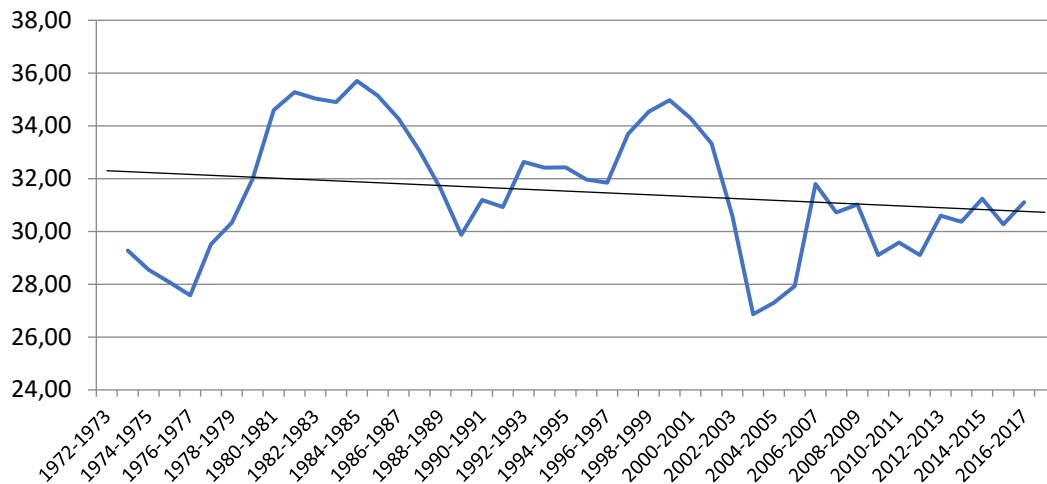
Les brises d'Est / Sud-Est générées par les différences de températures entre la masse d'eau du Lac et l'air + vents anabatiques
- 

Le joran est un vent de nord-ouest, relativement froid, qui descend du Jura vers le Léman. Il est généré par une différence de pression à l'Ouest du massif (bord de front froid) et à l'Est (air chaud) = l'air froid tombe vers le Lac.

# 3.1. Analyse historique

## 3.1.4. Analyse des vents

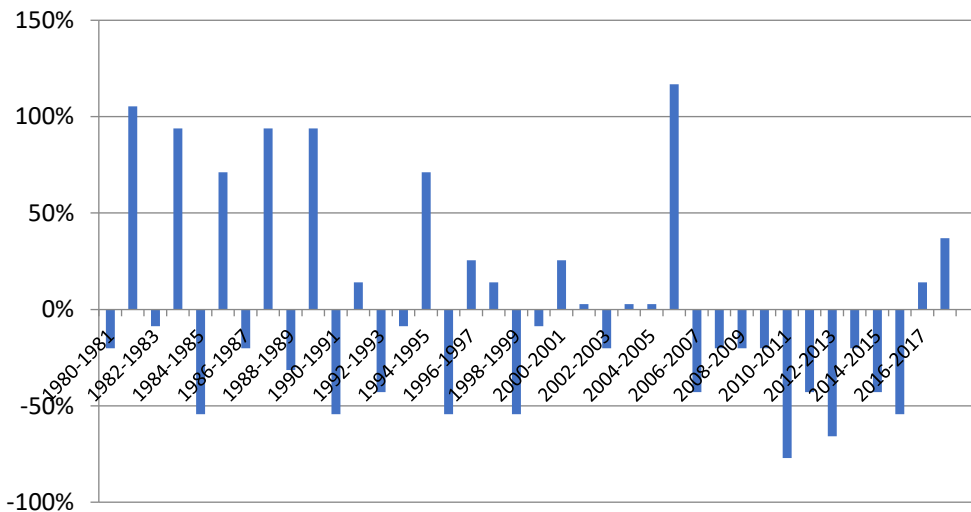
Evolution de la vitesse moyenne mensuelle du vent en hiver (en km/h) sur 1972-2018 à La Dôle



Observations :

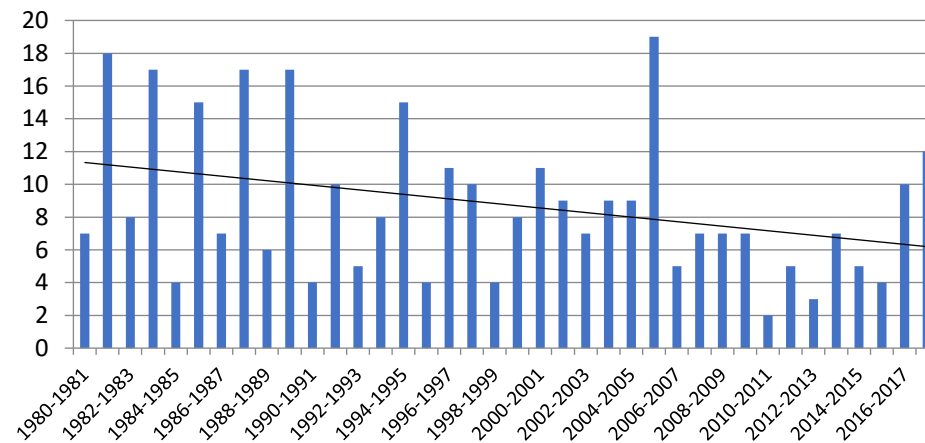
- Baisse des vitesses des vents d'hiver

- Baisse du nombre de jours avec rafale

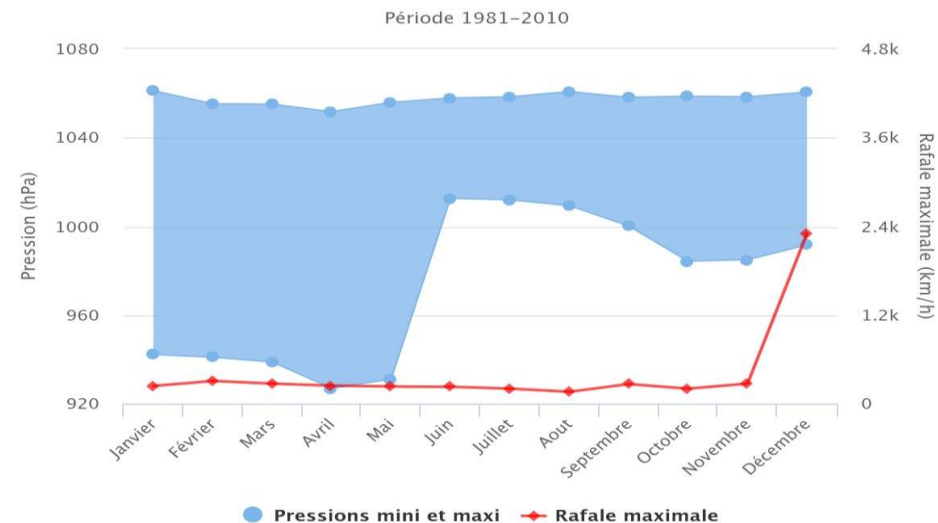


Evolution des écarts à la moyenne du nombre de jours avec rafales de vent supérieures à 120 km/h en hiver sur 1980-2018 à La Dôle

Evolution du nombre de jours avec rafales de vent supérieures à 120 km/h en hiver sur 1980-2018 à La Dôle



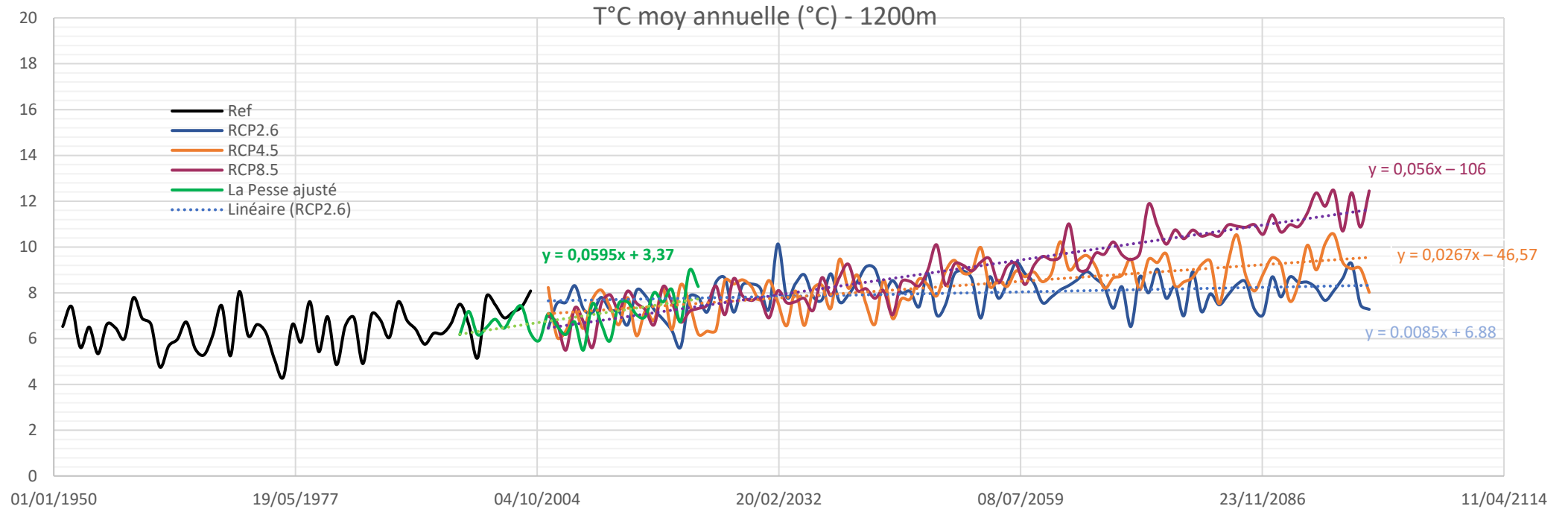
Pression et vent extrêmes à La Dole



L'intensité des vents est maximale en hiver

## 3.2. Projections climatiques

### 3.2.1. Modèles et scénarios



Projections : 2021-2050 (H1) / 2041-2070 (H2) / 2071-2100 (H3)

La superposition des données de La Pesse montre que la trajectoire suivie par les températures suit une tendance proche du scénario RCP8.5.

Historique La Pesse : coefficient 0,0002

Coefficient scénario RCP8.5 : 0,00015

Nous retenons les scénarios d'émission RCP4,5 et RCP 8.5

(cf. graphe ci-dessus : divergence RCP4.5 / RCP8.5 = 2040-2050 + PNACC = +2,7°C en 2050)

## 3.2. Projections climatiques

### 3.2.1. Modèles et scénarios

#### Données DRIAS analysées

- Vents
- Températures
  - Moyennes
  - Minimales
- Précipitations
  - Totales
  - Solides



#### Données calculées

- Occurrence des canicules
- Evapotranspiration
- Précipitations Efficaces
- Alimentation potentielle
- Débits

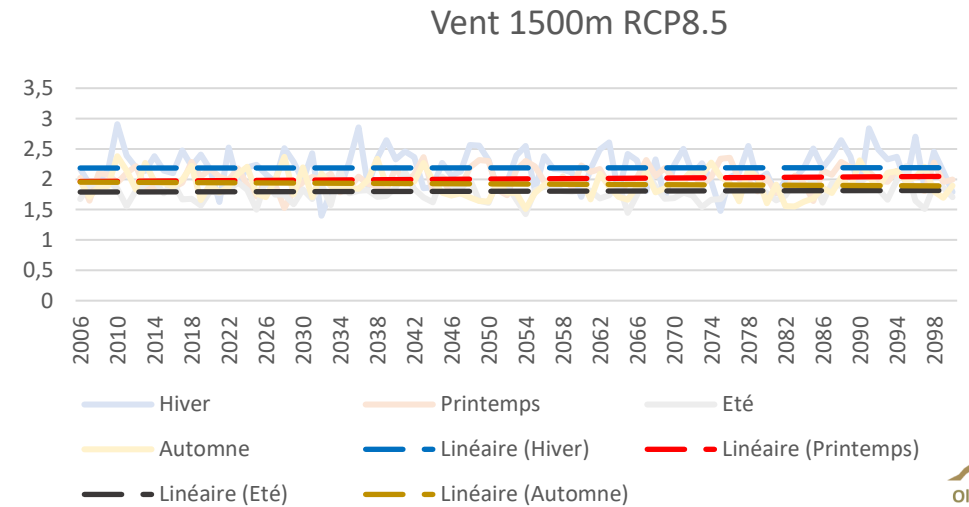
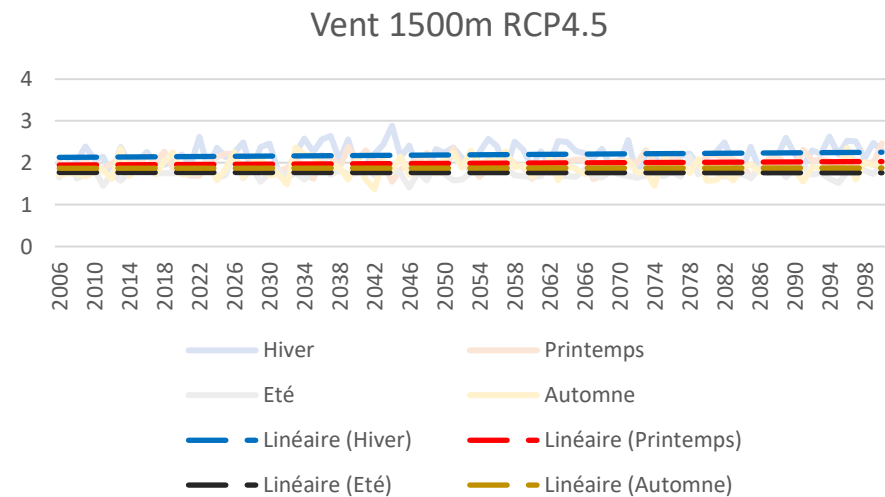
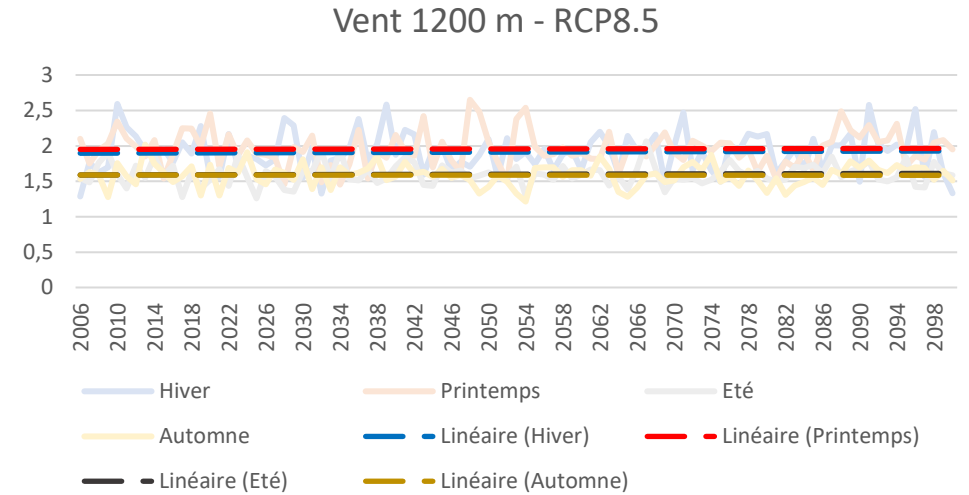
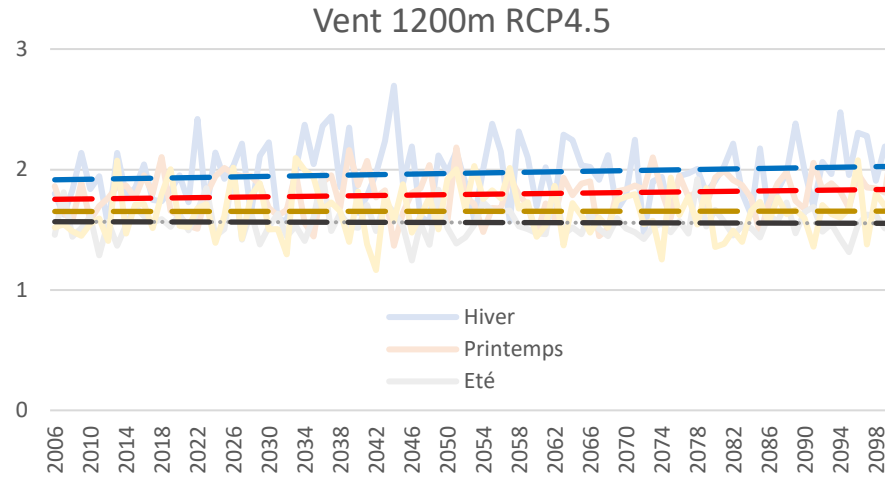
## 3.2. Projections climatiques

### 3.2.2. Projection de l'évolution des vents

Le modèle ALADIN – station La Pesse - (corrigé ADAMONT) **montre une stabilité du régime des vents à toutes les altitudes et en toutes saisons**



**Le facteur « vent » ne sera pas considéré dans la suite de l'étude**



## 3.2. Projections climatiques

### 3.2.3. Projection de l'évolution des températures

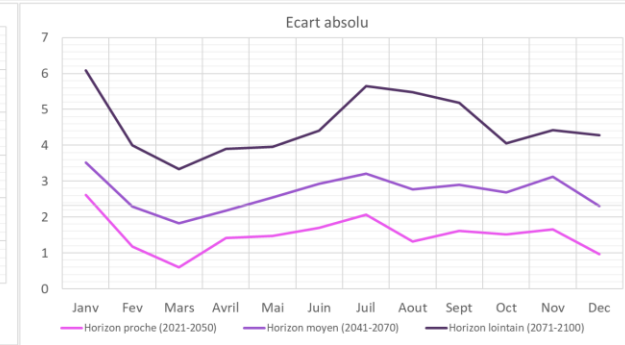
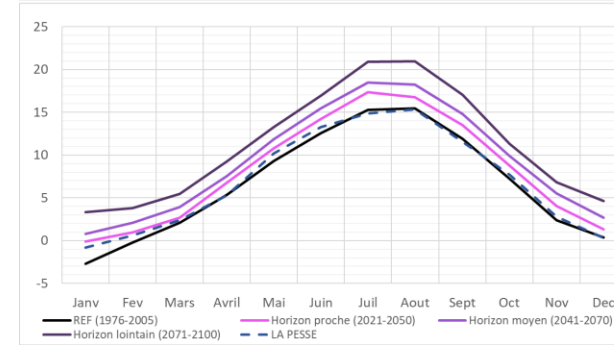
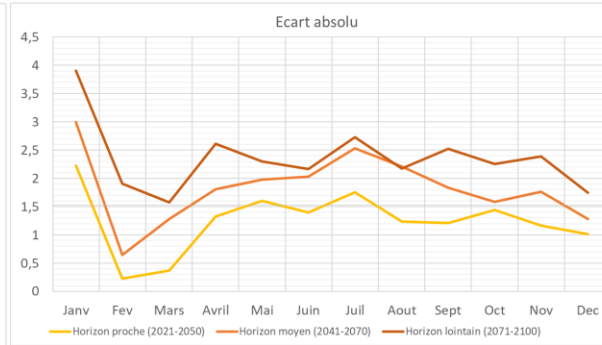
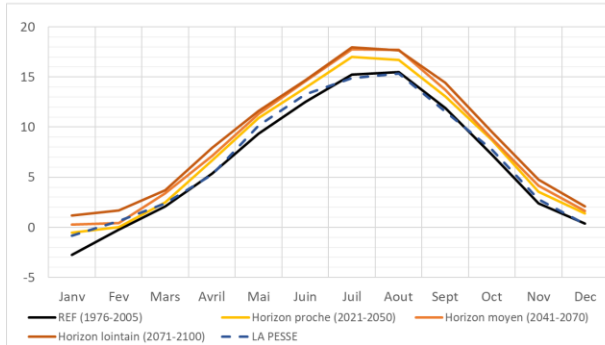
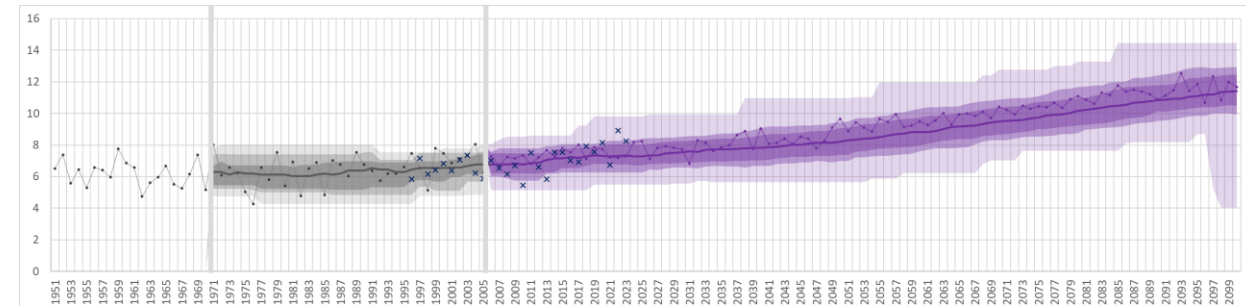
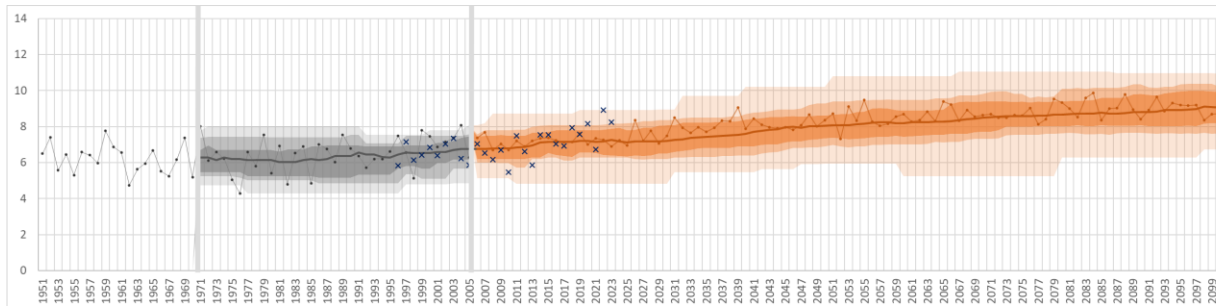
#### Température moyenne (°C) – Multimodèles Niveau 1200m

RCP4.5

P tot (mm)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
REF (1976-2005)	-2,7	-0,2	2,1	5,3	9,3	12,5	15,2	15,5	11,9	7,2	2,4	0,4	6,6
Horizon proche (2021-2050)	-0,5	0,0	2,5	6,7	10,9	13,9	17,0	16,7	13,1	8,7	3,5	1,4	7,8
Horizon moyen (2041-2070)	0,3	0,4	3,4	7,2	11,3	14,6	17,8	17,7	13,7	8,8	4,1	1,6	8,3
Horizon lointain (2071-2100)	1,2	1,7	3,7	8,0	11,6	14,7	18,0	17,6	14,4	9,5	4,8	2,1	8,9

RCP8.5

P tot (mm)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
REF (1976-2005)	-2,7	-0,2	2,1	5,3	9,3	12,5	15,2	15,5	11,9	7,2	2,4	0,4	6,6
Horizon proche (2021-2050)	-0,1	0,9	2,7	6,8	10,8	14,2	17,3	16,8	13,5	8,8	4,0	1,3	8,1
Horizon moyen (2041-2070)	0,8	2,1	3,9	7,5	11,9	15,5	18,5	18,3	14,8	9,9	5,5	2,7	9,2
Horizon lointain (2071-2100)	3,3	3,8	5,5	9,2	13,3	16,9	20,9	21,0	17,1	11,3	6,8	4,6	11,1



Les données de La Pesse sont représentées par des croix noires sur les 2 graphes : elles se situent globalement dans les nuages de points des 2 scénarios.

Les écarts sont élevés au RCP4.5 aux horizons H1 et H3 et au RCP8.5 à l'horizon H3, en été. La variabilité est forte.

En hiver également, la variabilité est forte.

Les tendances prédisent donc une augmentation de la température moyenne avec une alternance de saisons chaudes et de saisons moins chaudes. Des pics de chaleurs sont prévisibles en été.

# 3.2. Projections climatiques

## 3.2.3. Projection de l'évolution des températures

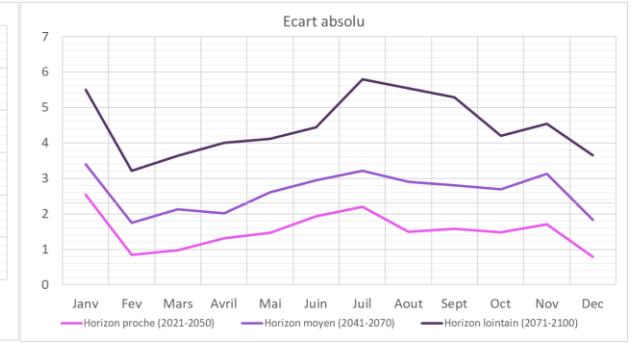
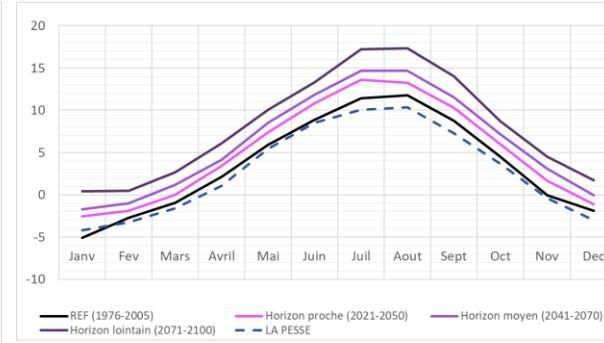
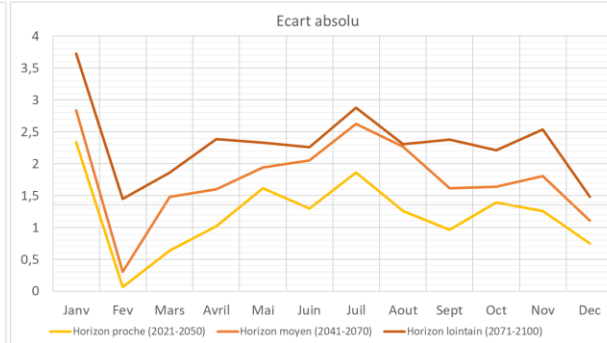
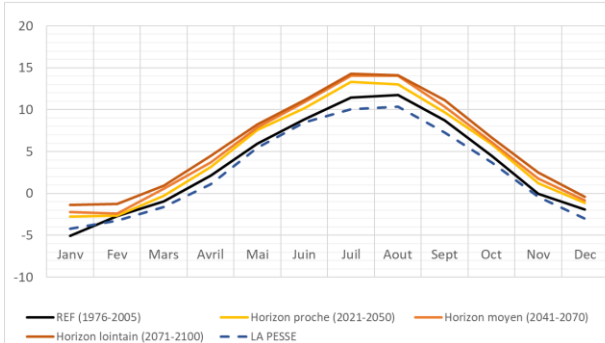
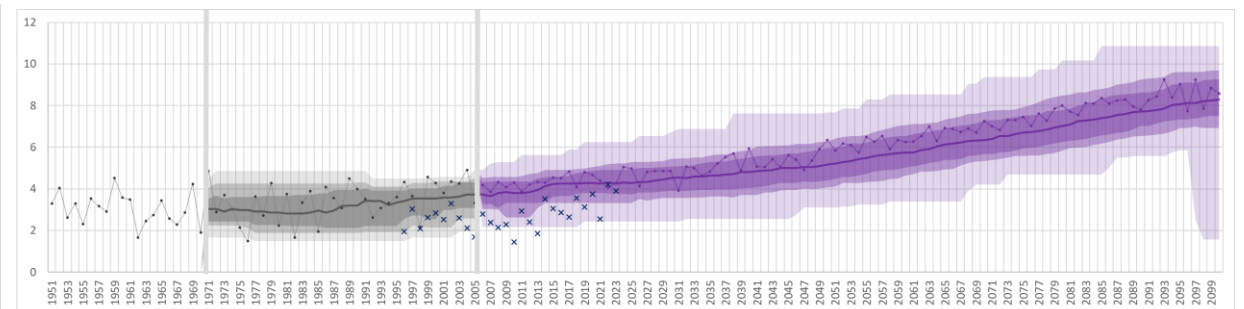
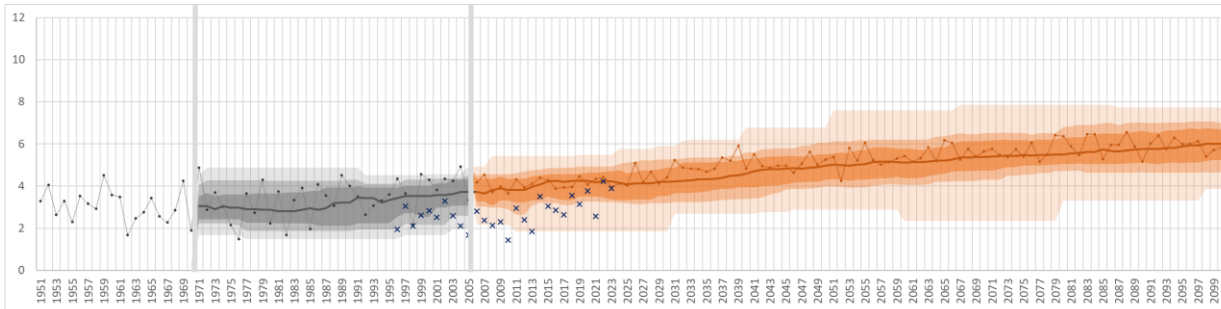
### Température minimum (°C) – Multimodèles 1200m

RCP4.5

RCP8.5

P tot (mm)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
REF (1976-2005)	-5,1	-2,7	-0,9	2,1	5,9	8,9	11,4	11,8	8,7	4,5	0,0	-1,9	3,6
Horizon proche (2021-2050)	-2,7	-2,7	-0,3	3,1	7,5	10,2	13,3	13,0	9,7	5,9	1,2	-1,2	4,8
Horizon moyen (2041-2070)	-2,2	-2,4	0,5	3,7	7,9	10,9	14,1	14,0	10,4	6,1	1,8	-0,8	5,3
Horizon lointain (2071-2100)	-1,3	-1,3	0,9	4,5	8,3	11,1	14,3	14,1	11,1	6,7	2,5	-0,4	5,9

P tot (mm)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
REF (1976-2005)	-5,1	-2,7	-0,9	2,1	5,9	8,9	11,4	11,8	8,7	4,5	0,0	-1,9	3,6
Horizon proche (2021-2050)	-2,6	-1,9	0,0	3,4	7,4	10,8	13,6	13,3	10,3	6,0	1,7	-1,1	5,0
Horizon moyen (2041-2070)	-1,7	-1,0	1,2	4,1	8,5	11,8	14,7	14,7	11,5	7,2	3,1	-0,1	6,1
Horizon lointain (2071-2100)	0,4	0,5	2,7	6,1	10,0	13,3	17,2	17,3	14,0	8,7	4,5	1,7	8,0



Les données de La Pesse sont représentées par des croix noires sur les 2 graphes : elles se situent en-dessous des tendances et certaines, hors des nuages de variabilité = le modèle semble moins bien calé pour ce paramètre. Cependant, les tendances sont cohérentes avec les évolutions historiques analysées précédemment.

Les températures minimales suivent les mêmes tendances et variabilités que les températures moyennes.

## 3.2. Projections climatiques

### 3.2.3. Projection de l'évolution des températures

#### Projection des périodes de canicules

Critère de température minimum journalière de 23.4 °C

Altitude plaine environ 500m, prise en compte de l'altitude de 600 m (pied de la chaîne)

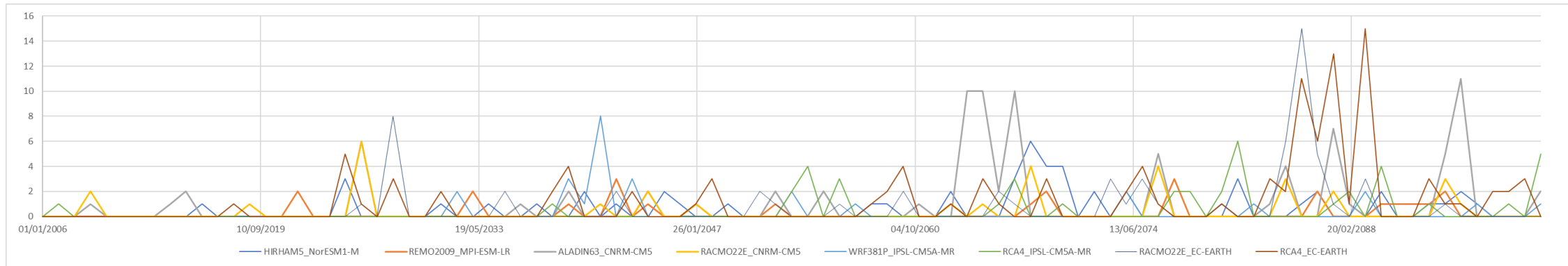
0 jour concerné durant la période de référence

Divonne et Ref 600m du modèle climatique

#### Nombre de jours par an avec Tmin > 23.4°C

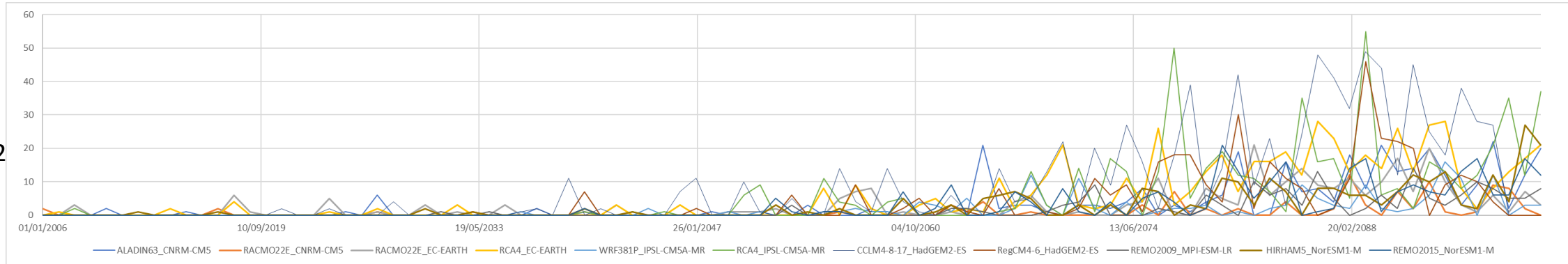
RCP4.5

Total moy=55 j  
Max=8.8 j/an



RCP8.5

Total moy = 342 j  
Max=28.3 j/an



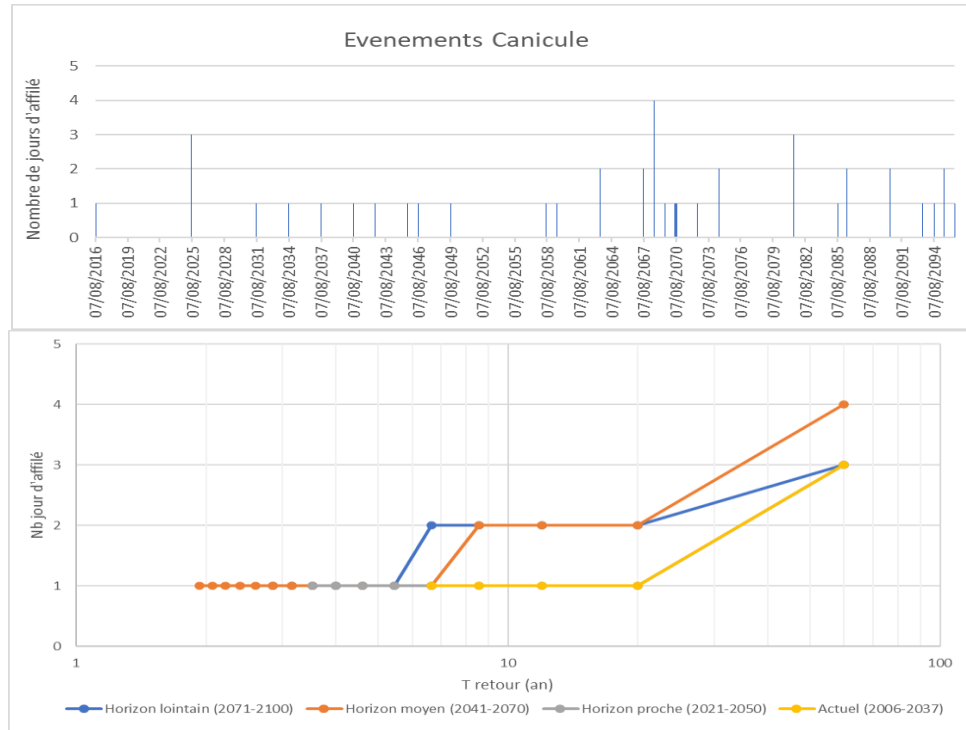
## 3.2. Projections climatiques

### 3.2.3. Projection de l'évolution des températures

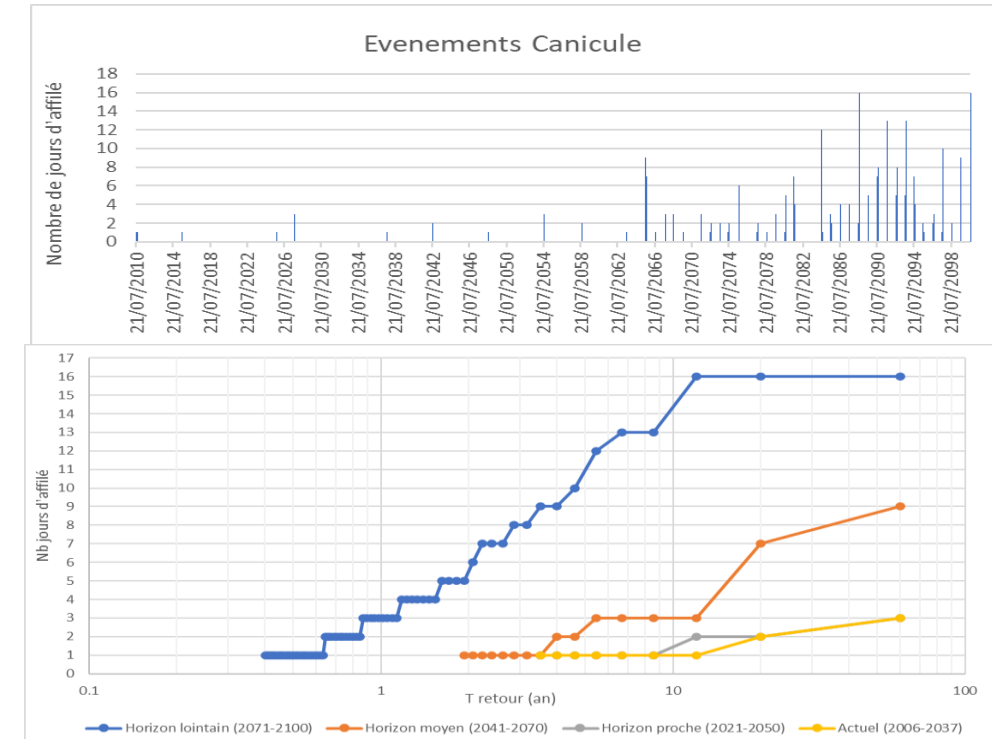
#### Projection des périodes de canicules

**Augmentation importante des fréquences et durées des canicules à partir de 2050 pour le scénario RCP8.5**

RCP4.5 HIRHAM5\_NorESM1-M



RCP8.5 ALADIN63\_CNRM-CM5



Occurrence des canicules en 30 ans :

Horizon actuel (2006-2037)  
Horizon proche (2021-2050)  
Horizon moyen (2041-2070)  
Horizon lointain (2071-2100)

RCP4.5

5 évènements sur 4 années  
11 évènements sur 6 années  
22 évènements sur 10 années  
11 évènements sur 9 années

RCP8.5

9 évènements sur 5 années  
9 évènements sur 5 années  
16 évènements sur 10 années  
75 évènements sur 27 années

## 3.2. Projections climatiques

### 3.2.4. Projection de l'évolution des précipitations

Les précipitations totales et solides sont modélisées à toutes les altitudes et pour toutes les saisons (cf. annexe 3).

- Précipitations totales annuelles sont stables à 1200m, 1500m et 1800m.
- Tendence à l'augmentation des précipitations hivernales, davantage à 1200m qu'à 1500m.
- Précipitations automnales stables quelles que soient l'altitude.
- Tendence à la baisse des précipitations totales en été pour RCP8.5 mais stabilité pour RCP4.5.

Concernant les précipitations solides :

- Une baisse nette quelle que soit l'altitude avec un rythme +/- élevé selon les scénarios.
- Pour le RCP4.5, la baisse de l'enneigement se voit surtout à l'automne (novembre) et au printemps (mars).

Baisse de la neige en mm/an		
	RCP4.5	RCP8.5
1200m	-1	-2,8
1500m	-1,6	-3,6
1800m	-1,9	-4,9

- Approche détaillée pour le niveau 1200m (cf. tableaux ci-contre + graphes ci-après).

		Hiver	Printemps	Eté	Automne	Année	
<b>Réf</b>	P totale	460	377	341	436	1614	
	P solide	254	114	0	61	429	
	Part Sol/Tot	55%	30%	0%	14%	27%	
<b>1200m RCP4.5</b>	<b>H1</b>	P totale	519	372	337	400	1628
		P solide	217	81	0	32	330
		Part Sol/Tot	42%	22%	0%	8%	20%
	<b>H2</b>	P totale	502	393	303	411	1609
		P solide	198	64	0	18	280
		Part Sol/Tot	39%	16%	0%	4%	17%
<b>H3</b>	P totale	527	362	330	447	1666	
	P solide	204	59	0	26	289	
	Part Sol/Tot	39%	16%	0%	6%	17%	

		Hiver	Printemps	Eté	Automne	Année	
<b>Réf</b>	P totale	460	377	341	436	1614	
	P solide	254	114	0	61	429	
	Part Sol/Tot	55%	30%	0%	14%	27%	
<b>1200m RCP8.5</b>	<b>H1</b>	P totale	513	412	372	439	1736
		P solide	222	85	0	32	339
		Part Sol/Tot	43%	21%	0%	7%	20%
	<b>H2</b>	P totale	526	388	335	416	1665
		P solide	194	60	0	21	275
		Part Sol/Tot	37%	15%	0%	5%	17%
	<b>H3</b>	P totale	526	375	311	455	1667
		P solide	125	42	0	9	176
		Part Sol/Tot	24%	11%	0%	2%	11%

	Réf	H1-RCP4.5	H1-RCP8.5	H2-RCP4.5	H2-RCP8.5
Printemps	30%	22%	21%	16%	15%
Automne	14%	8%	7%	4%	5%
Hiver	55%	42%	43%	39%	37%
Année	27%	20%	20%	17%	17%

# 3.2. Projections climatiques

## 3.2.4. Projection de l'évolution des précipitations

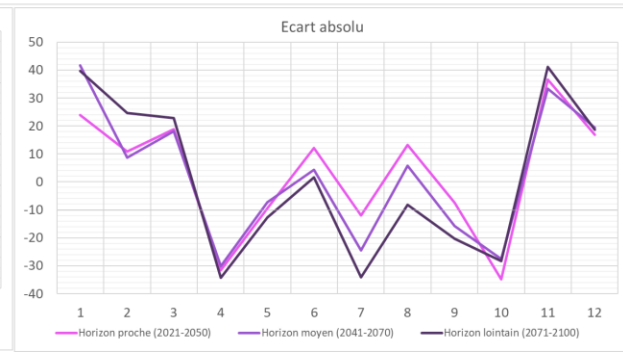
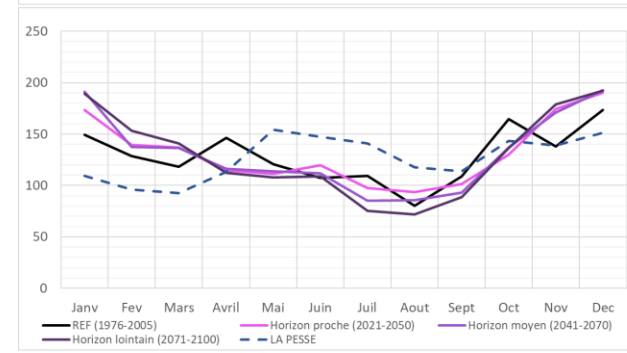
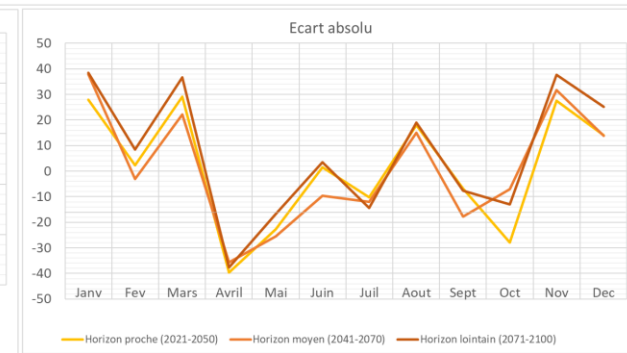
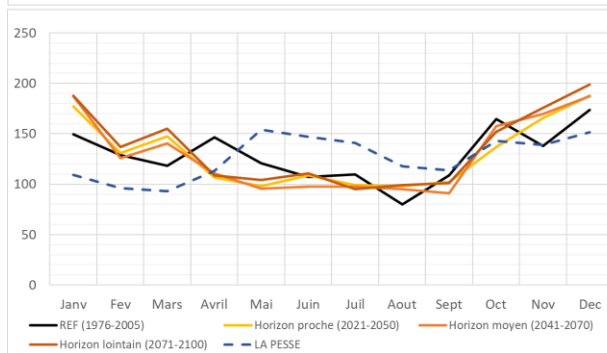
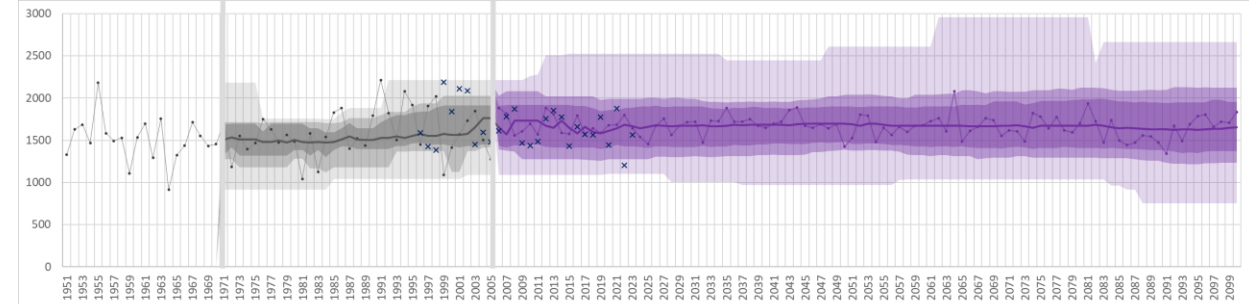
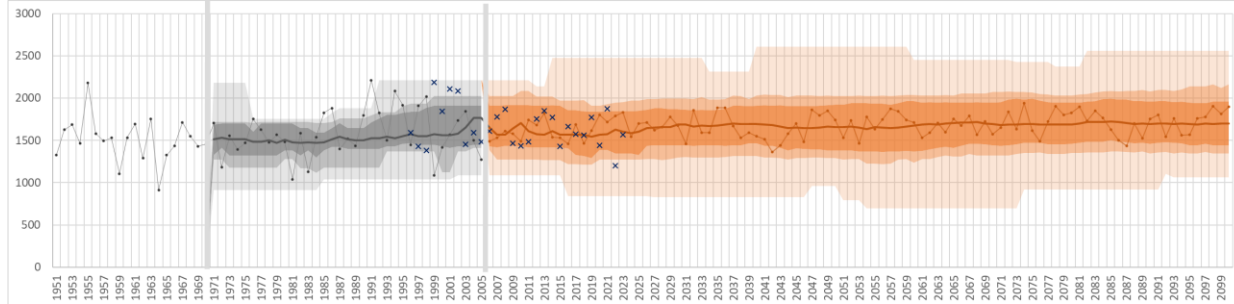
RCP4.5

Précipitations totales (mm) – Multimodèles 1200m

RCP8.5

P tot (mm)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
REF (1976-2005)	149,4	128,7	118,2	146,4	120,8	107,3	109,5	80,1	108,7	164,7	137,9	173,6	1567,7
Horizon proche (2021-2050)	177,4	131,1	147,3	106,9	98,1	108,9	99,3	98,2	101,9	136,8	165,5	187,6	1685,8
Horizon moyen (2041-2070)	187,2	125,6	140,3	110,9	95,4	97,7	97,5	95,2	90,9	157,6	169,7	187,5	1678,4
Horizon lointain (2071-2100)	187,9	137,1	154,8	108,8	104,1	110,8	95,1	99,0	101,0	151,8	175,7	198,7	1702,8

P tot (mm)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
REF (1976-2005)	149,4	128,7	118,2	146,4	120,8	107,3	109,5	80,1	108,7	164,7	137,9	173,6	1567,7
Horizon proche (2021-2050)	173,4	139,5	137,1	114,9	111,4	119,4	97,4	93,3	101,3	129,9	174,6	190,3	1684,0
Horizon moyen (2041-2070)	191,1	137,5	136,3	116,3	113,5	111,8	84,9	85,8	93,0	137,1	171,2	192,9	1673,4
Horizon lointain (2071-2100)	189,1	153,4	141,0	112,2	108,1	108,9	75,4	71,9	88,4	136,3	179,0	192,3	1656,4



Les données de La Pesse sont représentées par des croix noires sur les 2 graphes : elles se situent dans les nuages de variabilité des deux scénarios.

En synthèse :

- Evolution des moyennes annuelles relativement stable avec légère hausse.
- Forte variabilité interannuelle et inter-modèle (1300mm à 1900mm enveloppe décennale).
- Répartition mensuelle en dents de scie avec tendance à la baisse en printemps/été et à la hausse en automne/hiver.

## 3.2. Projections climatiques

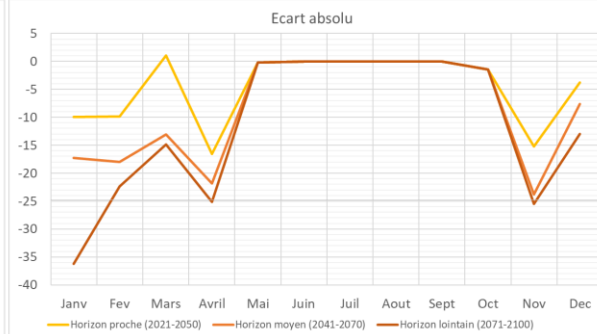
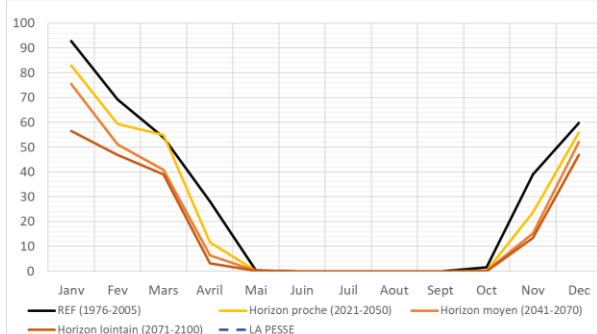
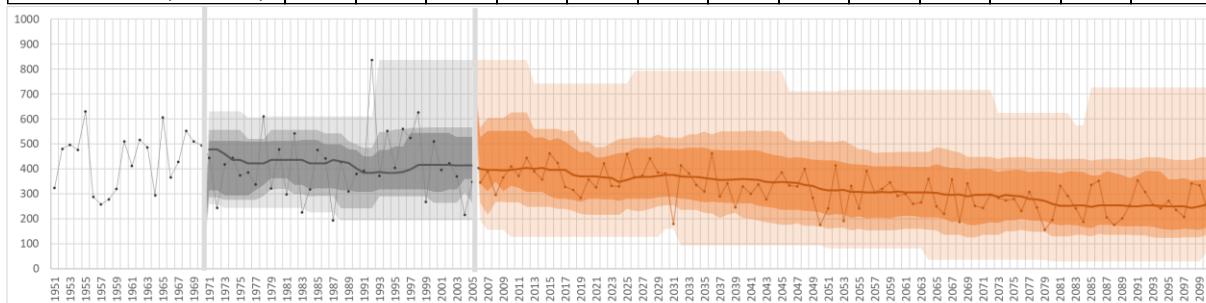
### 3.2.4. Projection de l'évolution des précipitations

RCP4.5

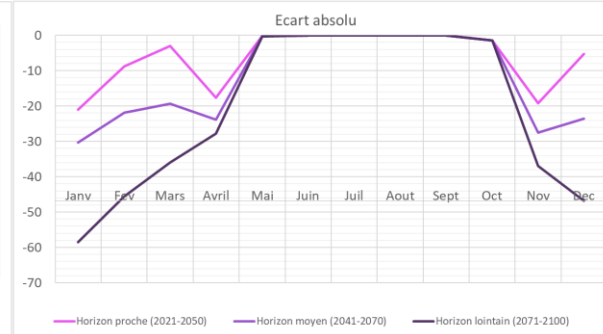
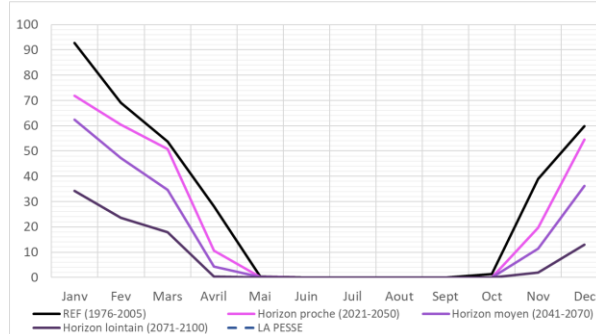
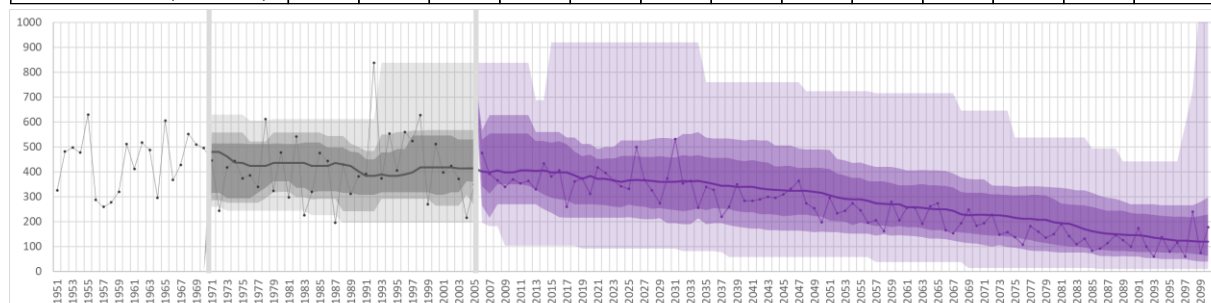
Précipitations solides (mm) – Multimodèles 1200m

RCP8.5

P tot (mm)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
REF (1976-2005)	92,8	69,2	53,8	28,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	38,9	59,8	393,8
Horizon proche (2021-2050)	82,9	59,3	54,8	11,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,6	56,0	345,3
Horizon moyen (2041-2070)	75,5	51,2	40,7	6,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,1	52,1	300,9
Horizon lointain (2071-2100)	56,5	46,8	39,0	3,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	46,8	254,2



P tot (mm)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
REF (1976-2005)	92,8	69,2	53,8	28,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	38,9	59,8	393,8
Horizon proche (2021-2050)	71,8	60,4	50,8	10,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,7	54,5	322,5
Horizon moyen (2041-2070)	62,4	47,3	34,5	4,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	36,2	247,2
Horizon lointain (2071-2100)	34,2	23,6	17,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	12,9	136,8



A 1200 m, tendance vers des hivers déficitaires en neige naturelle.

Pour toutes les altitudes, baisse de l'équivalent en eau du manteau neigeux (cf. annexe 3).

Des précipitations neigeuses d'hiver qui tendent à se transformer en pluie avec la montée de la limite pluie/neige.

La tendance à la hausse de l'humidité à toutes les saisons et à toutes les altitudes (cf. annexe 3), corroborent cette évolution vers davantage de pluie en hiver => impact sur la disponibilité en eau au printemps.

# 3.2. Projections climatiques

## 3.2.4. Projection de l'évolution des précipitations

### Evapotranspiration potentielle (mm) Multimodèles

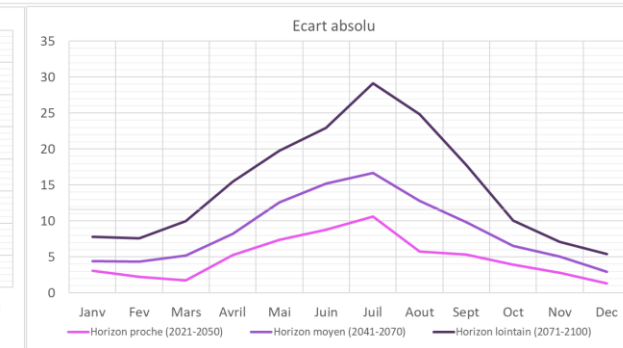
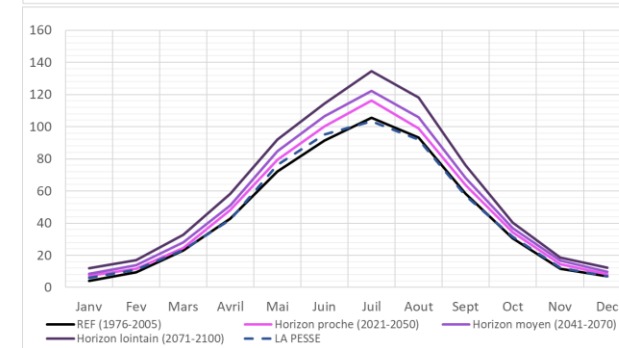
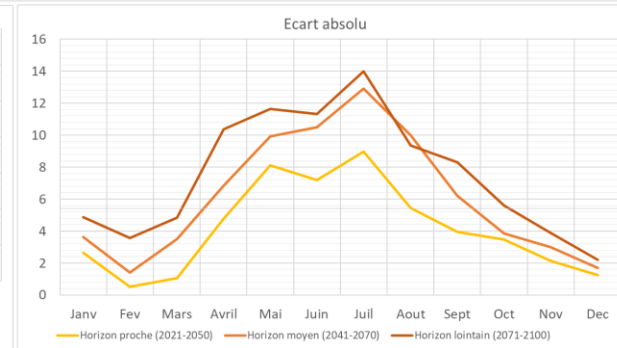
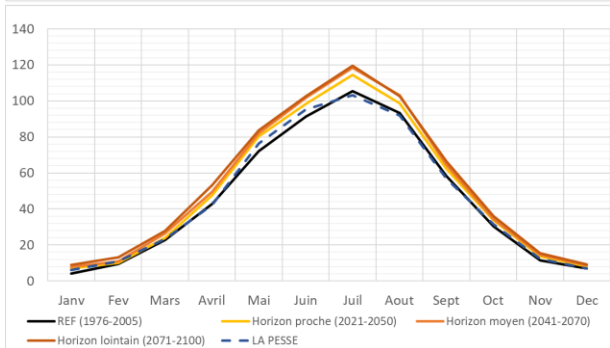
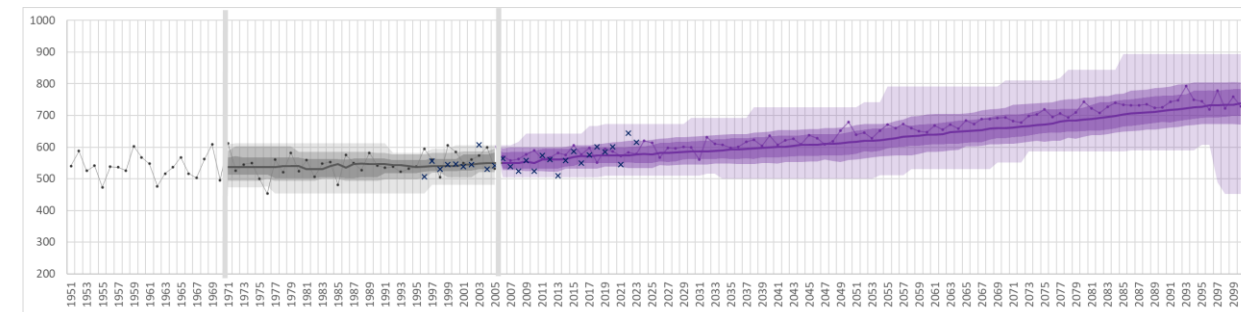
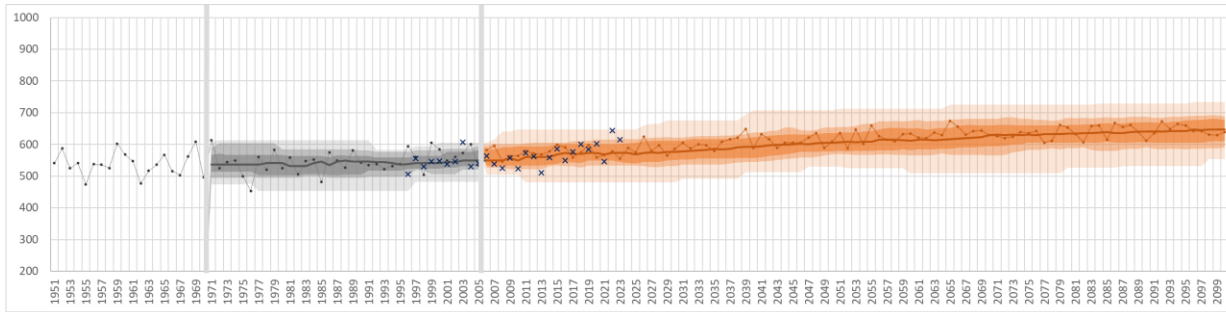
#### + Formule d'OU DIN

RCP4.5

RCP8.5

P tot (mm)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
REF (1976-2005)	4,2	9,5	22,9	42,8	72,2	91,3	105,5	93,2	58,2	30,4	11,6	6,9	548,4
Horizon proche (2021-2050)	6,8	10,1	23,9	47,6	80,3	98,5	114,5	98,6	62,1	33,9	13,8	8,2	599,0
Horizon moyen (2041-2070)	7,8	10,9	26,4	49,7	82,1	101,8	118,4	103,2	64,4	34,3	14,6	8,6	619,6
Horizon lointain (2071-2100)	9,1	13,1	27,7	53,2	83,8	102,6	119,5	102,6	66,5	36,0	15,5	9,1	641,2

P tot (mm)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
REF (1976-2005)	4,2	9,5	22,9	42,8	72,2	91,3	105,5	93,2	58,2	30,4	11,6	6,9	548,4
Horizon proche (2021-2050)	7,2	11,8	24,6	48,1	79,5	100,1	116,1	99,0	63,5	34,3	14,4	8,2	609,4
Horizon moyen (2041-2070)	8,6	13,9	28,1	51,0	84,8	106,5	122,2	106,0	68,0	37,0	16,6	9,8	651,1
Horizon lointain (2071-2100)	12,0	17,1	32,9	58,3	91,9	114,2	134,7	118,1	76,0	40,5	18,7	12,3	725,1



L'évapotranspiration potentielle (ETP) est estimée par la formule d'Oudin :  $ETP = (R.T + 5) / (100.d.r)$  avec R : rayonnement (fonction de la latitude et du jour), T : température de l'air, d : flux de chaleur latente (fonction de la latitude et du jour) et r : masse volumique de l'eau.

Comme les données de températures moyennes à La Pesse sont calées sur le modèle, les calculs d'ETP le sont aussi.

Les évolutions de l'ETP suivent aussi les mêmes tendances que pour la température moyenne (la formule d'Oudin rendant l'ETP proportionnelle à la T°C)

Augmentation de l'ETP toute l'année et davantage pour les saisons chaudes.

# 3.2. Projections climatiques

## 3.2.4. Projection de l'évolution des précipitations

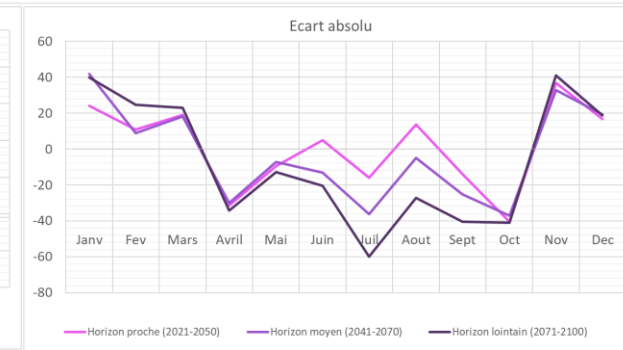
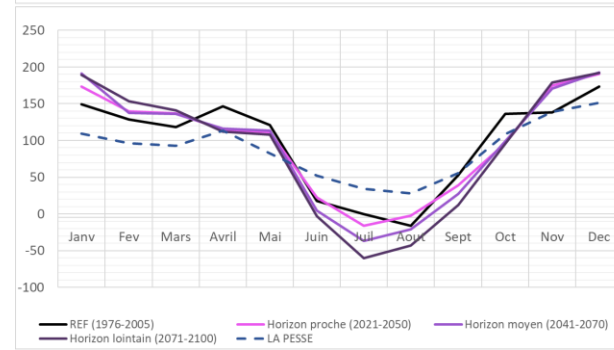
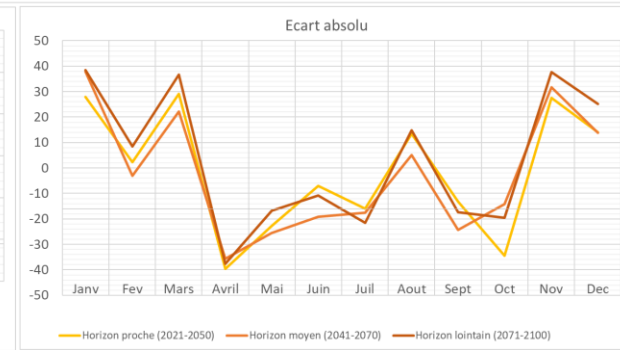
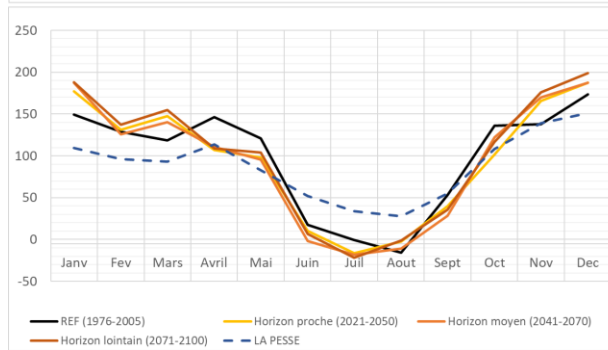
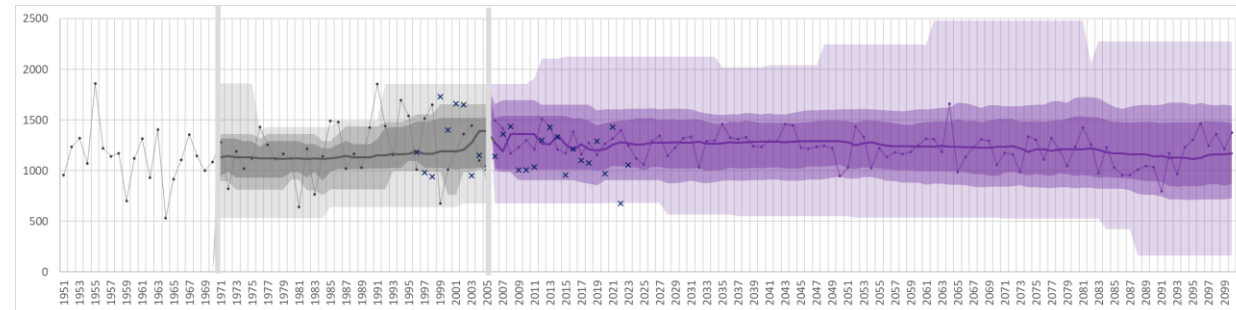
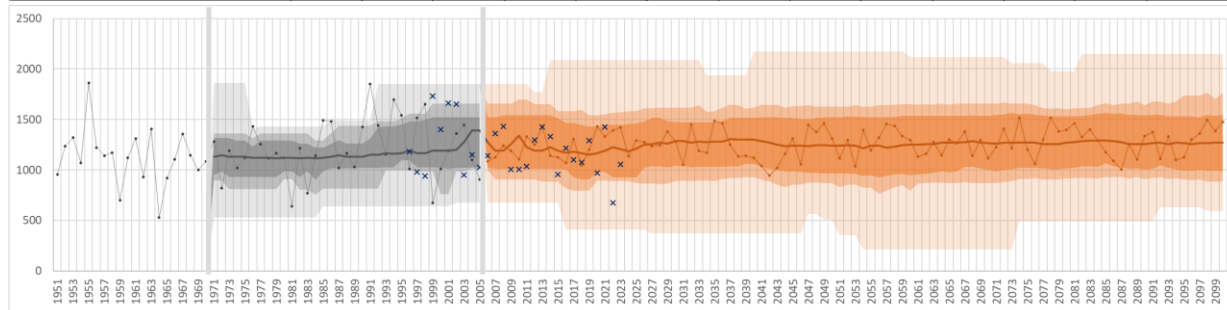
### Précipitations efficaces (mm) Multimodèles

RCP4.5

RCP8.5

P tot (mm)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
REF (1976-2005)	149,4	128,7	118,2	146,4	120,8	17,5	-0,6	-16,0	52,9	136,3	137,9	173,6	1178,8
Horizon proche (2021-2050)	177,4	131,1	147,3	106,9	98,1	10,5	-16,6	-2,5	39,7	101,8	165,5	187,6	1273,0
Horizon moyen (2041-2070)	187,2	125,6	140,3	110,9	95,4	-1,7	-18,2	-10,9	28,7	122,1	169,7	187,5	1250,6
Horizon lointain (2071-2100)	187,9	137,1	154,8	108,8	104,1	6,6	-22,0	-1,2	35,7	116,8	175,7	198,7	1273,5

P tot (mm)	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
REF (1976-2005)	149,4	128,7	118,2	146,4	120,8	17,5	-0,6	-16,0	52,9	136,3	137,9	173,6	1178,8
Horizon proche (2021-2050)	173,4	139,5	137,1	114,9	111,4	22,3	-16,5	-2,4	39,1	95,9	174,6	190,3	1279,4
Horizon moyen (2041-2070)	191,1	137,5	136,3	116,3	113,5	4,3	-36,9	-20,8	27,6	99,3	170,8	192,9	1236,9
Horizon lointain (2071-2100)	189,1	153,4	141,0	112,2	108,1	-3,0	-60,6	-43,3	12,4	95,4	179,0	192,3	1177,0



Les pluies efficaces présentent une forte variabilité, sans véritable tendance à la baisse sur l'année.

Sur la période « juin – juillet – août – septembre » (J-S) les pluies efficaces baissent dans le scénario RCP4.5 :

- Réf J-S = 122 mm.
- H1 - RCP4.5 = 91 mm.
- H2 – RCP4.5 = 27 mm.
- H3 – RCP4.5 = 47 mm.

Mais cette tendance n'est pas vérifiée pour le RCP8.5 à l'horizon proche :

- Réf J-S = 122 mm.
- H1 – RCP8.5 = 127 mm.
- H2 – RCP8.5 = 65 mm.
- H3 – RCP8.5 = -6 mm.

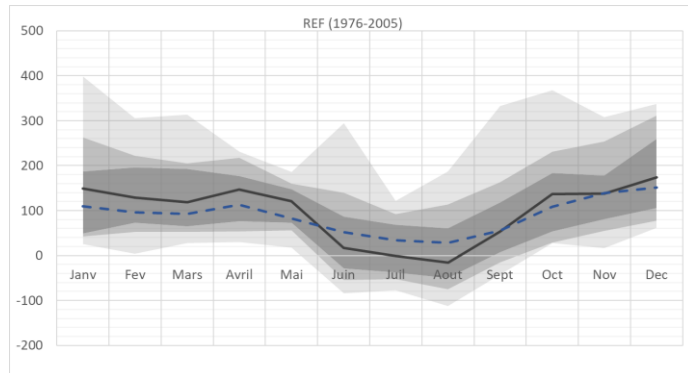
## 3.2. Projections climatiques

### 3.2.4. Projection de l'évolution des précipitations

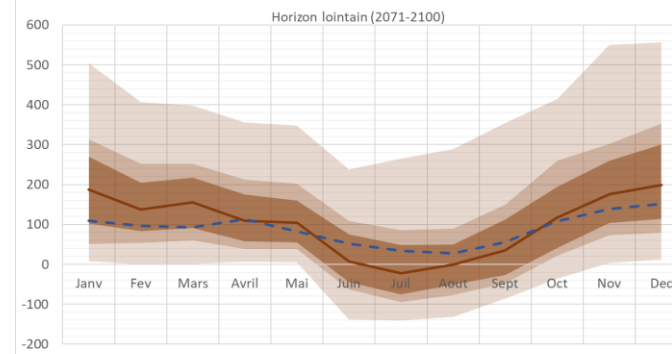
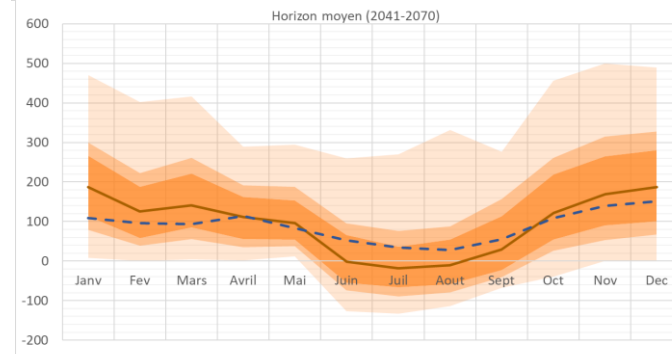
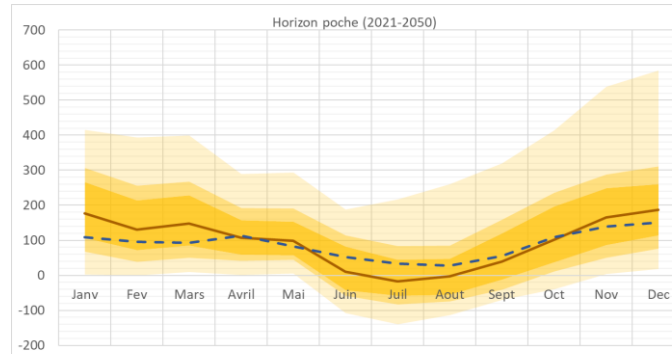
#### Précipitations efficaces (mm) Multimodèles

- Forte variabilité des précipitations efficaces sur les cumuls mensuels.
- Déficits observés en été et de plus en plus marqués et fréquents ( $ETP > P_{tot}$ ).

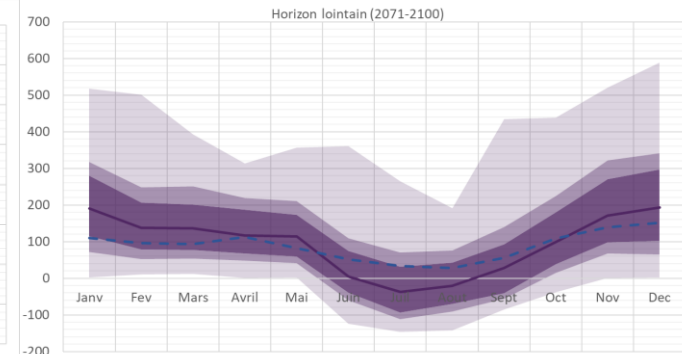
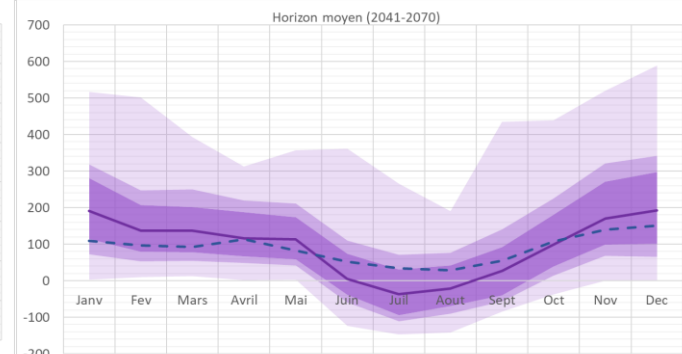
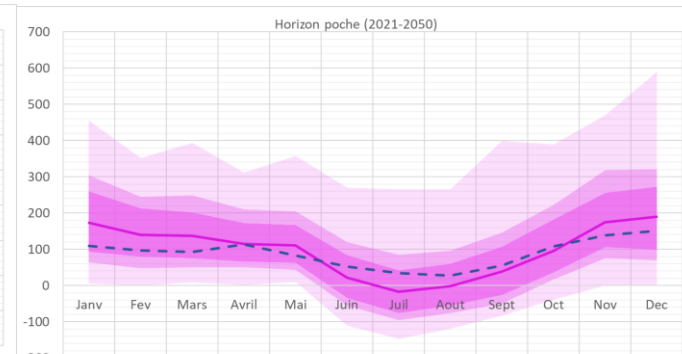
#### REF



#### RCP4.5



#### RCP8.5



## 3.2. Projections climatiques

### 3.2.5 Synthèse

#### Tendances d'évolution climatique

- Ecart entre les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 deviennent significatifs et augmentent à partir de 2050.
- Poursuite de la hausse des températures au même rythme (avec des paliers, des « sauts climatiques »).
- Baisse de l'enneigement.
- Augmentation de l'évapotranspiration.
- Augmentation des épisodes de canicule.
- Des précipitations de plus en plus variables entre des extrêmes de plus en plus sévères et des changements de plus en plus brutaux.
- Une tendance : les étés secs deviendront la normale à l'horizon 2040-2050.

#### Conséquences attendues sur l'évolution de la ressource en eau

- A l'horizon moyen (2041-2070) la ressource totale annuelle ne sera pas ou peu diminuée.
- Répartition différente au cours de l'année :
  - Hiver: part liquide des précipitations plus importante  
maintien de l'enneigement moins robuste.
  - Printemps: fonte probablement plus avancée dans l'année  
et moins abondante lors des pics actuels.
  - Été: plus secs, déficits hydriques, étiages sévères plus intenses et fréquents.
  - Automne: globalement peu modifiée.

## 4. Analyse hydrologique

### 4.1. Analyse historique

### 4.2. Projections hydro-climatiques

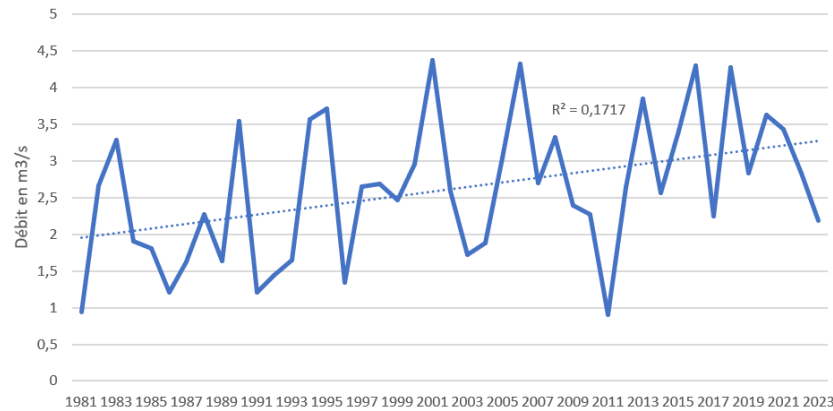


Roche Franche

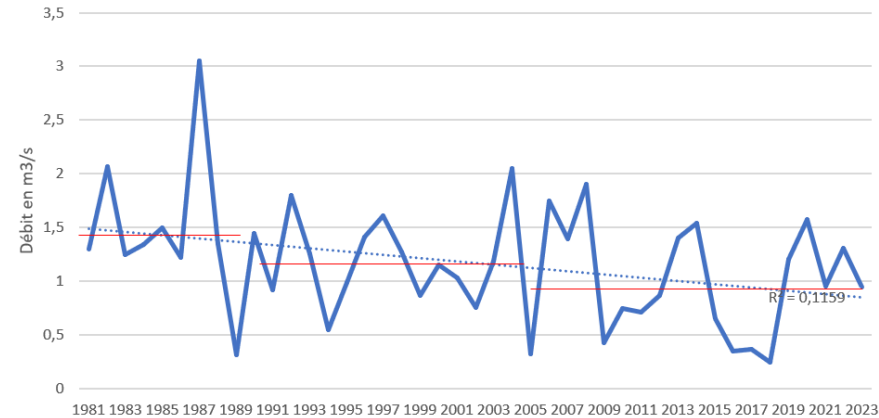
## 4.1. Analyse historique

### La Valserine

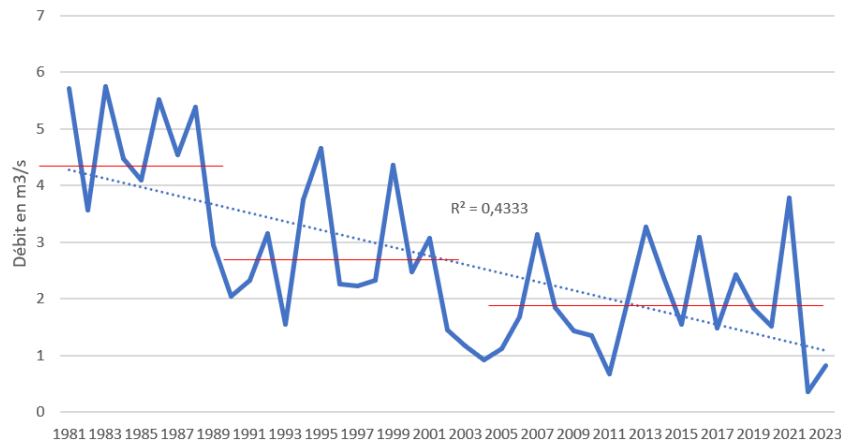
Débit moyen Valserine Lélex - Hiver



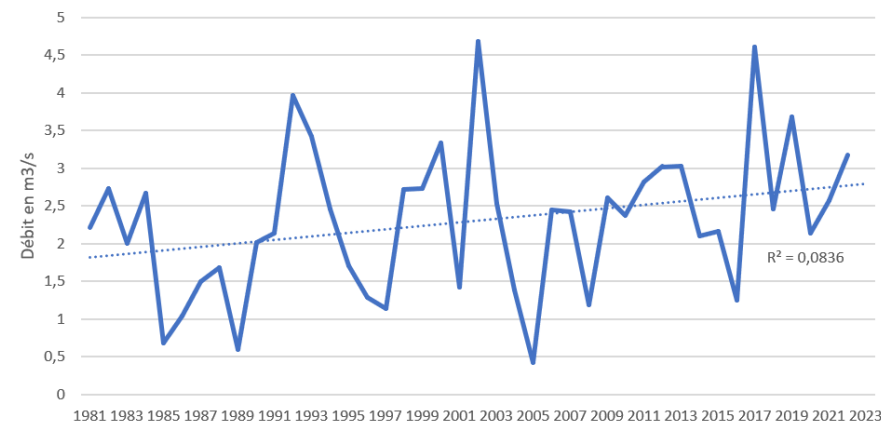
Débit moyen Valserine Lélex - Eté



Débit moyen Valserine Lélex - Printemps



Débit moyen Valserine Lélex - Automne

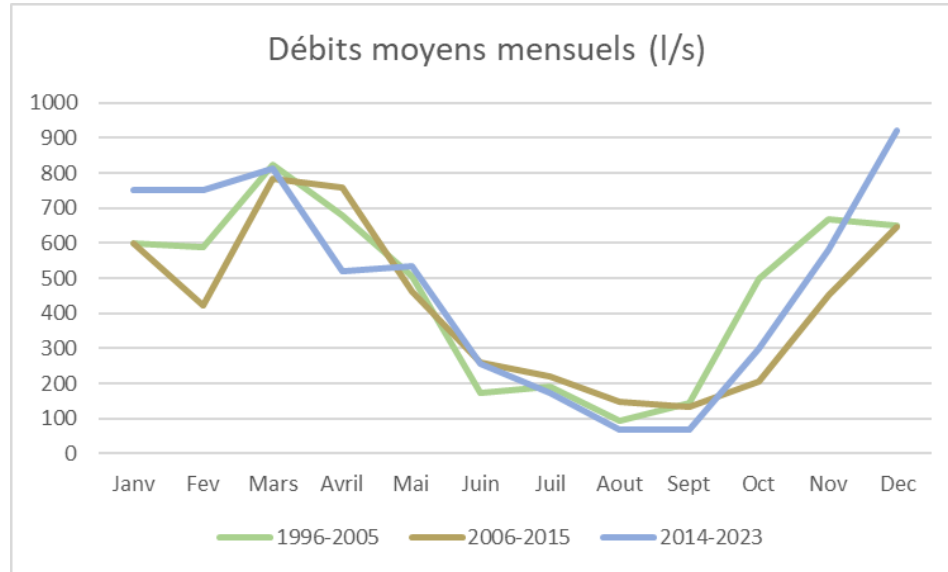


L'évolution saisonnière historique sur la Valserine présente:

- Une augmentation de la ressource hivernale.
- Une légère augmentation en automne.
- Une diminution au printemps et en été par paliers.
- Une faible évolution sur les moyennes annuelles.

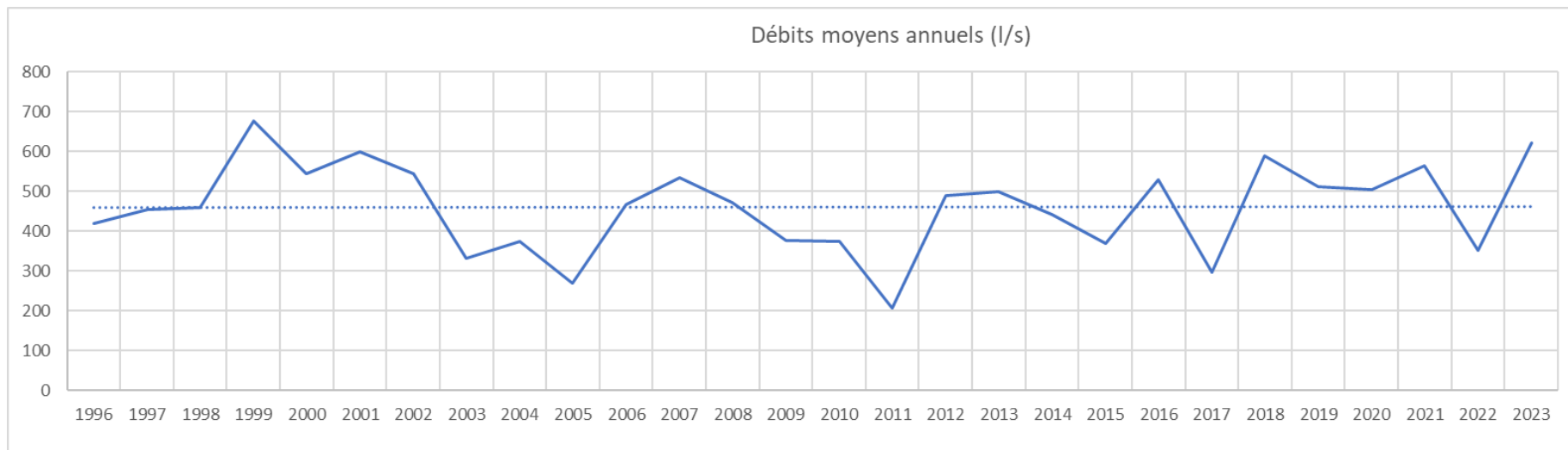
## 4.1. Analyse historique

### L'Allondon



De même pour l'Allondon :

- Pas de tendance d'évolution sur les moyennes annuelles.
- Une diminution des débits en été.
- Une augmentation en hiver et en automne cette dernière décennie.

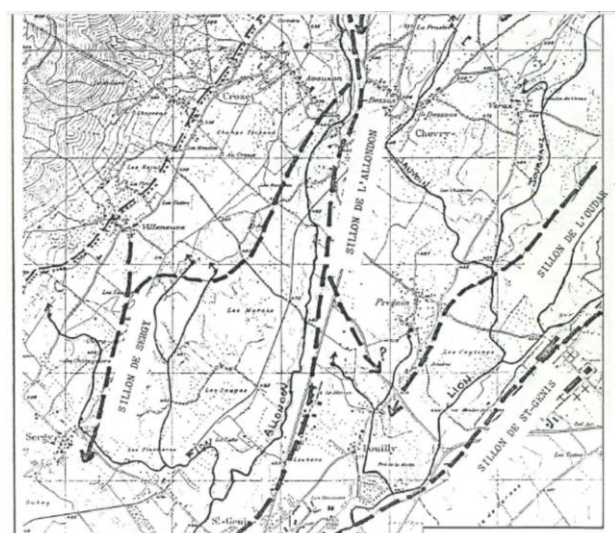
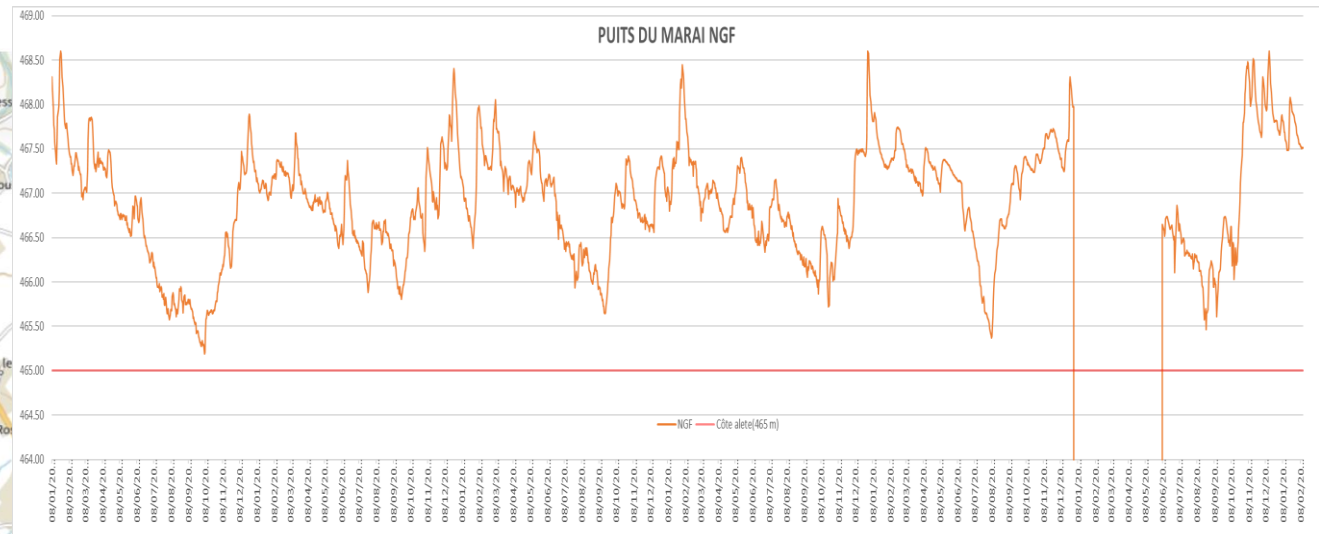


# 4.1. Analyse historique

## Corrélation des débits de l'Allondon avec la nappe de puits du Marais

Niveaux de nappe période 2018-2024

Piézomètre situé dans Sillon de l'Allondon

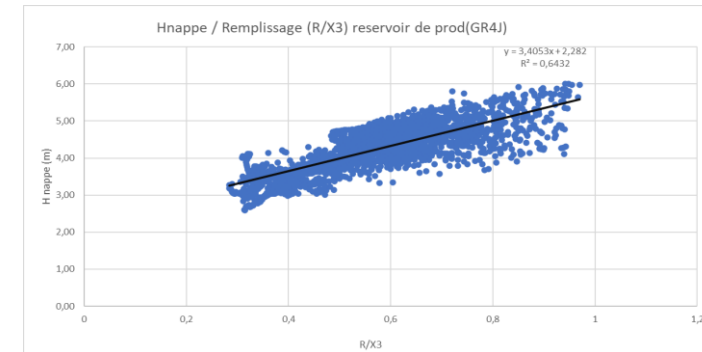
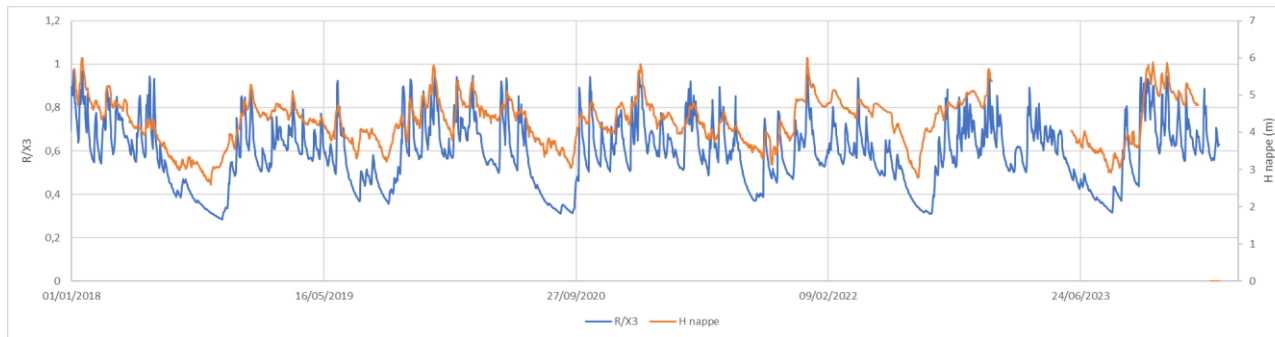


# 4.1. Analyse historique

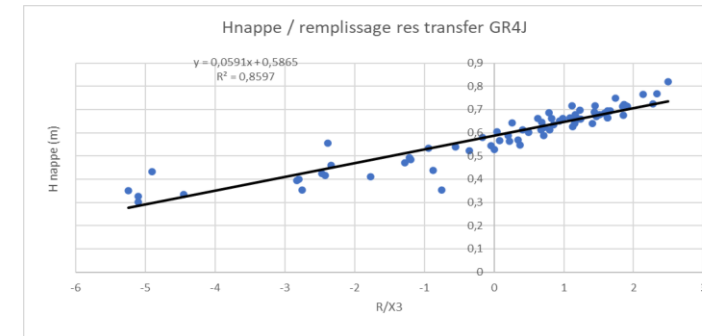
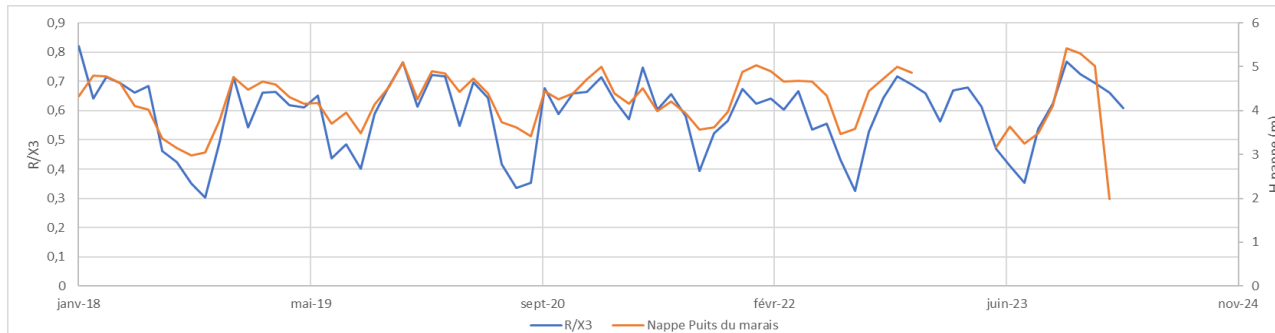
## Corrélation des débits de l'Allondon avec la nappe de de puits du Marais

Bonne corrélation des niveaux piézométriques avec le niveau de remplissage du réservoir de transfert (R/X3) du modèle GR4J.

### Journalier



### Mensuel

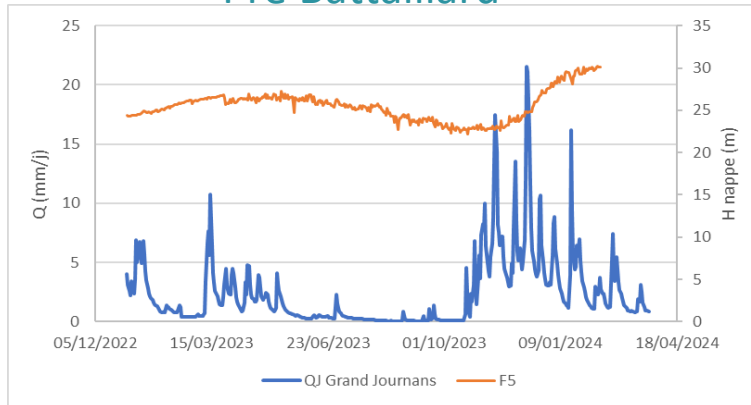


## 4.1. Analyse historique

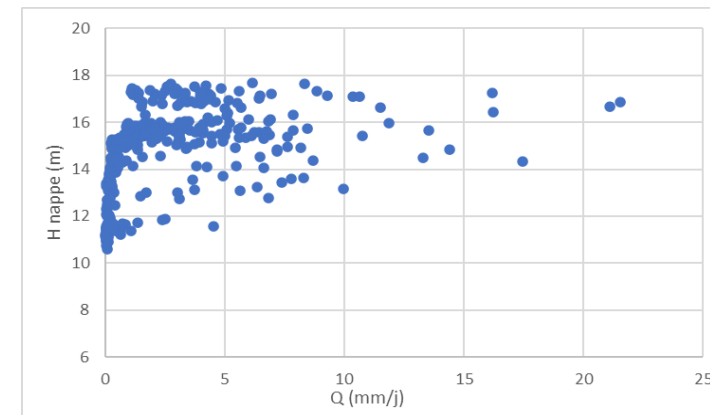
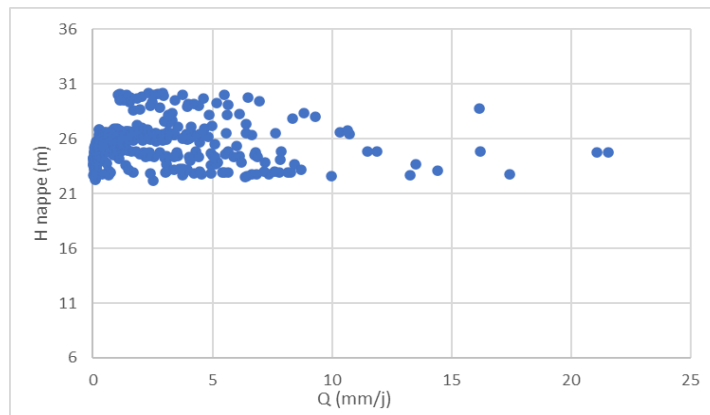
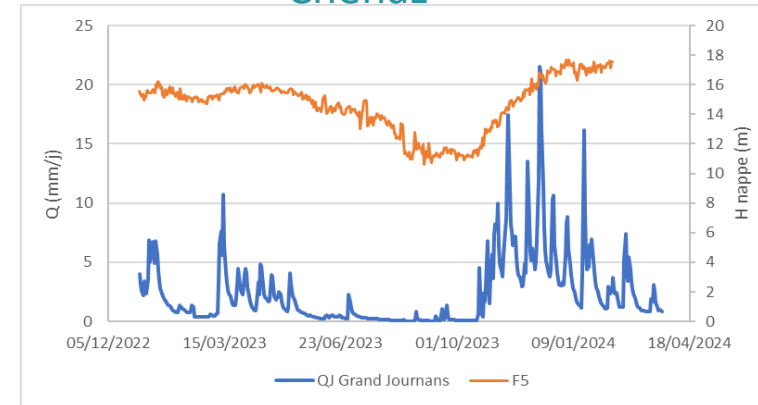
### Corrélation des débits de Grands Journans avec les nappes de Chenaz et Pre Bataillard

Réactivité plus lente des nappes de Chenaz et Pre Bataillard.  
Diminution régulière du niveau de nappe en basses eaux.

Pre Bataillard



Chenaz



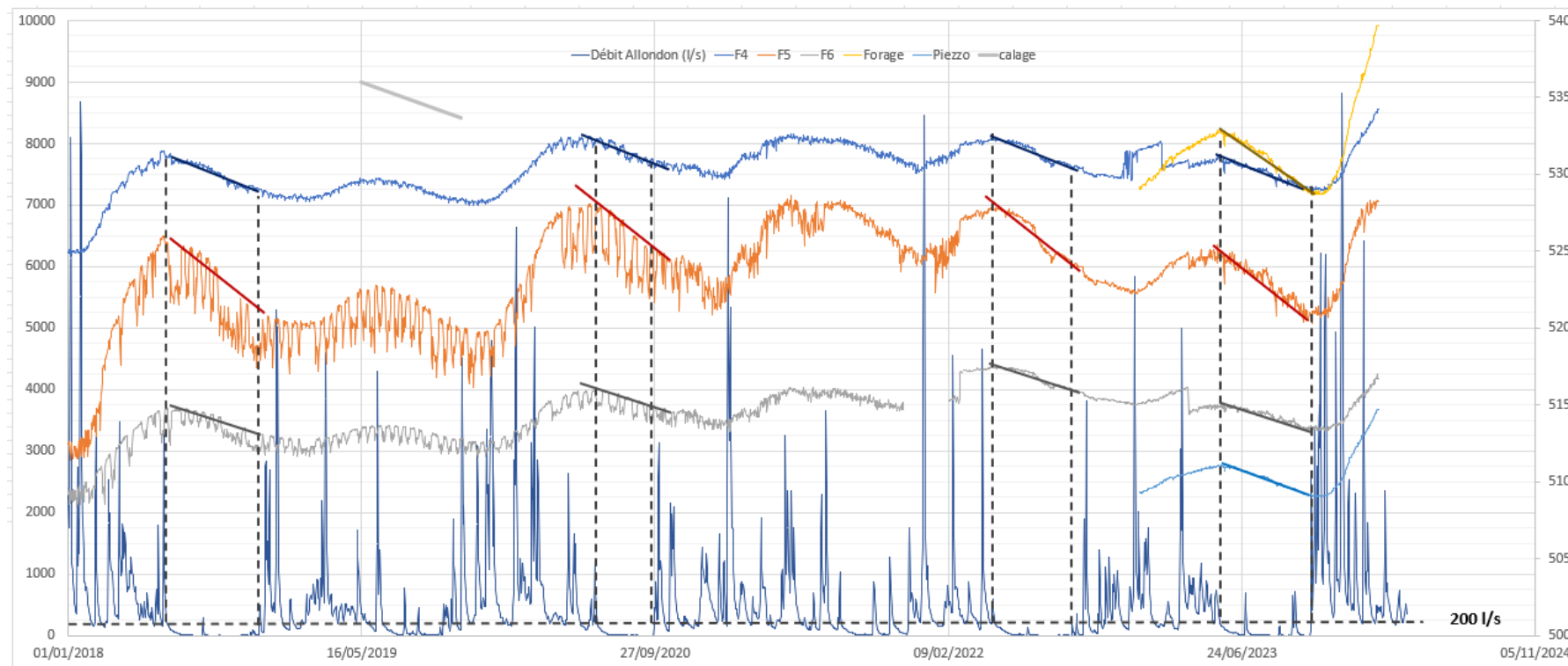
## 4.1. Analyse historique

### Corrélation des nappes de Pre Bataillard avec les débits de l'Allondon

Même constat pour l'Allondon.

#### Pre Bataillard

Diminution régulière de 1,4 à 3 cm/jour selon les sites quand Q Allondon < 200 l/s soit 43% du module.



F4	-1,5 cm/j
F5	-3 cm/j
F6	-1,3 cm/j
Forage	-2,7 cm/j
Piezo	-1,4 cm/j

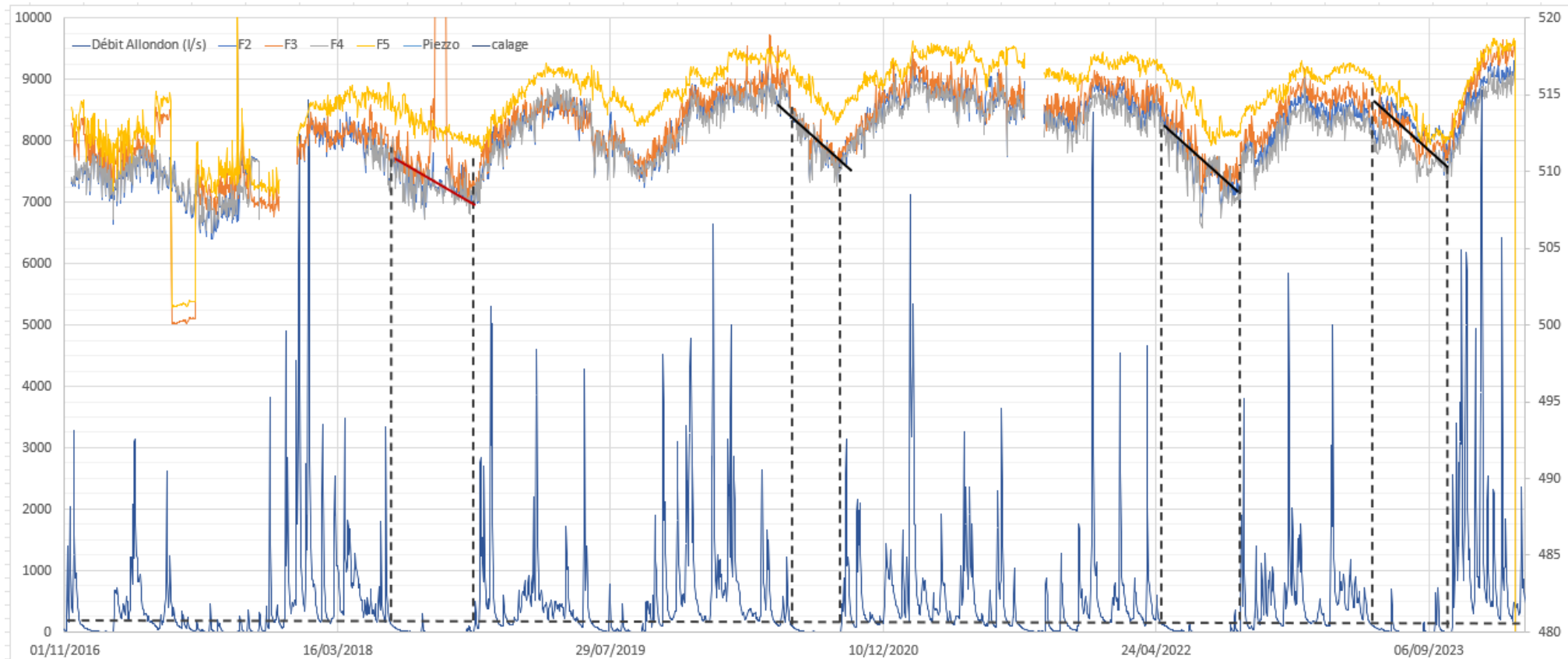
**Le débit de l'Allondon peut être utilisé comme indicateur pour caractériser le régime hydrologique du secteur.**

## 4.1. Analyse historique

### Corrélation des nappes de Chenaz avec les débits de l'Allondon

#### Chenaz

Diminution régulière d'environ 3,2 cm/jour +/- 1 cm/jour pour tous les sites quand Q Allondon < 200 l/s soit 43% du module.



## 4.1. Analyse historique

### Lac des Rousses

Le Lac des Rousses est un hydrosystème lié au système des usagers de l'eau de la Haute Chaîne du fait de l'approvisionnement en eau potable de 10 000 m<sup>3</sup>/an à la Régie des Eaux Gessiennes.

Le Syndicat des Eaux des Rousses, gestionnaire du Lac des Rousses, dessert 10 000 personnes à partir du captage du lac. Ce captage est défini comme prioritaire au titre du SDAGE du fait d'excès de nutriments (eutrophisation générée par les épandages d'effluents agricoles).

Le Lac des Rousses fait également partie du site Natura 2000 « Vallée de l'Orbe ».

Une étude de bathymétrie a été réalisée en 2024 par le PNR du Haut-Jura afin de déterminer les apports et les pertes souterraines dans le lac.

Le lac est constitué de 2 fosses de 18 m de profondeur et 23 % du lac à une profondeur de moins d'1 m. Une étude réalisée par le cabinet REILE en 2022/2023 (maîtrise d'ouvrage PNR) a permis de quantifier :

- L'évaporation : 742 000 m<sup>3</sup> (surface du lac = 5 ha / volume du lac = 5 Mm<sup>3</sup>).
- La contribution du lac à l'Orbe entre le lac des Rousses et le lac de Joux :
  - Lac des Rousses = 10,5 Mm<sup>3</sup>.
  - Affluents = 25 Mm<sup>3</sup>.

En 2018 et 2022, le tronçon de l'Orbe était à sec à l'automne 2018 et à l'été/automne 2022.

L'eau de l'Orbe se réchauffe ce qui engendre de la mortalité piscicole.

Concernant la qualité de l'eau, elle est bonne (eau de baignade) et l'eau est facilement potabilisable jusqu'à présent. Le lac se retourne chaque année permettant un bon brassage et une bonne réoxygénation. Néanmoins, l'eutrophisation augmentant, la vigilance est de mise car il semble que les sédiments accumulés pourraient jouer un rôle néfaste avec l'augmentation de la température. En juin 2024, en partenariat avec la fédération de pêche du Jura, un filain équipé de capteurs (T°C, O<sub>2</sub> dissous, Chlorophylle), placés tous les mètres, a été installé : cela permettra de suivre l'Indice de Phytoplancton Lacustre.

Le prélèvement d'eau total pour l'AEP est d'environ 800 000 m<sup>3</sup>/an (l'équivalent de l'évaporation).

## 4.1. Analyse historique

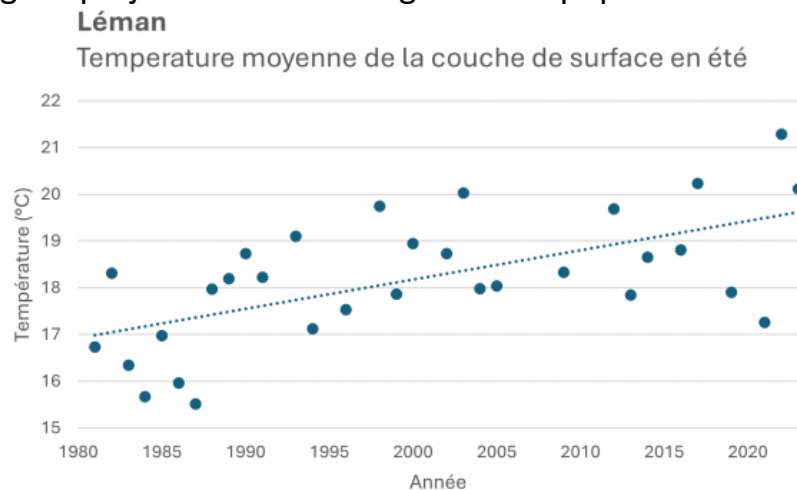
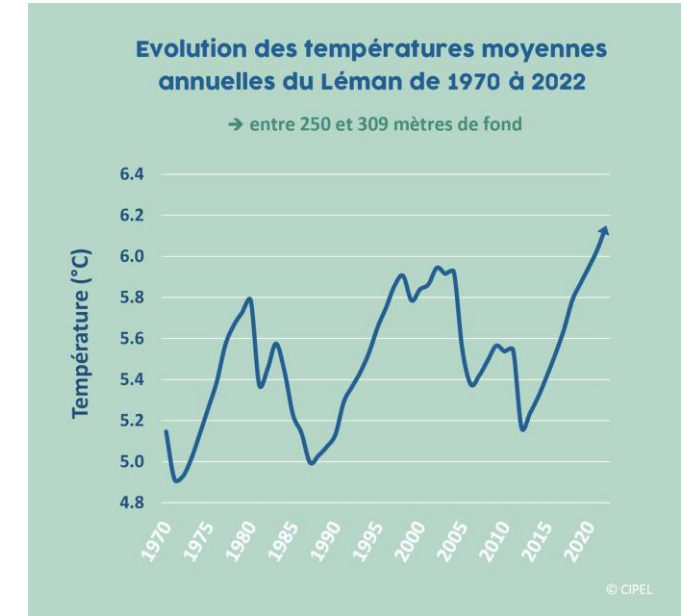
### Lac Léman

Le Lac Léman est un hydrosystème lié au système des usagers de l'eau de la Haute Chaîne du fait de l'approvisionnement en eau potable de 1 600 000 m<sup>3</sup>/an par le SITSE (Services Industriels de Terre Sainte et Environs) à la Régie des Eaux Gessiennes.

Données de la CIPEL (Commission internationale pour la protection des eaux du Léman) et de l'INRAE :

La température de l'eau du lac augmente entre 250 et 390 m (il se réchauffe 4 fois plus vite que les océans). De même, la température estivale de la couche de surface sur 10 m de profondeur a augmenté en moyen de 2,6°C de 1981 à 2023.

Les eaux du lac n'ont pas connu de brassage complet (retournement) depuis 2012. Les sédiments stockés dans les profondeurs provoquent des émissions de nutriments qui engendrent le phénomène de « bloom algal » préjudiciable aux usages anthropiques et aux milieux aquatiques.



Évolution de la température moyenne de la surface du lac Léman de 1981 à 2023



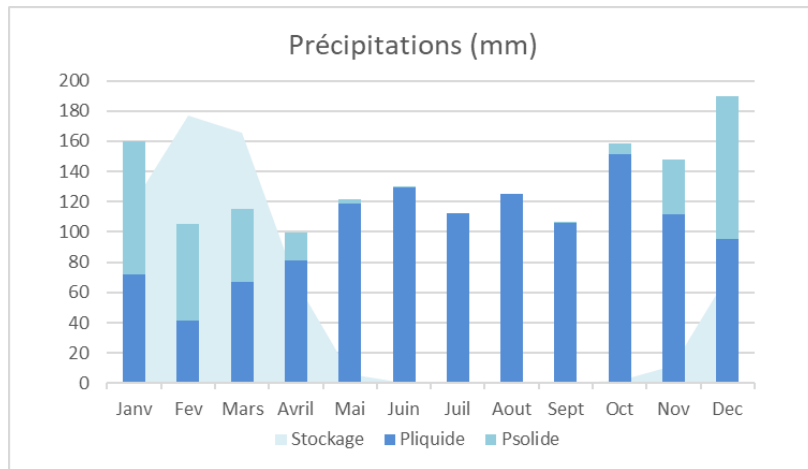
Bloom algal observé en septembre 2021 sur le lac Léman  
(photo satellite et site INRAE de l'unité CARTEL)

**Cette masse d'eau est sous surveillance et des projets de recherche sont en cours notamment pour anticiper les risques de dégradation de la qualité des eaux.**

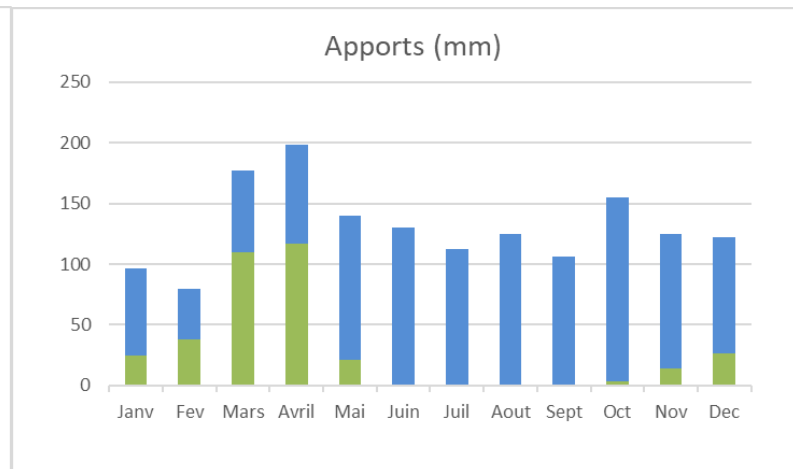
## 4.2. Projections hydro-climatiques

### Alimentation potentielle

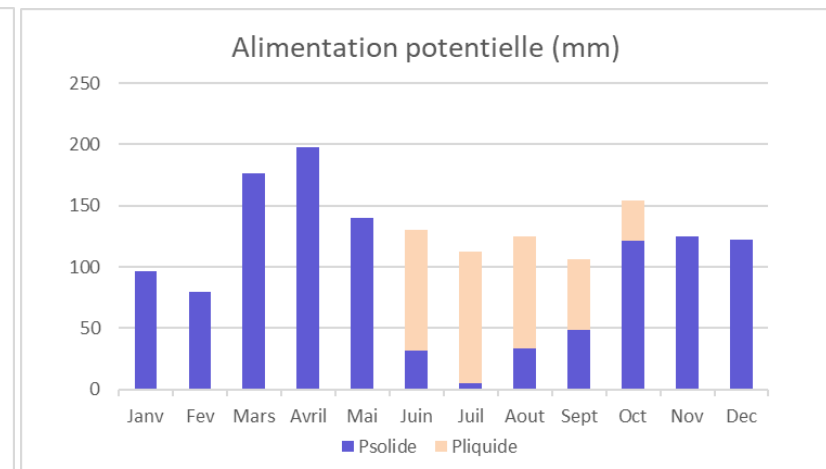
Précipitations brutes



Prise en compte de l'évolution  
 du manteau neigeux  
 stockage/fonte



Prise en compte de  
 l'évapotranspiration



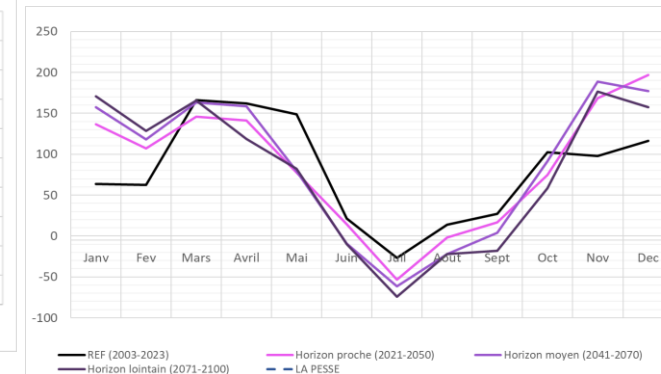
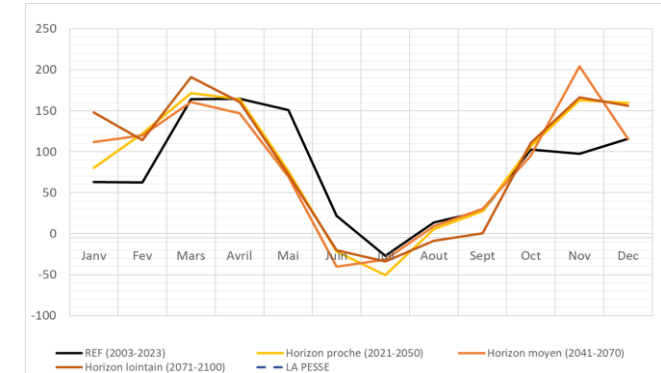
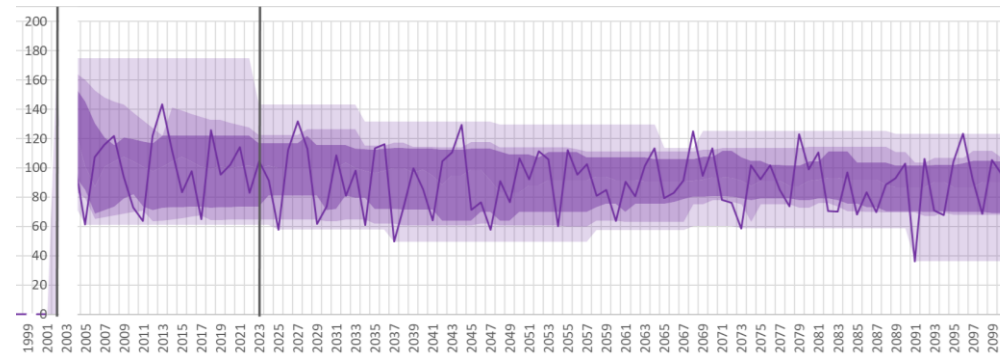
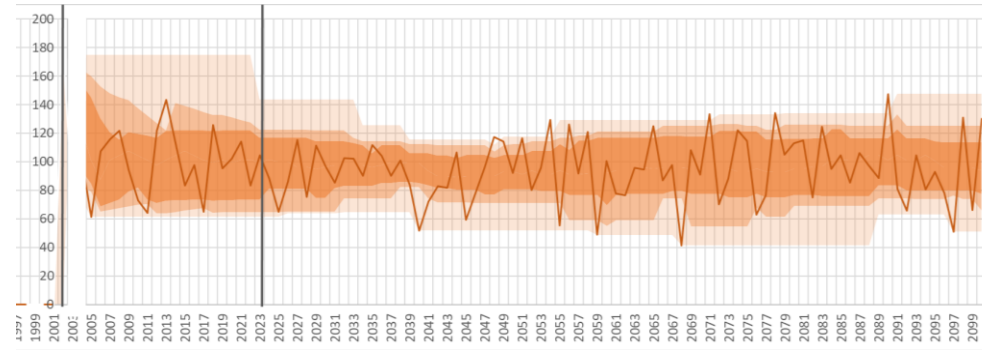
Peut être décliné pour chaque entité hydrométrique en ajustant par rapport à l'altimétrie moyenne et l'occupation des sols pour l'ETP.

## 4.2. Projections hydro-climatiques

### Evolution de l'alimentation potentielle sur le bassin versant de l'Allondon

La prise en compte des dynamiques de l'évolution du manteau neigeux (CemaNeige) représente l'avancée de la fonte dans l'année liée aux hausses de températures.

L'évolution des moyennes annuelles restent globalement similaires à celle des précipitations efficaces.



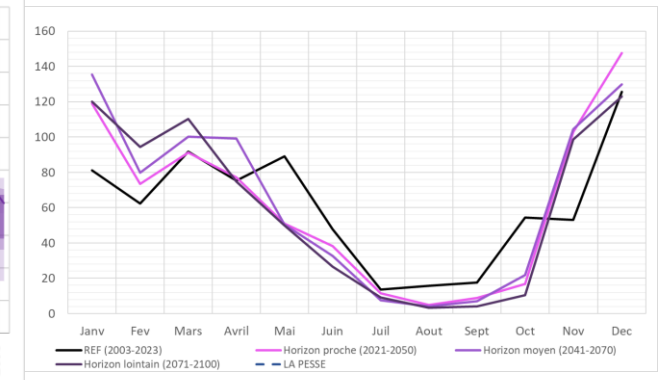
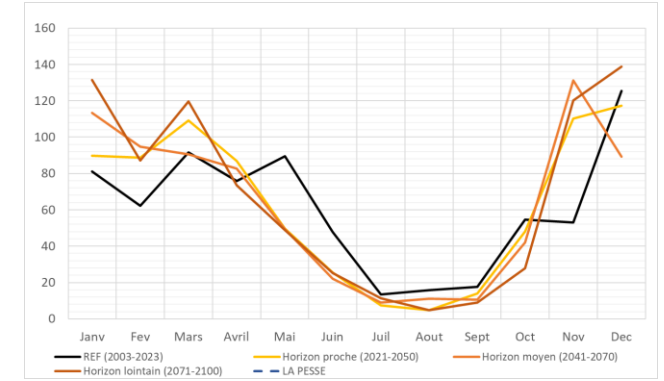
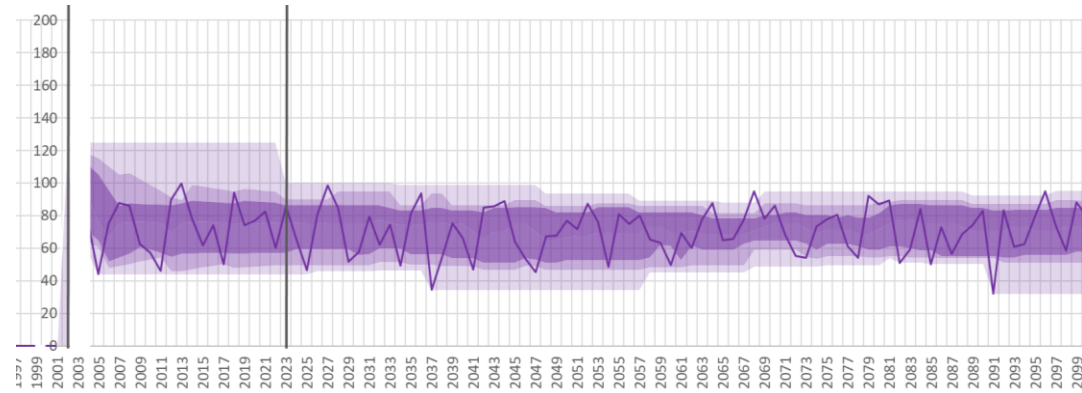
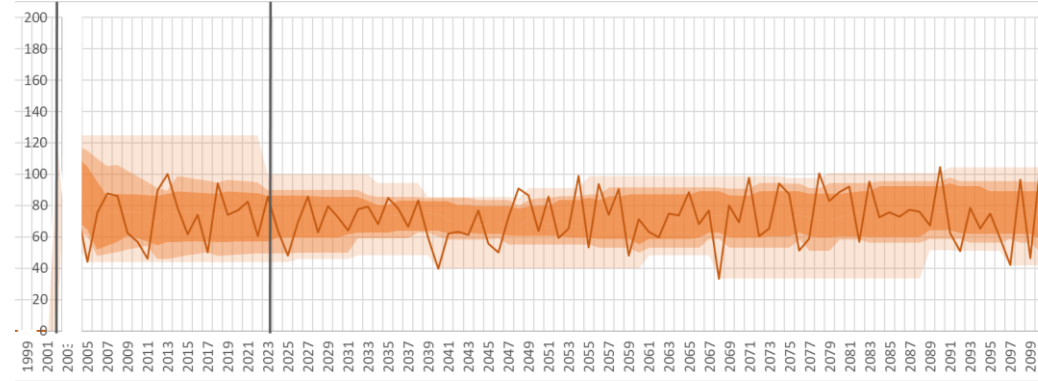
Valeurs en mm/mois

## 4.2. Projections hydro-climatiques

### Evolution de des débits de l'Allondon

La prise en compte des transferts hydrogéologiques (GR4J) permet de mieux représenter l'inertie des écoulements

- Décalage des débits de fonte au printemps encore plus prononcé
- Rallongement de la période d'étiage



Valeurs en mm/mois

## 4.2. Projections hydro-climatiques

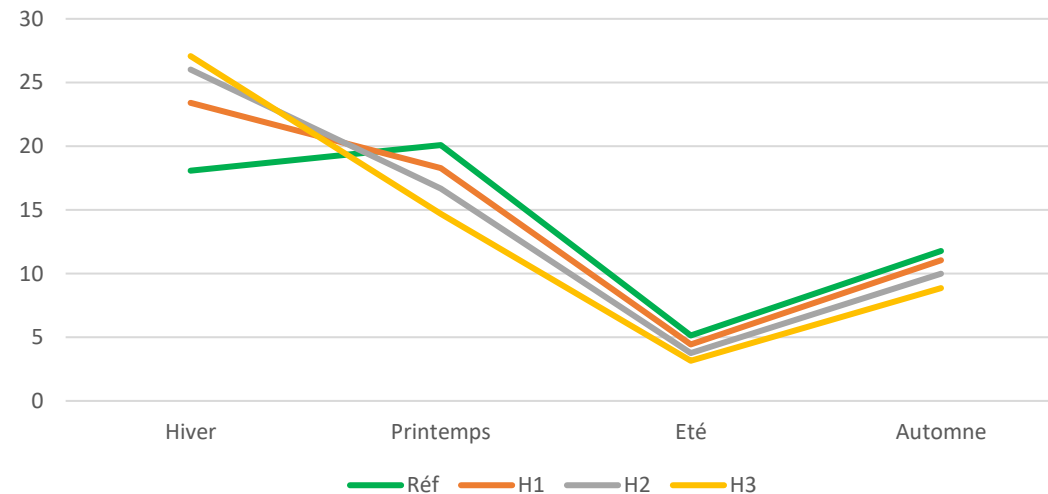
### Evolution de des débits de la Valserine

L'évolution hydro-climatique de la Valserine disponible sur DRIAS-Eau confirme en partie les tendances saisonnières observées sur l'Allondon avec une augmentation en hiver et une diminution au printemps et en été.

On note toutefois une diminution en automne non cohérente avec les résultats de l'Allondon, les données DRIAS-Eau étant saisonnalisées et les données GR4J mensuelles : pour l'Allondon avec GR4J, on observe une diminution au début de l'automne, puis une augmentation sur la deuxième partie de l'automne. Le lissage effectué par DRIAS sur l'automne explique cette différence de représentation.

	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Réf	18,09	20,09	5,15	11,78
H1	23,397	18,291	4,442	11,05
H2	26,027	16,662	3,768	9,985
H3	27,074	14,683	3,159	8,868

Evolution Débit moyen Valserine Lancrans – Multi-modèles RCP8.5



Valeurs en l/s

## 4.2. Projections hydro-climatiques

### Synthèse

Confirmation des tendances attendues sur la ressource :

- Ressource hivernale tendant à augmenter, part liquide des précipitations plus importante.
- Pic de fonte décalé vers le début d'année. Fonte plus précoce et moins de volume au printemps lié à la réduction du manteau neigeux.
- Étés beaucoup plus secs. Etiages plus intenses avec des assecs de cours d'eau plus fréquents.
- Forte variabilité d'une année et d'un mois à l'autre.

## 5. Conséquences sur les usages

### 5.1. Synthèse usages/ressources

### 5.2. Eau potable

### 5.3. Agriculture

#### 5.3.1. Histoire du pastoralisme sur la Haute Chaîne

#### 5.3.2. Diagnostic de l'économie agricole sur le Pays de Gex

#### 5.3.3. Etat des lieux des équipements pour l'abreuvement

#### 5.3.4. Indicateurs de végétation

#### 5.3.5. Indicateurs de stress thermique

### 5.4. Forêt

### 5.5. Tourisme

### 5.6. Sol

#### 5.6.1. Caractéristiques des sols de la Haute Chaîne

#### 5.6.2. Fonctionnalités des cycles eau et carbone

### 5.7. Biodiversité



Citerne Poutouille

## 5.1. Synthèse usages/ressources

L'approche faite pendant cette étude est une approche du système des usagers de l'eau de la Haute Chaîne du Jura.

Au démarrage de l'étude, les usages ciblés étaient les suivants :

- l'eau potable,
- l'agriculture,
- le tourisme.

L'analyse des cycles de l'eau, et notamment la prise en compte indispensable de l'eau verte, a fait considérer les besoins en eau du sol et de la biodiversité comme des usages à part entière. Bien entendu, les besoins de ces usages sont impossibles ou très difficiles à déterminer (sans analyse de sol, sans détermination de débits minimum biologique, ...), mais il est essentiel de les intégrer à l'approche systémique.

Par ailleurs, au fil des discussions et pour prendre en compte son rôle dans le cycle de l'eau verte, la forêt est apparue comme un usage essentiel également, d'autant qu'elle subit un stress hydrique important qui a déjà conduit à un changement de paradigme des modèles d'exploitation sylvicole.

Sur la base des données bibliographiques et des analyses de données passées, une première approche des usages et des ressources a été schématisée ci-après.

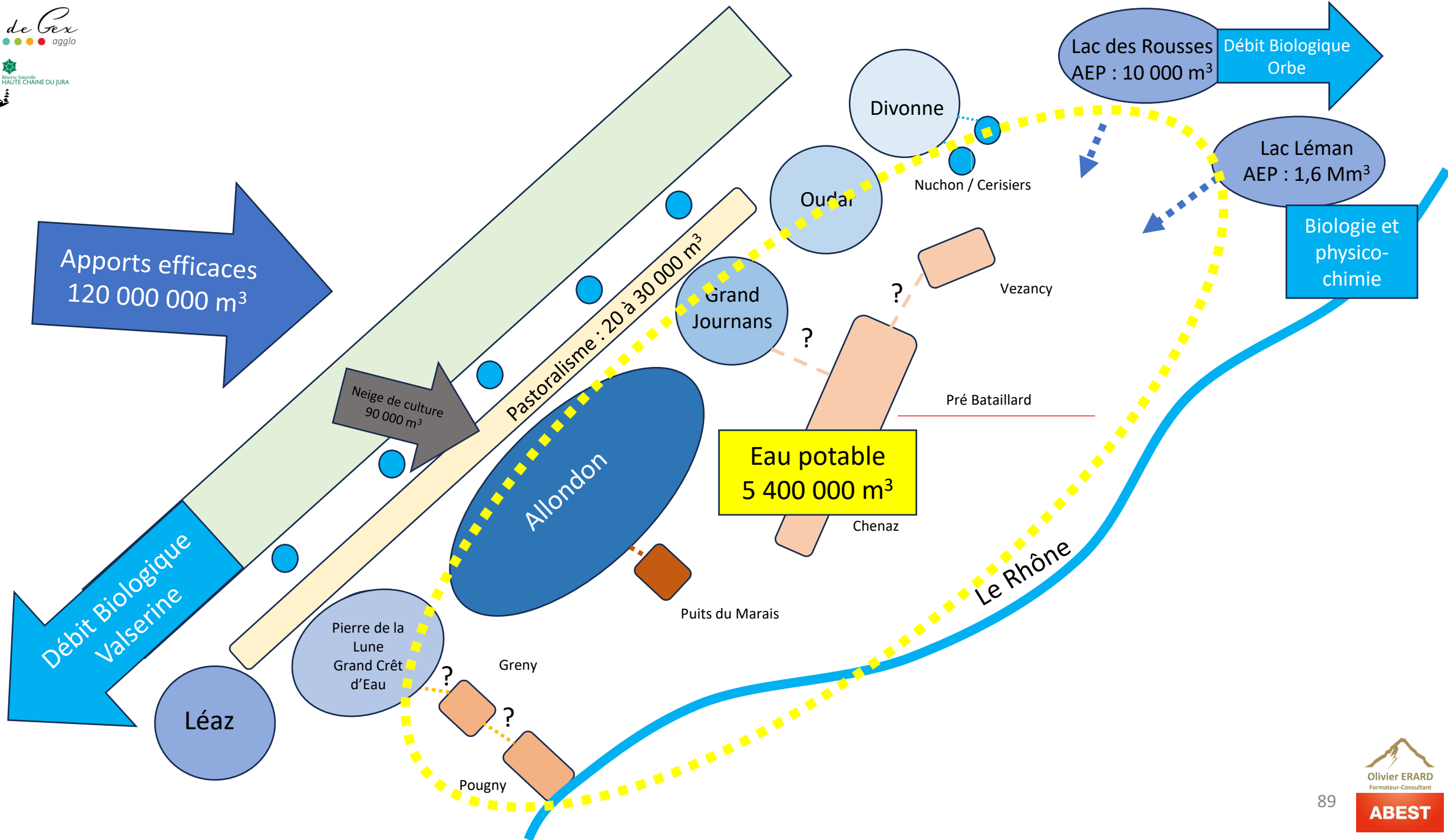
Sur une année moyenne, les apports efficaces sont de l'ordre de 120 000 000 m<sup>3</sup>.

Les usages quantifiables (activités anthropiques) sont les suivants :

- Eau Potable (prélèvement dans le système « Haute Chaîne ») : 5 400 000 m<sup>3</sup>.
- Tourisme (neige de culture) : 90 000 m<sup>3</sup>.
- Agriculture (pastoralisme sur la Haute Chaîne) : entre 20 et 30 000 m<sup>3</sup>.

L'usage principal (98 % des usages anthropiques) est l'alimentation en eau potable.

D'un point de vue quantitatif et en année moyenne, les usages de l'eau pour le pastoralisme et pour la neige de culture, ne sont pas concurrents des usages en eau potable.



## 5.2. Eau potable

### Schéma Directeur d’Alimentation en Eau Potable (SDAEP) – 2021

#### Ressources en eau disponibles :

- Les ressources internes se composent principalement de puits, de forages et de sources, tandis que des achats d'eau externes sont réalisés, notamment au SITSE (Services Industriels de Terre Sainte et Environs) .
- **Les nappes sont une ressource clé mais peuvent souffrir de surexploitation, en particulier en période de sécheresse (étiage sévère). Il est donc important de veiller aux pressions exercées par les prélèvements en nappes.**

#### Bilan des besoins et des ressources :

Les besoins en eau sont estimés à 28 400 m<sup>3</sup>/jour en moyenne pour 2020, avec des pics de consommation atteignant 42 500 m<sup>3</sup>/jour. Cette demande augmente progressivement, ce qui nécessite de prendre en compte les projections à long terme .

#### Stratégie de la Régie des Eaux gessiennes :

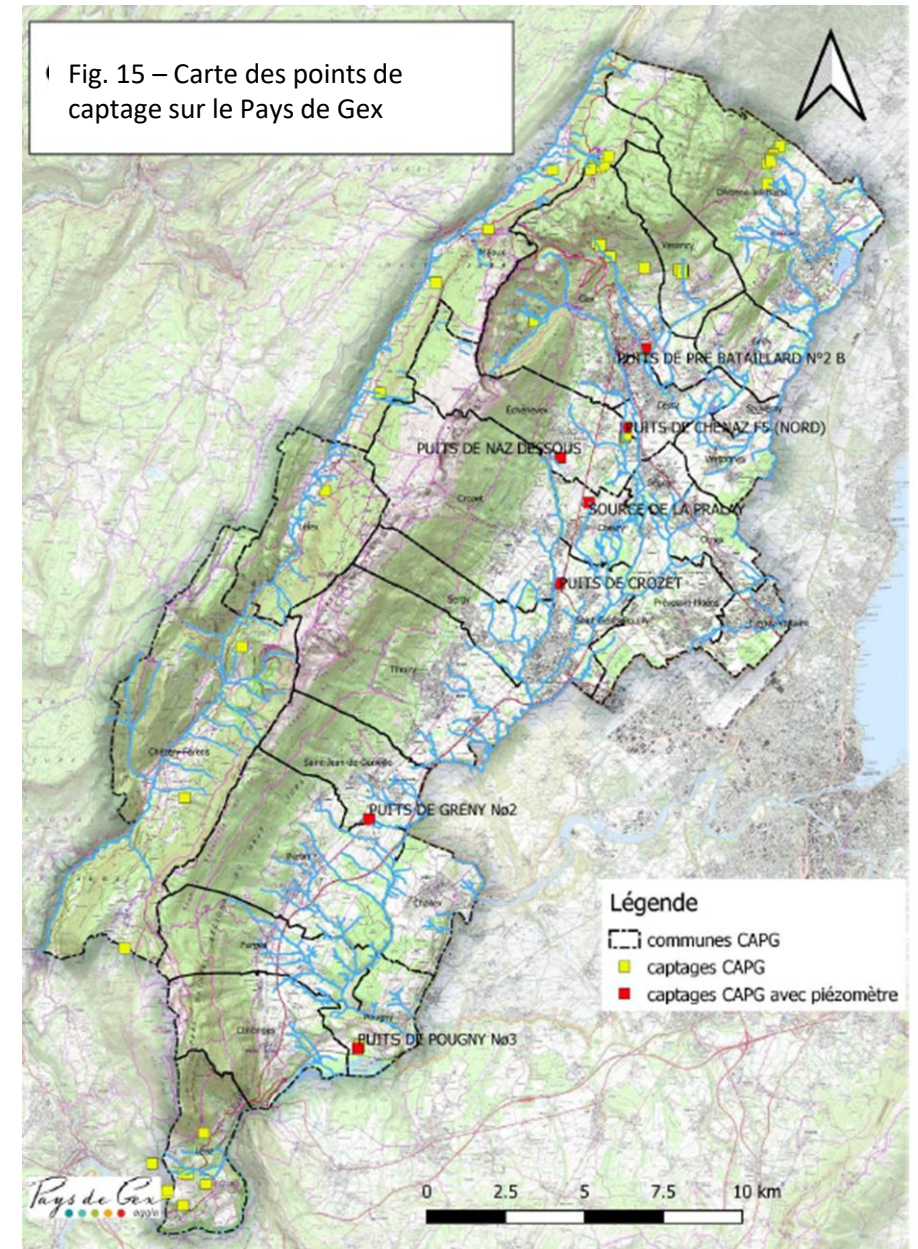
##### Amélioration du réseau :

Depuis 2018, la Régie des Eaux gessiennes a réalisé des travaux d’envergure :

- Interconnexions de toutes les ressources : à court et moyen termes.
- Amélioration du rendement (2018 : 73 % / 2024 : 88,6 % / objectif : 90 %).

##### Scénarios d'aménagement pour l'avenir :

- Augmentation de la production sur la nappe de Pougny (en cours d’instruction).
- Recherche ressource supplémentaire Nord Pays de Gex.
- Etude de la nappe profonde (en cours).



## 5.2. Eau potable

### Plan de Gestion de la Ressource en Eau - 2018

« Les besoins en eau potable étant estimés à près de 11 millions de m<sup>3</sup> d'ici 2035, ils devront être compensés par des achats d'eau à l'extérieur, et notamment au SITSE (Services Industriels de Terre Sainte et Environs – Suisse), comme c'est déjà le cas actuellement pour compenser les baisses de prélèvements sur Pré Bataillard qui suite à cette interconnexion et à des années de pluie efficace satisfaisantes a retrouvé près de 40% de sa capacité perdue. La convention de raccordement au SITSE permettant un achat d'eau maximum annuel de près de 2 500 000 m<sup>3</sup>/an, les besoins en eau potable seront donc globalement couverts d'ici à 2035 (11 millions de m<sup>3</sup> disponibles) sur un bilan annuel, mais qui ne tient pas compte d'éventuelles pointes à couvrir, et qui intègre des ressources en eau non encore exploitées à ce jour. De nombreux travaux seront donc à mettre en œuvre pour assurer cette disponibilité de la ressource dont plusieurs sur les infrastructures (réservoirs, canalisations, ...) qui devront également être menés d'ici là pour assurer la distribution de cette ressource en eau ».

=> Le PGRE 2018-2023 ne prend pas en compte le changement climatique.

### Approche des effets du changement climatique sur l'AEP :

- Actuellement : environ 105 000 habitants.
- Production Régie = 5 400 000 m<sup>3</sup> + achat d'eau (SITSE) = 1 600 000 m<sup>3</sup>.
- SDAEP (2018) : prospective 2040 = 150 000 habitants (besoins estimés en 2035 : 10,9 Mm<sup>3</sup>).
- Ressource disponible :
  - Année sèche : 8 Mm<sup>3</sup>.
  - Année humide : 16 Mm<sup>3</sup>.

Effets du changement climatique => intensification des années sèches.

Des tensions sont prévisibles à l'horizon 2035-2040.

Pour approcher ces tensions, une modélisation du cours de l'Allondon et un couplage avec les niveaux a été faite (cf. ci-après). L'intensification de la période d'étiage en été est à confirmer/préciser par l'actualisation du PGRE et l'étude prospective qui sera réalisée en 2025.

## 5.2. Eau potable

On observe une corrélation mathématique entre le débit de l'Allondon et le niveau des nappes : dès que le débit de l'Allondon descend en-dessous de 200 l/s, on observe une baisse du niveau des nappes (Pré Bataillard et Chenaz).

Pour l'horizon moyen (2040-2070) et le scénario RCP8.5, le régime de basses eaux de l'Allondon ( $Q < 200$  l/s) commence en moyenne 13 j plus tôt et termine 17 j plus tard, soit 30 jours de plus que la situation actuelle.

Cela entraînerait une baisse du niveau de la nappe dans le futur en période d'étiage en moyenne de :

- 0,4 à 0,9 m pour Pré Bataillard
  - 1 m +/- 0,3 m pour Chenaz
- |   |        |         |
|---|--------|---------|
| → | F4     | -0,45 m |
|   | F5     | -0,90 m |
|   | F6     | -0,39 m |
|   | Forage | -0,81 m |
|   | Piezo  | -0,42 m |



## 5.3. Agriculture

Les usages agricoles sont concentrés sur le pastoralisme.

Ils concernent :

- l'abreuvement du bétail : majoritairement des vaches (seuls 2 alpages sont exploités avec des ovins : Curson-Calame et Crozat). Les besoins sont estimés à partir de l'effectif de 4 000 UGB.
- Le fourrage : la disponibilité du fourrage dépend de la qualité du sol (humidité, matière organique, ...), de la température et de l'histoire de la conduite de l'alpage.
- Le confort thermique des bêtes : la température et l'humidité de l'air sont des facteurs très influents sur le confort des animaux. C'est la température humide qui fixe le stress thermique.

Afin de situer les enjeux et les impacts de cette activité essentielle et structurante de la Haute Chaîne du Jura, une analyse de l'économie agricole est proposée au préalable.



Alpage Giboulette

## 5.3. Agriculture

### 5.3.1. Histoire du pastoralisme sur la Haute Chaîne

#### Les alpages du Reculet – Crêt de la Neige, du moyen âge au milieu des années 1970, Alexandre Malgouverné

Du Reculet aux sommets alpins : quels changements sur les crêtes ? – Actes du colloque scientifique Reculet, Gex, mars 2016. – *Les cahiers de la Réserve naturelle N° 1*, Réserve Naturelle nationale de la Haute Chaîne du Jura, p. 138-145.

Eléments de synthèse :

#### 1. Origines et gestion médiévale :

- Au Moyen Âge, les alpages du Reculet et du Crêt de la Neige étaient utilisés par les communautés de Thoiry, d'Allemogne et de Fenières pour le pâturage des troupeaux.
- Ces terres étaient partagées entre différentes familles nobles, des abbayes et les seigneurs locaux, avec des droits d'usage, tels que l'exploitation des bois et des pâturages, moyennant des redevances.
- À partir du XIV<sup>e</sup> siècle, des concessions sont faites pour permettre aux habitants de ces communes d'exploiter les alpages, et des structures telles que des fruitières sont créées pour la production de fromages.

#### 2. Évolution de l'exploitation (XVI<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècle) :

- Au XVII<sup>e</sup> siècle, l'admodiation (location des alpages à des exploitants privés) se développe en raison des dettes des communautés locales.
- Ce système permet aux loueurs d'exploiter les terres pour le pâturage et la production de fromage (principalement le Gruyère et le Bleu de Gex).
- Les chalets d'alpage sont progressivement modifiés pour héberger des troupeaux plus grands et pour produire du fromage en quantité.

#### 3. Impact de l'admodiation et privatisation des alpages (XVII<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècle) :

- Au XVIII<sup>e</sup> siècle, le système de location des alpages se poursuit, et les alpages sont progressivement privatisés, ce qui entraîne une évolution de la gestion des terres et des troupeaux.
- Les chalets d'alpage subissent des transformations architecturales pour s'adapter à l'élevage intensif et à la production fromagère.

## 5.3. Agriculture

### 5.3.1. Histoire du pastoralisme sur la Haute Chaîne

#### 4. Changement dans l'utilisation des alpages au 19<sup>ème</sup> et 20<sup>ème</sup> siècle :

- À partir de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, un changement majeur survient avec le passage de l'élevage de vaches laitières à l'élevage de moutons, élevé pour la viande.
- La transhumance devient courante, et les alpages sont utilisés pour les moutons, ce qui modifie les pratiques agricoles et les types de production (viande plutôt que lait).
- Certains chalets sont abandonnés ou modifiés pour accueillir cette nouvelle forme d'élevage.

#### 5. Déclin des pratiques traditionnelles et transformations modernes :

- Au 20<sup>ème</sup> siècle, les anciennes pratiques pastorales disparaissent lentement, notamment avec la disparition de certains chalets d'alpage et l'évolution des techniques agricoles.
- L'alpage de Narderans, qui restait une propriété communale, est loué pendant la majeure partie du 20<sup>ème</sup> siècle, et une réfection du chalet a lieu dans les années 1970 pour en faire un refuge.

La gestion des alpages a été profondément influencée par les besoins économiques, les transformations sociales et les évolutions agricoles.

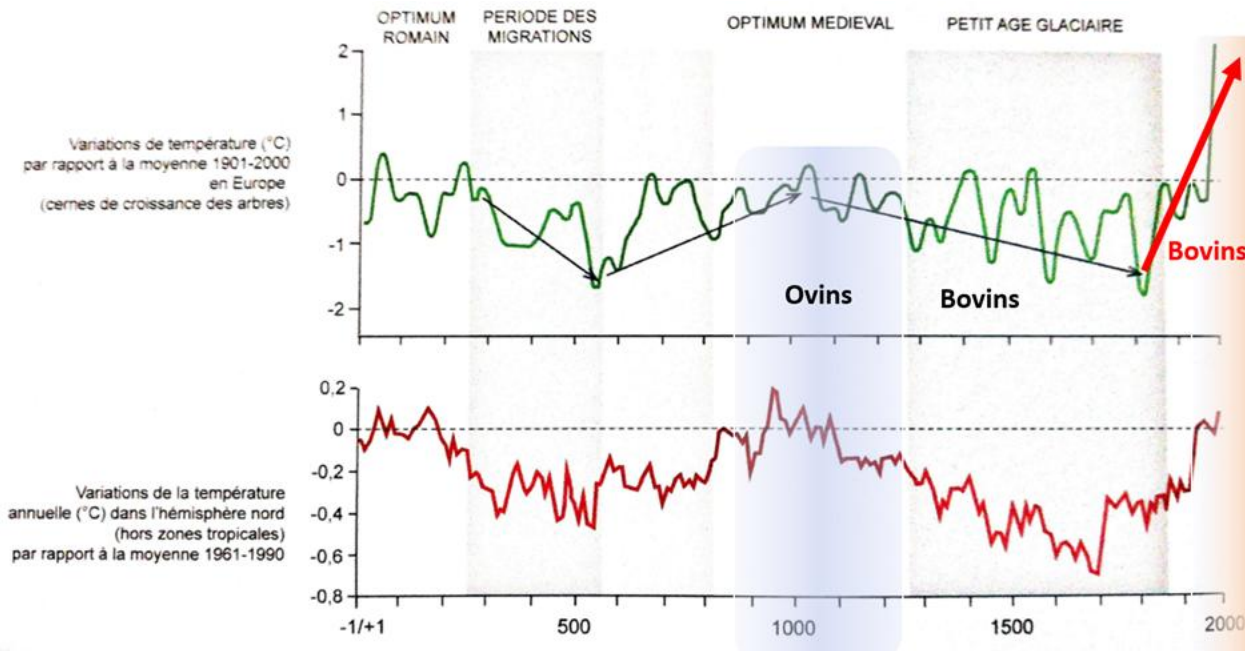
Elle est aussi influencée par le climat avec notamment des points marquants (données collectées auprès d'Alexandre Malgouverné) :

- ➔ Des preuves d'élevage ovins au moment de l'optimum médiéval (entre le 11<sup>ème</sup> et 12<sup>ème</sup> siècle).
- ➔ Apparition de l'élevage bovin au milieu du 13<sup>ème</sup> siècle avec un climat qui se refroidit jusqu'au 18<sup>ème</sup> siècle (Petit Âge Glaciaire).
- ➔ Le climat se réchauffe entre le 18<sup>ème</sup> et le 19<sup>ème</sup> siècle : les ovins réapparaissent temporairement à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, laissant finalement la place à une majorité d'élevages bovins dont l'économie est dynamisée par la fabrication fromagère dans les alpages et l'organisation de la filière grâce à la production de fromage à pâte cuite (gruyère) et de Bleu de Gex. Après la 1<sup>ère</sup> guerre mondiale, les évolutions techniques permettent de produire dans la plaine => 80% de la production se fait en plaine (1<sup>ère</sup> grande déprise des alpages).

## 5.3. Agriculture

### 5.3.1. Histoire du pastoralisme sur la Haute Chaîne

Cette alternance entre ovins et bovins peut être illustrée sur une frise climatique extraite du livre « Histoire du climat dans les montagnes du Jura » (Michel Magny et Hervé Richard, Editions de la Belle Etoile – 2023) :



Cette illustration montre que les conditions économiques ont primé depuis la fin du 18<sup>ème</sup> siècle car **il aurait été logique de passer majoritairement aux élevages ovins d'autant que les conditions actuelles sont sans communes mesures avec les conditions climatiques des 2 000 ans passés.**

Pour s'adapter au climat plus chaud, dès le 18<sup>ème</sup> siècle, des mares d'eau artificielles sont construites.

A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, apparaît le mot « goya ». Il a pour origine le germanique \*gullja « boue ». Il est parent du mot savoyard « golet » qui a donné gouille, flaqué d'eau, petite mare.



## 5.3. Agriculture

### 5.3.2. Diagnostic de l'économie agricole sur le Pays de Gex

Le diagnostic réalisé en 2023 par la CAPG révèle des tendances :

- Entre 2008 et 2018 : +33% d'habitants (+2500 habitants/an) notamment sur les secteurs Gex-Ferney-Saint-Genis et au Sud de Gex.
- Entre 2009-2019 : la tâche urbaine qui progresse de +4,6%, beaucoup moins fortement que la population traduisant un effort de densification de l'habitat, mais n'empêchant pas la pression foncière sur les autres usages fonciers.
- Baisse du nombre de sièges d'exploitation entre 2013 (150 sièges d'exploitation) et 2021 (123 sièges d'exploitation), soit -18% (mais baisse moins forte que celle observée dans le Département de l'Ain : -26%).
- Une SAU moyenne de 77 ha / exploitation (à comparer aux 80 ha de l'Ain) => hausse de cette SAU traduisant un agrandissement des exploitations (moins nombreuses mais plus grandes).
- Baisse des Unités de Travail Humain (UTH) affectées à l'agriculture : -17% entre 2013 et 2021. C'est plus que pour l'Ain (-14%) et que pour le Jura (-7%).

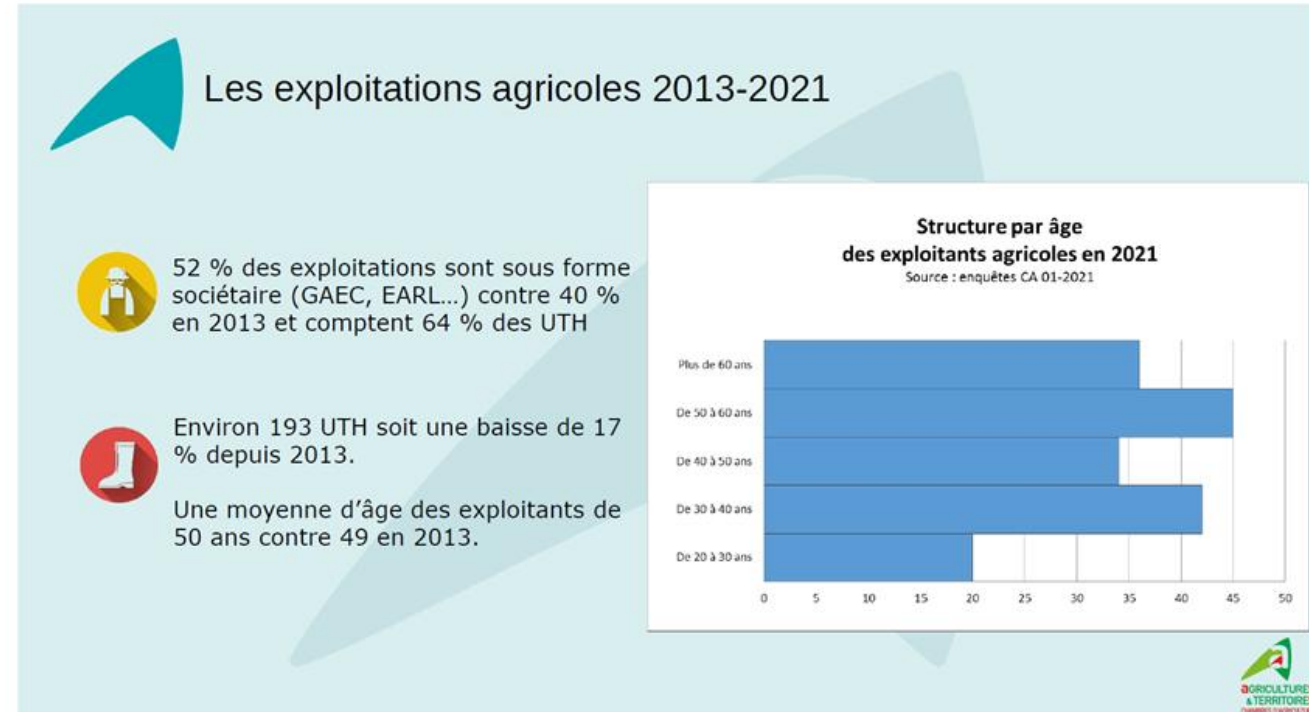


Fig. 16 – Extrait du diagnostic de l'économie agricole

## 5.3. Agriculture

### 5.3.2. Diagnostic de l'économie agricole sur le Pays de Gex

Le diagnostic réalisé en 2023 par la CAPG révèle des tendances :

- Baisse de -25% du nombre d'exploitations en production laitière entre 2013 et 2021.
- Hausse de la production de céréales de +40%, via la Coopérative Jura Mont Blanc.
- En 2021, la répartition des productions agricoles sur le Pays de Gex était la suivante :
  - Céréales : 24 %
  - Lait Laiteries Réunies de Genève : 23 %
  - Bovins viande : 20 % (Suisse Garantie majoritairement)
  - Equins : 17 %
  - Ovins/Caprins : 4 %
  - Maraichage : 4 %
  - Lait AOP (Bleu et Comté : fromagerie de Chézery-Forens) : 2 %
  - Autres : 6 %

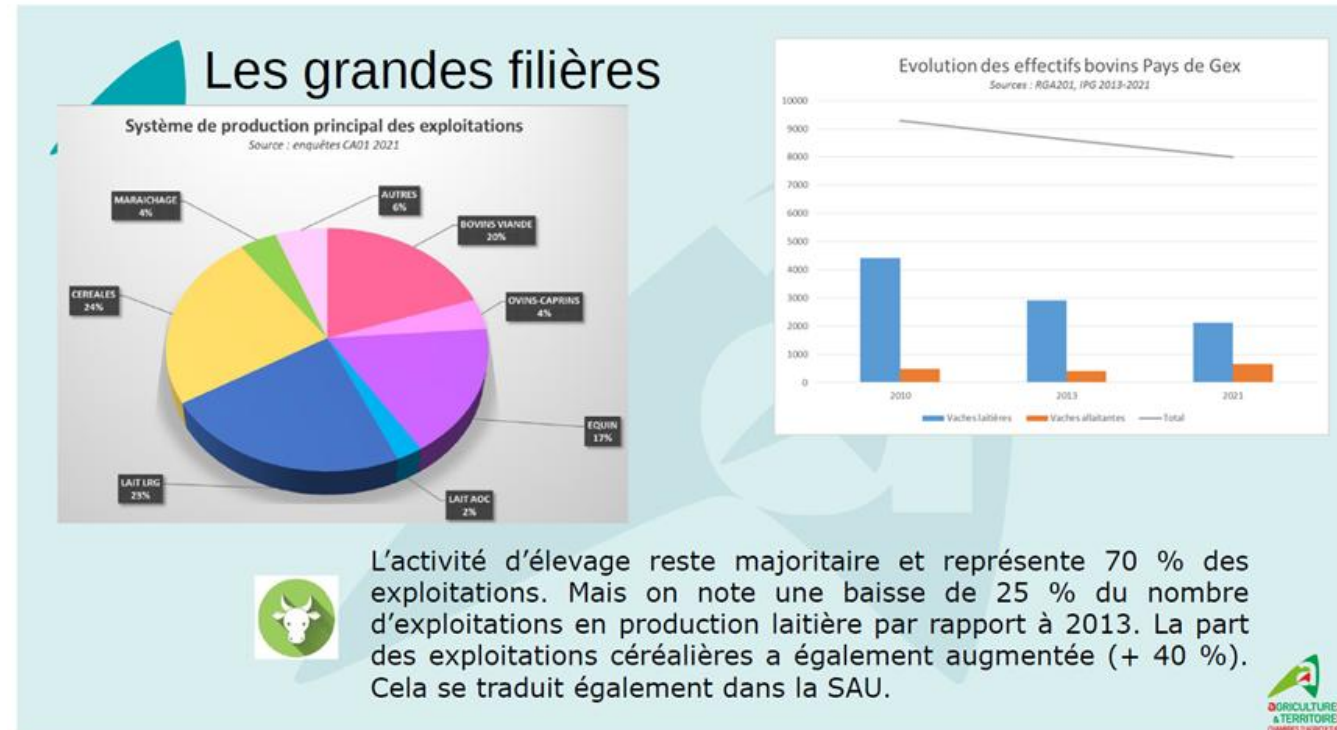


Fig. 17 – Extrait du diagnostic de l'économie agricole

## 5.3. Agriculture

### 5.3.2. Diagnostic de l'économie agricole sur le Pays de Gex

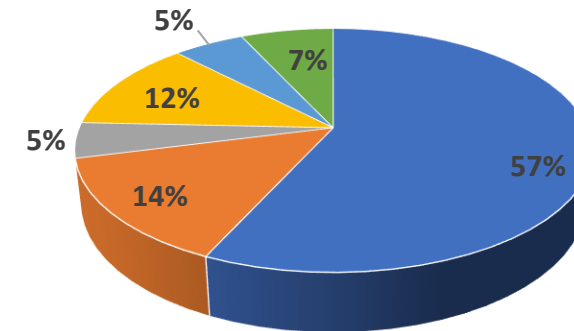
#### Synthèse sur le Pays de Gex :

- Globalement, une économie agricole qui « vit bien » avec la Suisse et le label Suisse Garantie (pas plus contraignant que les règles PAC).
- Les tentatives de créer des marchés locaux (circuits courts via un Plan Alimentaire Territorial) sont pour le moment stoppées faute d'engouement de la profession (davantage tournée vers le label Suisse Garantie).
- Des initiatives individuelles émergent : L'épicerie d'Aurore (vente ambulante sur le Pays de Gex) ou les 3 petits fermiers (magasin collectif à Farges).

#### Focus sur la Haute Chaîne :

- L'approche des parts de marché (ci-contre) est réalisée à partir des données disponibles et des échanges avec les exploitants.
- 57 % des alpages contribuent à des modèles dépendant du label Suisse Garantie.
- Quelques alpages en lait (14 %) ont des débouchés locaux.
- Les ovins ne représentent que 12% du marché.

Approche des parts de marché des débouchés agricoles pour les alpages (selon témoignages)



- Marché suisse (lait et viande bovine)
- Autre débouché lait
- Autre débouché viande bovine
- Ovin
- Abandon
- Non renseigné

## 5.3. Agriculture

### 5.3.3. Etat des lieux des équipements pour l'abreuvement

- 39 goyas dont 26 bâchés.
- Capacités de stockage :
  - 26 goyas bâchés (estim = 6 000 m<sup>3</sup>).
  - 13 goyas traditionnels (estim = 1 300 m<sup>3</sup>).
  - citernes (estim = 1 500 m<sup>3</sup>).
  - **Estimation du stockage total = 8 800 m<sup>3</sup>.**
- Besoin maxi estimés à partir de 4 000 UGB (pendant 125 jours à 60 l/UGB/jour) = 30 000 m<sup>3</sup>.
- Taux de renouvellement nécessaire des stockages = 3,4.

NB : le renouvellement dans les stocks à l'air libre est indispensable pour la qualité sanitaire de l'eau et la santé des bêtes.

**Conséquence de la grande variabilité des températures entre des extrêmes de plus en plus grands : les phénomènes de gonflement/rétractation des argiles rendent les goyas traditionnels inopérants.**



Goya Sorgia Dessus



Citernes Thoiry Devant



Goya Curson



Citerne Crozat

## 5.3. Agriculture

### 5.3.3. Etat des lieux des équipements pour l'abreuvement

#### Niveau de satisfaction des équipements et des organisations des points d'eau

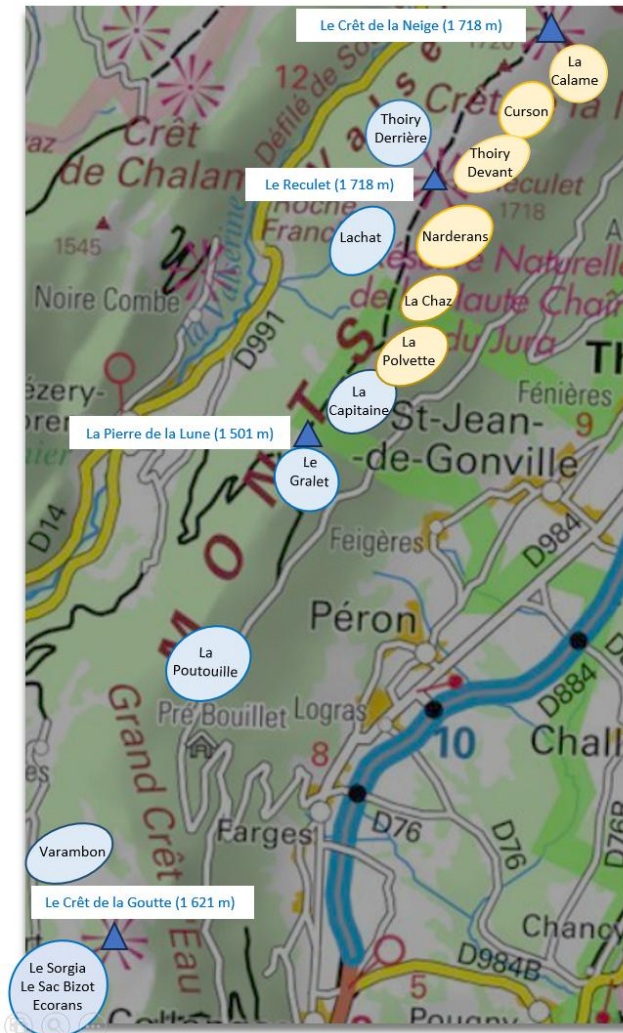
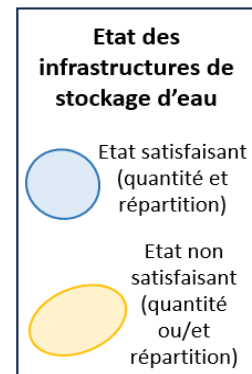
Les cartes ci-contre présentent le niveau de satisfaction établi uniquement avec le critère « volume/UGB », suivant l'enquête terrain et les retours d'expérience des alpagistes sur les 3 dernières années, aux étés secs et chauds, représentatives des tendances climatiques en cours. Le taux de remplissage de 3,4 a été atteint pour les alpages indiqués en bleu.

Cela représente 75 % des alpages.

Les alpages en tension se trouvent majoritairement sur le versant Est de la Haute Chaîne :

- De la Polvette à la Calame.
- Du Fierney aux Platières.

L'alpage de la Lécherolle est le seul alpage en tension sur le secteur de La Vattay.



## 5.3. Agriculture

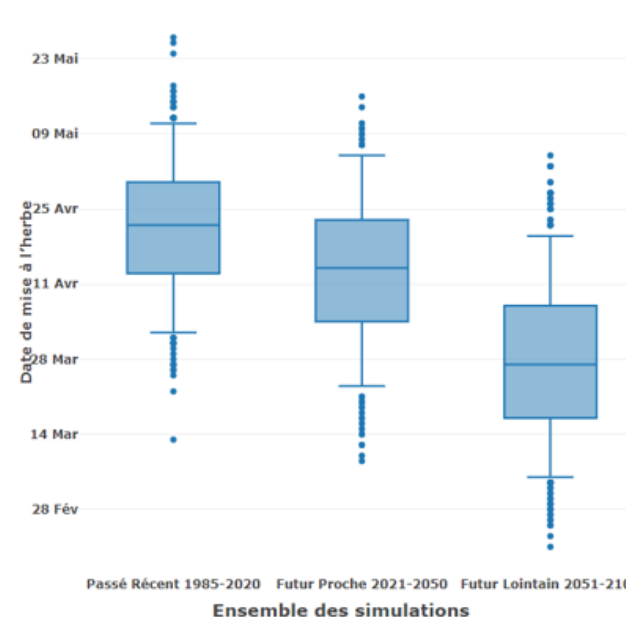
### 5.3.4. Indicateurs de végétation



Alpage Capitaine

- Avancement de la date de la reprise de la végétation de la prairie : indicateur de reprise de végétation.

	Date de reprise de la végétation	
	RCP4.5	RCP8.5
Horizon proche	03-avr	01-avr
Horizon moyen	28-mars	17-mars
Horizon lointain	18-mars	20-févr



	Ensemble des simulations		
	Passé Récent 1985-2020	Futur Proche 2021-2050	Futur Lointain 2051-2100
<b>Maximum</b>	27 mai	16 mai	5 mai
<b>95e centile</b>	11 mai	5 mai	20 avr.
<b>Q75</b>	30 avr.	23 avr.	7 avr.
<b>Médiane</b>	22 avr.	14 avr.	27 mars
<b>Q25</b>	13 avr.	4 avr.	17 mars
<b>5e centile</b>	2 avr.	23 mars	6 mars
<b>Minimum</b>	13 mars	9 mars	21 févr.

Date de mise à l'herbe – RCP8.5

La végétation aura tendance à pousser 2 semaines plus tôt dans un horizon moyen. Cette croissance végétale ne garantit pas la disponibilité du fourrage dans la mesure où des épisodes de gel seront possibles encore en avril et en mai.

La date de mise à l'herbe serait rapprochée d'une semaine environ à moyen terme.

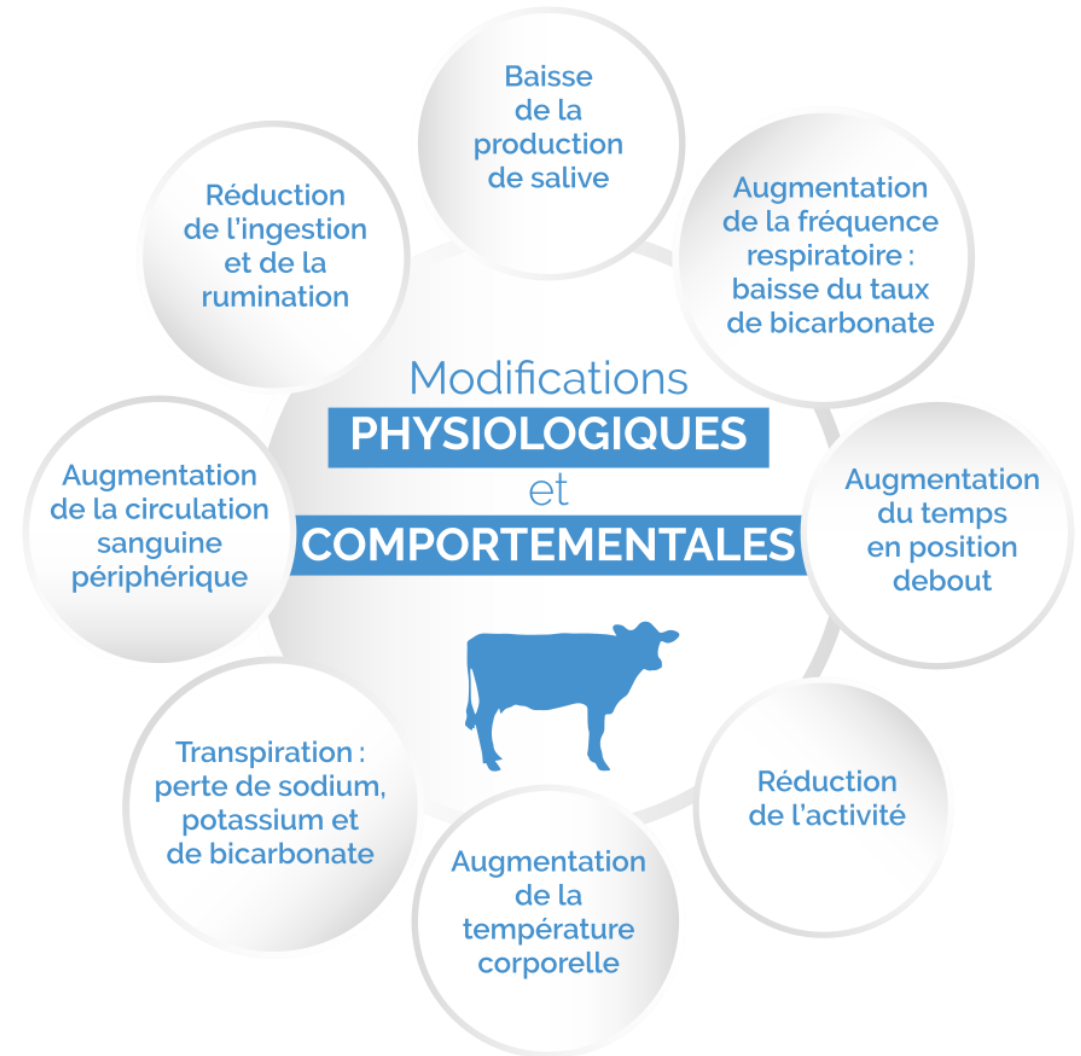
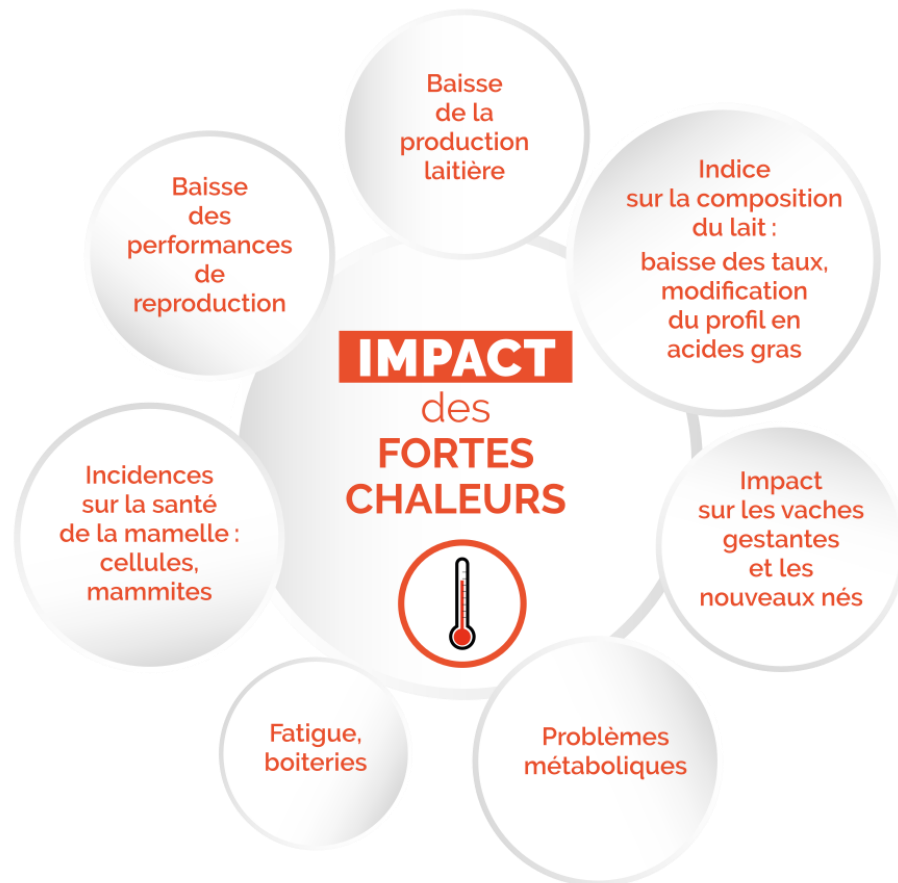
- Le facteur de sécheresse du fourrage est à prendre en compte (cf. indicateur d'humidité des sols ci-après) ce qui induit une forte variabilité de la durée de la période de pâturage et la nécessaire adaptation de la charge.

## 5.3. Agriculture

### 5.3.5. Indicateurs de stress thermique

➤ Impacts des fortes chaleurs :

- Baisse de la production et des performances.
- Qualité du lait.
- Maladies, modifications physiologiques.



## 5.3. Agriculture

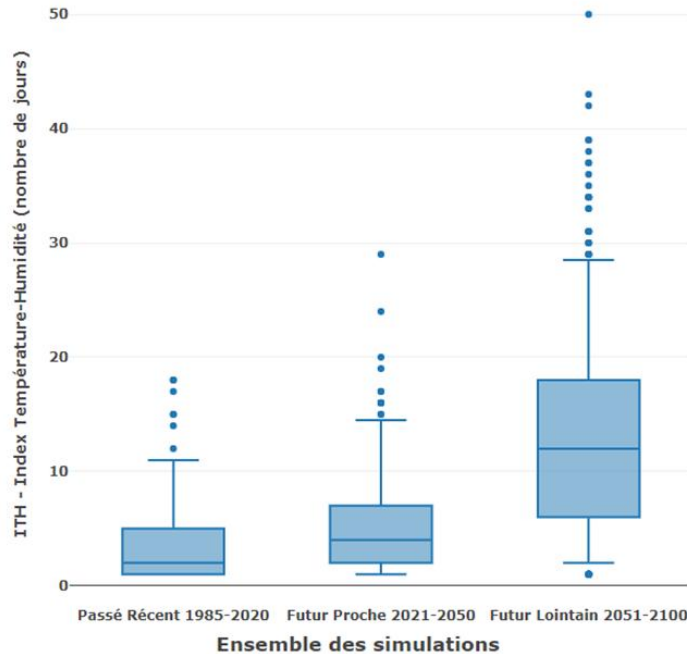
### 5.3.5. Indicateurs de stress thermique



ITH - Index Température-Humidité (nombre de jours)

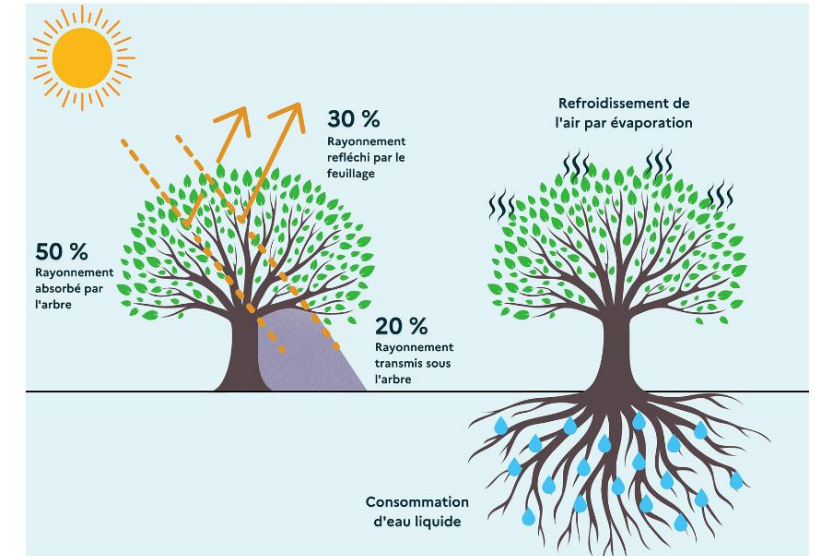
RCP 8.5

ITH - Index Température-Humidité (nombre de jours) entre le 1 juillet et le 31 août : Stress sévère:  $78 \leq \text{ITH} < 84$



	Ensemble des simulations		
	Passé Récent 1985-2020	Futur Proche 2021-2050	Futur Lointain 2051-2100
Maximum	18.00	29.00	50.00
95e centile	11.00	14.50	28.50
Q75	5.00	7.00	18.00
Médiane	2.00	4.00	12.00
Q25	1.00	2.00	6.00
5e centile	1.00	1.00	2.00
Minimum	1.00	1.00	1.00

Un stress thermique sévère qui augmente sensiblement (+2 jours) à l'horizon moyen et fortement (+10 jours) à l'horizon lointain, avec une variabilité forte surtout à l'horizon lointain (un maximum pouvant atteindre 50 jours en juillet-août).



Alpage Giboulette

- En situation de stress thermique, un besoin en eau grandissant et la recherche d'ombre.
- Rôle thermique de l'arbre : la transpiration abaisse la température de 2 à 8°C.
- Des pré-bois très attractifs pour les vaches ... mais aussi pour le loup...

## 5.4. Forêt

### ➤ Le dépérissement qui s'accélère entraînant une modification des objectifs de gestion et un changement de modèle économique

Les premiers signes sensibles de dépérissement sont apparus lors de la sécheresse de 2018 (période longue s'étant prolongée jusqu'en novembre 2018) et une accélération est constatée depuis 2023.

- Sur l'épicéa : scolyte (dont les populations ne sont plus régulées par les températures basses de l'hiver = l'espèce continue de se reproduire même en hiver) + stress hydrique.
- Sur le sapin : stress hydrique.
- Sur le hêtre : le phénomène de dépérissement est déjà présent dans les forêts de l'Est. Le hêtre est donc la prochaine espèce à être touchée ; il semble cependant que l'espèce puisse s'adapter par une mutation génétique.

Dans les forêts communales, 70 à 80 % des coupes de bois sont des coupes sanitaires.



Forêt secteur La Vattay

Les conséquences du dépérissement de la forêt sur le cycle hydrologique sont difficiles à qualifier en l'absence de caractérisation des sols => il serait important de mettre en place des campagnes d'analyse et de suivi de la structure des sols forestiers pour évaluer l'incidence du dépérissement et des travaux forestiers générés sur la qualité hydrique des sols.

## 5.4. Forêt

Les modalités de gestion des bois malades soulèvent des difficultés d'approche :

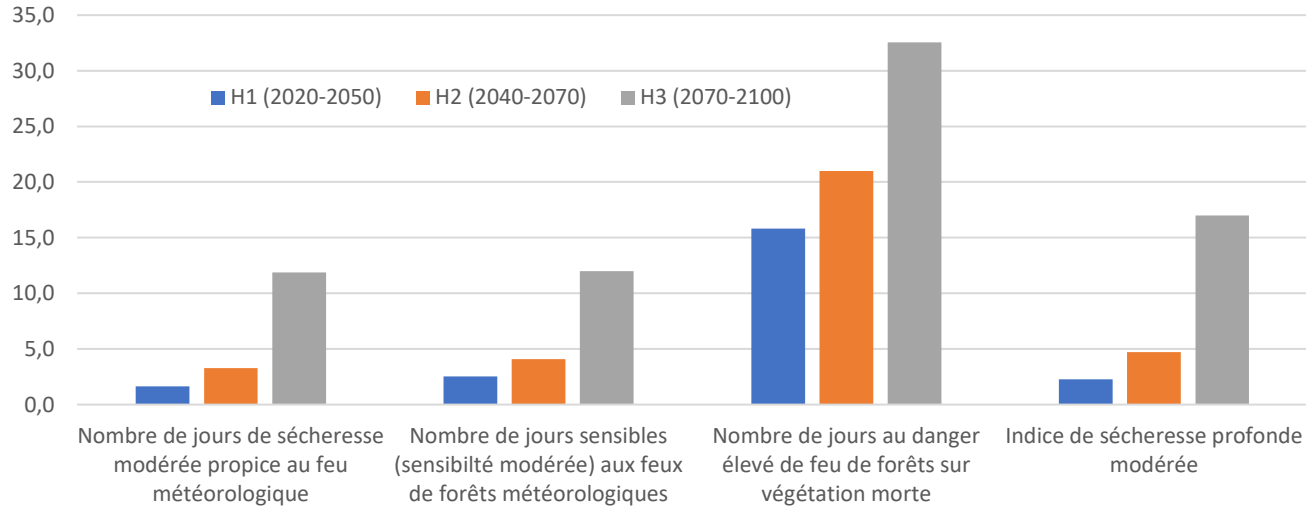
- Laisser les arbres morts afin de ne pas générer des chantiers qui détruiraient les sols forestiers : le risque de prolifération du scolyte augmenterait potentiellement, cela engendrerait des risques de chutes de branches et de troncs et le bois mort augmente le risque de départ de feu (cf. risque incendie ci-après).
- Les enlever engendre un surcoût d'exploitation dans les zones difficiles d'accès et bouleverse les plans de gestion (et donc les modèles économiques forestiers). Par ailleurs, les contraintes de calendrier de la Réserve Naturelle (pour la quiétude du Grand Tétrás notamment) obligent à une organisation difficile à mettre en œuvre (disponibilité des entreprises compétentes) et font potentiellement baisser la valeur de ces bois (si on les enlève, il faut le faire rapidement pour qu'ils conservent encore une valeur marchande susceptibles de couvrir les surcoûts d'exploitation).

Les conséquences économiques sont différentes selon le statut de la forêt (public ou privé) :

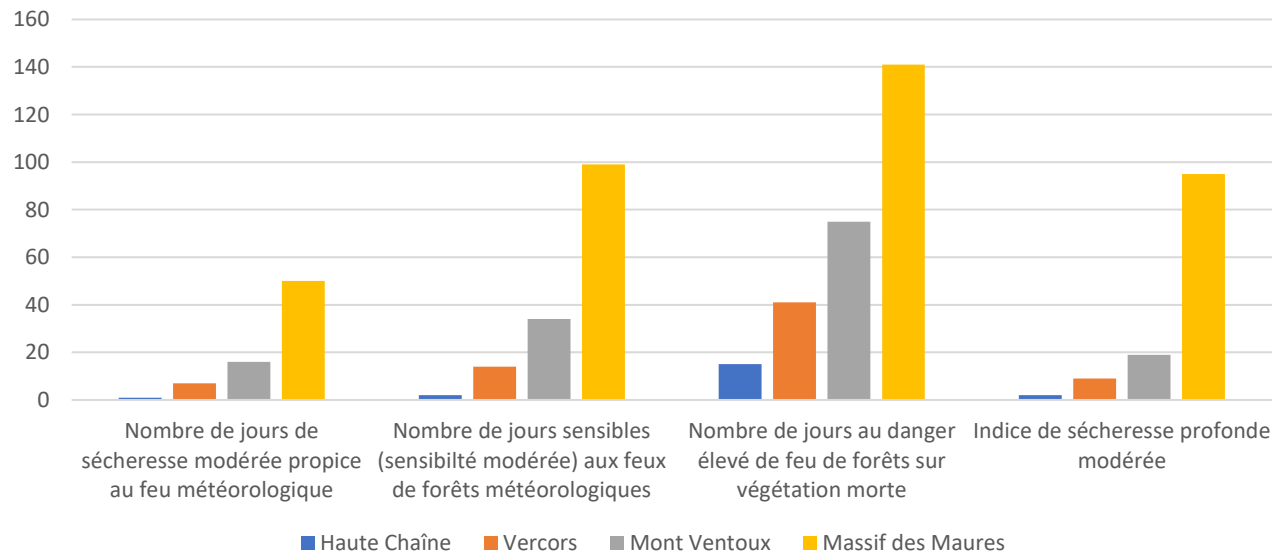
- ➔ Les communes du pays de Gex ont des revenus fonciers importants rendant l'économie de la forêt moins vitale pour la collectivité. Elles peuvent donc dédier les faibles recettes (2 à 4 fois moins de recettes que le modèle cible) à des travaux de régénération. Les Plans d'Aménagement ne sont plus adaptés et les modes de commercialisation de ces forêts (bord de route) rendent l'exploitation plus difficile du fait de la tension sur la disponibilité d'entreprises forestières compétentes.
- ➔ Les propriétaires privés recherchent l'équilibre financier de leur exploitation et espèrent la pérennité à long terme de leurs forêts. Ils sont prêts à renoncer à des bénéfices mais souhaitent l'équilibre. Ils sont donc parfois amenés à ne pas exploiter des parcelles jusque-là exploitées. Ils formalisent cela dans des Plans de Gestion Simplifiés (établis avec l'aide du CNPF).

## 5.4. Forêt

Moyennes des modèles climatiques



Comparatif des paramètres du risque incendie dans différents massifs (horizon 2020-2040)



- Risque incendie faible (cf. comparaison avec les autres massifs français) mais pas nul (cf. nombre de jours de danger élevé de feu de forêts sur végétation morte).

Un **Plan Départemental de Prévention des Feux de Forêt de l'Ain** est en cours d'élaboration en 2025.

Aux menaces climatiques, s'ajoutent le broutage par les cerfs des jeunes plants de la régénération ou de la plantation. Le loup est un prédateur efficace du cerf comme le montrent de récentes analyses d'excréments de loup (90 % étaient composés de viande de cerf).

Le loup est donc un allié du forestier mais constitue une menace pour l'éleveur.

Les modifications de modèles économiques (abandon d'exploitation de parcelles privées) risquent d'augmenter indirectement les départs de feux du fait de la présence de bois morts et de broussailles non entretenus (pas d'obligation d'entretien actuellement et si obligation, se poserait le problème du financement de ces travaux d'entretien).

## 5.5. Tourisme

### Tourisme

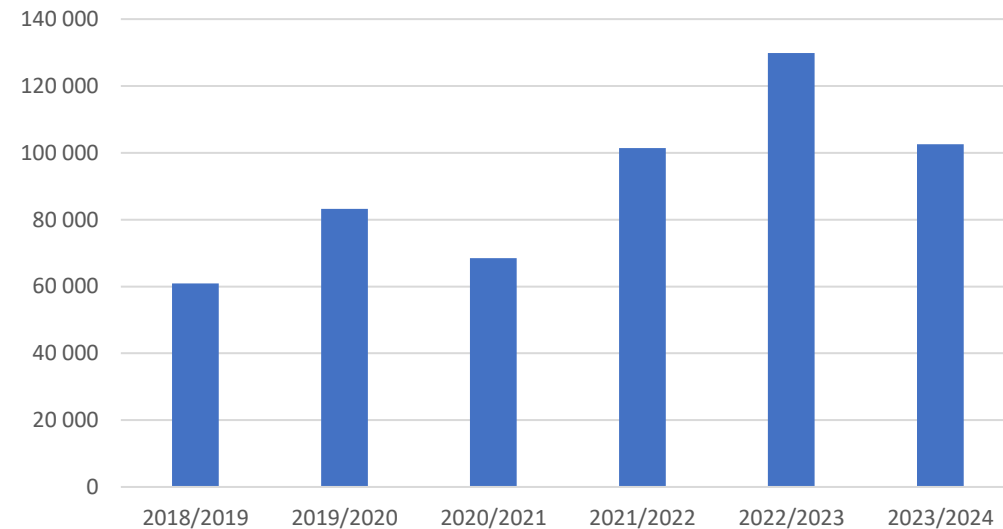
➤ Lélex-Crozet :

- 50 % des pistes couvertes en neige de culture avec une retenue (Crozet) de 40 000 m<sup>3</sup>, alimentée depuis la Valserine avec un débit réservé de 200 l/s à Niaizet – enjeu à déterminer : fixation du débit réservé en fonction du Débit Minimum Biologique (en cours de définition).
- une production de 120 000 m<sup>3</sup> (3 retenues par hiver => 1 remplissage en fin d’hiver/début du printemps + 2 remplissages au cours de l’hiver).
- CLIMSNOW : viabilité du ski à l’horizon 2035-2040 au-dessus de 1300 m d’altitude, avec de la neige de culture.



Retenue Crozet

Eau consommée pour la neige de culture en m<sup>3</sup>



➤ La Vattay : maintien jusqu’en 2035-2040 si production de neige.

➤ Col de la Faucille : maintien du ski jusqu’en 2035-2040 si production de neige.

➤ Pour les autres usages touristiques, alimentation de quelques refuges ou bâtiments d’alpage avec des citernes de récupération d’eau de pluie = ils sont soumis à la variabilité des précipitations mais pas de tensions connues en 2022.

## 5.6. Sol

### 5.6.1. Caractéristiques des sols de la Haute Chaîne

Les éléments bibliographiques sur la fonctionnalité des sols sont précisés en Annexe 4. Le changement climatique a des conséquences sur la structure et sur la composition des sols, pouvant altérer fortement leurs fonctionnalités tant pour le cycle de l'eau que pour le cycle du carbone. Ces 2 aspects sont donc analysés ici.

Pour la Haute Chaîne, peu d'études ont été menées sur les sols : une répartition des types de sols a été faite à partir des végétations observées dans le cadre du Plan de Gestion de la Réserve. Cette répartition est la suivante :

Types de sols	% de la Haute Chaîne
Sol litho-calcaire à moder ou à mor	6.5
Rendzine brunifiée	9.2
Sol humo-calcaire ou humo-calciq	41.5
Sol brun calcaire	19.6
Sol brun calciq	14.6
Sol brun lessivé ou brun acide	7.2
Sol brun ocreux ou cryptopodzolique	Inf. à 1
Podzol sur pseudogley	Inf. à 1
Pseudogley	Inf. à 1
Sol limoneux argileux	Inf. à 1
Permafrost	Inf. à 1

Les sols ont des compositions et des profondeurs variables.

Les sols humo-calcaire ou humo-calciq, les sols bruns calcaires et les sols bruns calciques sont majoritaires (75,7 %).

Dans son rapport de stage (Cartographie des sols jurassiens – 2005), Jamel KARECHE précise :

- Les sols sont principalement **bruns acides forestiers**, typiques des forêts de résineux comme le sapin et l'épicéa, ainsi que des **sols hydromorphes** dans les zones humides.
- La présence de **sphaignes** et d'autres végétations spécialisées contribue à la formation de sols à **gley** et **stagnogley podzoliques**, caractéristiques de zones plus humides.
- La végétation, notamment les **forêts acidophiles**, influence la chimie des sols, avec des **litières acides** qui favorisent l'acidification du sol et la formation de **podzolisation**.
- Des **sols bruns acides** se forment sur des substrats calcaires et marneux, et la végétation participe à l'évolution des horizons de sol.

## 5.6. Sol

### 5.6.1. Caractéristiques des sols de la Haute Chaîne

Analyse de 4 sites dans le rapport de stage de Jamel KARECHE (Cartographie des sols jurassiens – 2005) :

- La Vattay : en majorité des sols bruns acides forestiers (profondeur : 27 à 48 cm) avec quelques zones de podzols. Végétation dominante : sapinière.
- La Greffière : sol à gley associé à un marais et sol brun marmorisé (profondeur : 42 à 72 cm). Végétation dominante : pelouse décalcifiée à plantain de montagne.
- La Maréchaude :
  - Sur les crêtes : sols humo-calciques d'épaisseurs variables selon les creux et les pentes (18 cm). Végétation dominante : pelouse décalcifiée à plantain de montagne.
  - Sur le versant Ouest du Colomby de Gex : sols bruns lessivés. Végétation dominante : pelouse subalpine à vérâtre et cirse.
- Le Crêt de la Neige :
  - Sur les pentes, rendzine (fort taux de carbonates dans de la terre fine) – profondeur d'environ 15 cm. Végétation dominante : fruticées subalpines.
  - Ailleurs : sols bruns lessivés et sols bruns acides.

## 5.6. Sol

### 5.6.1. Caractéristiques des sols de la Haute Chaîne

Evaluation de l'activité biologique de 8 sols sur 4 secteurs : Vieille Maison, Chenaillette, Gralet, Sorgia (ELISOL, TEYSSIER - 2022)

		Taux d'argile en %	Taux de limon en %	Taux de MO en %	pH (eau)	Nématodes / g de sol	IVD	RU en m3/ha
Sorgia	Pelouse	43,3	52,7	10,9	5,6	5,3	68	573
	Pré-bois	29,6	63,6	16,1	6,1	7,3	79	573
Gralet	Pelouse	41,9	48,8	8,9	5,6	5,9	58	564
	Pré-bois	39,7	55,1	14,4	6,3	10,1	77	593
Chenaillette	Pelouse	37,4	52,1	12,4	5,6	10,6	81	580
	Pré-bois	36,2	54,9	14,1	5,6	7,9	68	583
Vieille Maison	Pelouse	NA	NA	NA	NA	24,1	86	NA
	Pré-bois	40	49,2	23,8	6,8	18,8	85	787
		IVD = Indice de Voie de Décomposition						
		RU = réserve utilisable						

Les IVD et les taux de nématodes sont satisfaisants mais les indices de structure (indice qui caractérise la complexité de la chaîne trophique) sont plus variables :

- Sorgia et Vieille maison = élevé.
- Chenaillette et Gralet = moyen.

Les taux de RU ne sont pas élevés.

Malgré un taux de matière organique élevé, un sol acide avec des nématodes en quantité moyenne peut ne pas avoir un taux d'humidité élevé en raison de facteurs tels que :

- La structure du sol (compaction, texture, aération).
- L'impact de l'acidité sur les processus biologiques.
- La dynamique de l'humidité (évaporation rapide, faible infiltration).
- L'activité biologique, qui peut ne pas être suffisamment active pour maintenir une rétention d'humidité efficace.

Pour améliorer la rétention d'eau, il serait important d'optimiser la structure du sol (en l'aérant et en enrichissant la matière organique), de contrôler le pH (pour favoriser l'activité microbienne et des racines profondes) et de mieux gérer la végétation et la couverture du sol pour minimiser l'évaporation.

## 5.6. Sol

### 5.6.1. Caractéristiques des sols de la Haute Chaîne

#### Historique de la formation des sols et de la forêt :

- -20 000 ans av JC : la glaciation Würm (glacier du Rhône) érode les sols du Jura et met la roche à nu.
- Entre -12 000 et -11 000 ans av JC : retrait glaciaire total = les sédiments issus de l'érosion du glacier du Rhône, constitués de loess, sont arrachés par le vent et déposés sur le Jura :
  - Sur les crêtes et les pentes, les accumulations sont faibles et les échanges avec la roche mère calcaire forment progressivement des sols calcaires (humus-calcaires, brun calcaire, brun calcique).
  - Sur les replats et les creux, les accumulations sont plus profondes favorisant avec la végétation des sols plus acides.
- A partir de -11 000 ans av JC : réchauffement favorable à la forêt.
- -10 000 ans av JC : 1<sup>ère</sup> forêt (pins sylvestres, pins à crochets).
- -8 700 ans av JC : dernier sursaut du Würm, provoquant une éclaircie de la forêt et une recolonisation de la lande.
- -8 000 ans av JC : réchauffement = le pin est majoritaire mais apparition du bouleau, de l'érable, de l'orme et du noisetier.
- -4 400 ans av JC : premiers sapins.
- -3 200 ans av JC : sapins dominants / apparition de l'épicéa.
- -2 500 ans av JC : l'épicéa prend le dessus.
- Pédogénèse actuelle : processus de pédogénèse par voie acide sur une roche mère calcaire. Dans ce processus, la végétation (racines, épines, feuilles) joue un rôle déterminant.

## 5.6. Sol

### 5.6.2. Fonctionnalités des cycles eau et carbone

#### Estimation de la rétention d'eau dans les sols de la Haute Chaîne :

- Hypothèses prises pour le calcul = taux de réserve de l'étude ELISOL de 2022 :
  - ✓ Env. 3000 ha prairies et pelouses (hypothèse teneur en eau moyenne =  $600 \text{ m}^3/\text{ha}$  – cf. étude ELISOL) =  $1\,800\,000 \text{ m}^3$ .
  - ✓ Env. 7500 ha de forêts (hypothèse teneur en eau =  $800 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) =  $6\,000\,000 \text{ m}^3$ .
- Total = env.  **$7\,800\,000 \text{ m}^3$  stockés dans les sols.**
- Ce volume stocké est à comparer aux volumes des usages anthropiques (estimés à  $7\,160\,000 \text{ m}^3$ ) :
  - AEP :  $7\,010\,000 \text{ m}^3$ .
  - Neige de culture :  $120\,000 \text{ m}^3$ .
  - Pastoralisme =  $30\,000 \text{ m}^3$ .
- Cette approche très approximative permet d'illustrer le **fort enjeu du maintien des fonctionnalités hydrologiques du complexe « sol – végétation »** dans le cycle de l'eau (cf. principes de l'hydrologie régénérative ci-après).



Ancien Goya Bizot

## 5.6. Sol

### 5.6.2. Fonctionnalités des cycles eau et carbone

#### Principes de l'hydrologie régénérative en montagne

##### Principe N°1 - Ralentir les écoulements

→ **en surface** :

1. Augmenter la rugosité de surface (végétation, roche, obstacles, terriers, ...).
2. Allonger les 'chemins de l'eau' (aménagement des chemins, revers d'eau, cours d'eau, ...).

→ **dans les sols** :

3. Limiter le drainage des sols et rediriger les drains vers des zones d'infiltration.
4. Décompacter les sols : racines + éviter la compaction (animaux, engins, ...).
5. Augmenter le taux de matière organique dans le sol
6. (re)créer des zones d'infiltration (type zones humides)

##### Principe N°2 - Assurer la stabilité du terrain

1. Augmenter le tissu racinaire (densité et profondeur) → développer une végétation multi étagée.
2. Penser la cohérence du versant (zone sèche = point de rupture possible).

##### Principe N°3 - Renaturer les cours d'eau

1. Considérer le lit majeur du cours d'eau comme espace de mobilité → le cours d'eau n'est pas toujours au même endroit.
2. Éviter les zones d'accélération (buse, digue, drain, ...) → si inévitable, compenser par des zones de ralentissement directement en aval.
3. Favoriser les obstacles ralentisseurs dans le cours d'eau (Végétalisation des berges + biodiversité).
4. Créer des zones d'épanchement d'orage infiltrantes → favoriser la connexion nappe-rivière.

##### Principe N°4 - Refroidir les surfaces

1. Augmenter le contenu en eau des sols → favoriser l'infiltration.
2. Augmenter le couvert végétal (ombrage + dissipation de l'énergie thermique).

Annexe 3 – Retours d'expérience sur l'hydrologie régénérative

## 5.6. Sol

### 5.6.2. Fonctionnalités des cycles eau et carbone

#### Rôle de captation du carbone des sols du Pays de Gex :

Stockage carbone évalué pour le Plan Climat du Pays de Gex :

- Stockage carbone « prairies » = 2 325 kT<sub>eqCO2</sub>.
- Stockage carbone « forêt » (sol + biomasse) = 5 022 kT<sub>eqCO2</sub>.

Emissions de gaz à effet de serre (GES) évaluée par le Plan Climat du Pays de Gex :

- Emissions GES = 637 kT<sub>eqCO2</sub>/an.
- Emissions « agriculture/forêt » = 38 kT<sub>eqCO2</sub>/an.
- Emissions « déplacements < 3 km » = 57 kT<sub>eqCO2</sub> /an.

La capacité de stockage des sols et des forêts équivaut à environ 11 ans d'émissions de GES. Notons l'importance de préserver la capacité de stockage des sols des pelouses d'altitude dans un contexte de dépérissement de la forêt :

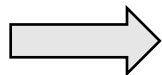
Tableau 3 : Stock de carbone dans le sol par hectare, sur l'horizon 0-30 cm, en fonction du type d'occupation du sol

Type de couvert	Stock de carbone (t C/ha)
Terre arable	43
Prairie	70
Forêt mélangée	70
Pelouse d'altitude	93

Source : Arrouays et al., 2002

#### Article de la série NPI de la revue NATURE (14 janvier 2025 – Hao et al.)

Cette revue a démontré le rôle essentiel de l'humidité du sol dans la régulation des CS-GES. L'humidité du sol influence directement la photosynthèse et la respiration des plantes, l'activité microbienne du sol et la décomposition de la matière organique du sol, des niveaux optimaux améliorant ces processus et augmentant la séquestration du carbone. Cependant, **des extrêmes d'humidité du sol perturbent ces mécanismes, réduisant l'efficacité de la séquestration.** Les émissions de CO<sub>2</sub> présentent un schéma de « pic et de déclin », culminant à environ **40 % WFPS (Water Filled Pore Space = pourcentage de pores dans le sol rempli d'eau)**, tandis que les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O culminent à des niveaux plus élevés, entre 60 % et 80 % WFPS pour le CH<sub>4</sub> et environ 80 % WFPS pour le N<sub>2</sub>O, soulignant la nécessité d'une gestion ciblée de l'humidité du sol. Les sécheresses réduisent l'humidité du sol, limitant la séquestration du carbone et modifiant les émissions de GES, tandis que les inondations créent des conditions anaérobies favorables à la production de CH<sub>4</sub>. Les pratiques de gestion durable des terres telles que l'agriculture de conservation, l'agroforesterie et une gestion optimisée de l'eau sont essentielles pour améliorer la séquestration du carbone et réduire les émissions de GES en améliorant la structure du sol et en maintenant des niveaux d'humidité optimaux.



**Viser une humidité entre 40 et 80 % sur une surface étendue**

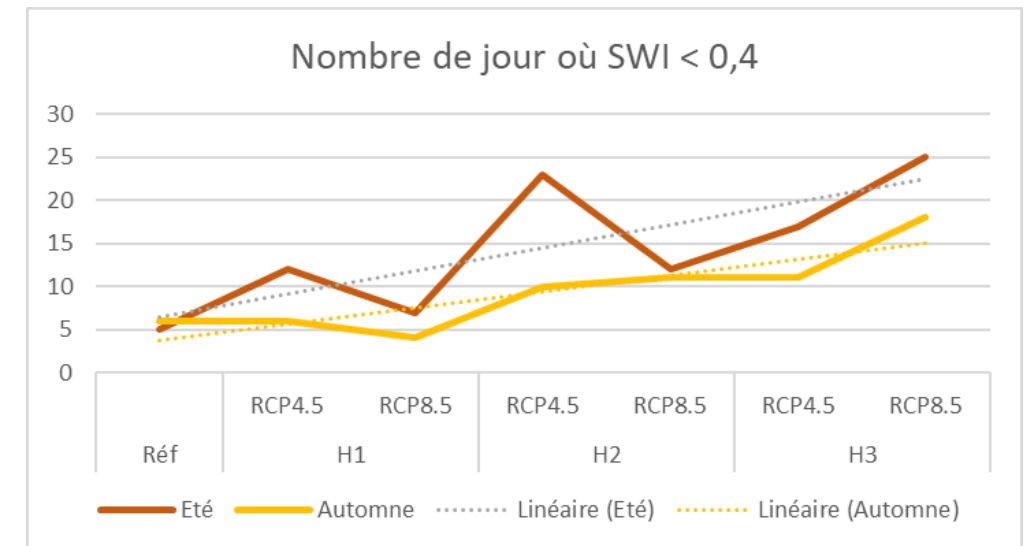
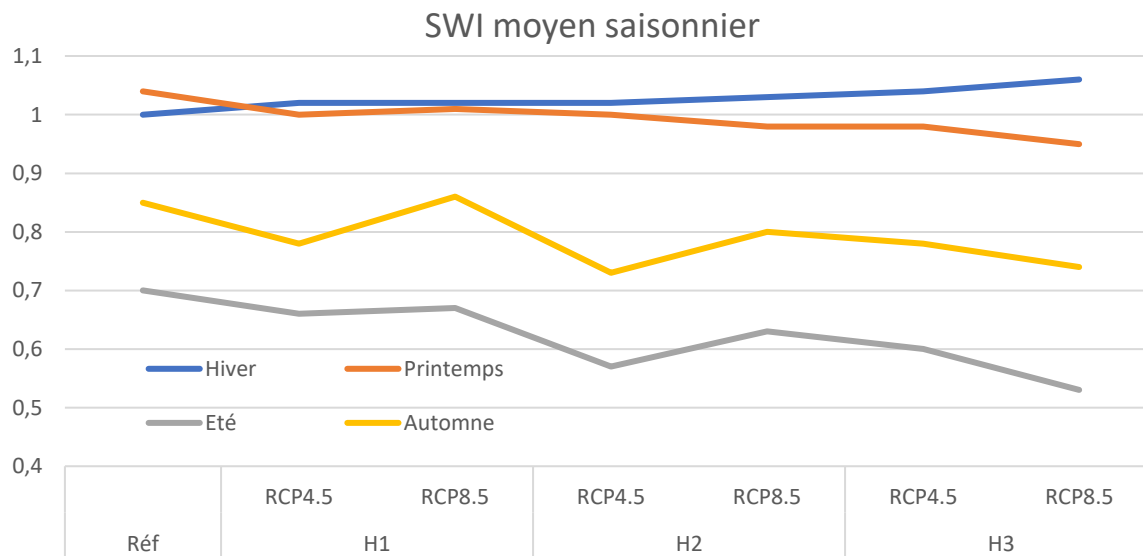
## 5.6. Sol

### 5.6.2. Impact du changement climatique

- L'indicateur d'humidité des sols montre une tendance à l'assèchement des sols du printemps à l'automne ce qui aura des effets sur la végétation, sur la rétention d'eau et sur le stockage du carbone.
- Humidité des sols aura tendance à augmenter en hiver ce qui augmentera les risques d'érosion et de glissement de terrain en cas d'épisodes pluvieux intenses, surtout dans les secteurs à forte pente, dans un contexte de dépérissement de la forêt.

	SWI (indice d'humidité des sols) en %						
	Réf	H1		H2		H3	
		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Hiver	1	1,02	1,02	1,02	1,03	1,04	1,06
Printemps	1,04	1	1,01	1	0,98	0,98	0,95
Eté	0,7	0,66	0,67	0,57	0,63	0,6	0,53
Automne	0,85	0,78	0,86	0,73	0,8	0,78	0,74

	Nbre de jours où SWI < 0,4						
	Réf	H1		H2		H3	
		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Hiver	0	0	0	0	0	0	0
Printemps	0	0	0	0	0	0	0
Eté	5	12	7	23	12	17	25
Automne	6	6	4	10	11	11	18



## 5.7. Biodiversité

Les effets généraux du changement climatique sur la biodiversité sont les suivants :

- Perte de **connectivité écologique** (espèces incapables de migrer à temps),
- Modification des **relations sol-plantes-eau**,
- Régression ou disparition de **fonctions-clés**
- Recomposition d'écosystèmes vers des **formes nouvelles**

Le changement climatique agit comme **facteur de recomposition écologique** :

- Déclin ou déplacement d'espèces sensibles,
- Stress hydrique récurrente de certains milieux,
- Altération des cycles biogéochimiques,
- Transformation des paysages et de leurs fonctions.

Sur la Haute Chaîne, la biodiversité est fortement liée aux modalités de gestion pastorale et forestière.



Roche Franche

## 5.7. Biodiversité

### Analyse des dynamiques de gestion de la biodiversité sur la Haute Chaîne :

La structure de gestion de la Réserve Naturelle se met en place progressivement :

- Déploiement de nouvelles orientations de gestion à partir de 2012 : ce déploiement peut être jugé récent au regard de l'histoire du pastoralisme et aux évolutions récentes de ce modèle qui datent quand même de plus de 50 ans. Les trajectoires entre la conservation et la gestion pastorale ne suivent pas les mêmes dynamiques ni les mêmes raisons d'être : elles parviennent à se concilier mais dans le cadre d'un changement climatique qui bouleverse les équilibres, cette conciliation est de plus en plus délicate.
- Le DOCOB NATURA 2000 – Crêts du Haut-Jura de 2008 affirme que le maintien de l'alpage est indispensable. Cela donne une orientation des pratiques pastorales (via les diagnostics pastoraux à partir de 2010) vers le maintien des pré-bois (et l'incitation au sylvo-pastoralisme) => on passe de diagnostics pastoraux orientés « optimisation de la pression de pâturage et incitation à l'augmentation du chargement » (2006) à des diagnostics orientés « avec le chargement en place, adapter la conduite » (2015) » ce qui soulèvent des difficultés de conciliation :
  - ✓ L'ajustement des infrastructures se planifie sur un temps moyen à long (15 à 20 ans).
  - ✓ env. 25 % alpages à vocation de préservation de l'habitat du Grand Tétras et env. 20 % alpages à enjeu de lutte contre la fermeture du milieu (effet intensifié par le changement climatique).
  - ✓ Depuis **2015**, les phénomènes climatiques ont été modifiés et **les diagnostics pastoraux de cette période sont obsolètes.**
- Le Plan Pastoral Territorial (PPT) de 2014 préconise des goyas bâchés .... Mais cette préconisation n'est pas reconnue par le Conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN) qui donne un avis sur les demandes de travaux (cf. demande Commune de Péron en 2021 pour l'alpage du Gralet).
- A partir de 2023, les diagnostics agro-écologiques sont réalisés à l'échelle de la ferme dans son ensemble (alpages + siège + terrains en plaine ou en vallée) => cela est favorable à une approche systémique indispensable à l'adaptation.

## 6. Modélisation systémique

**6.1. Méthodologie**

**6.2. Consolidation**

**6.3. Enseignements**



## 6.1. Méthodologie

Le principe méthodologique de l'accompagnement réside dans l'approche systémique du système « usagers de l'eau de la Haute Chaîne du Jura ».

Après les analyses climatiques et hydrologiques, des éléments clés ont été identifiés et des liens de cause à effet permettent de proposer des liens d'influence entre les différents sujets qui composent le système de l'eau de la Haute Chaîne.

Une première approche a été proposée au Comité Scientifique pour valider les interdépendances identifiées ; le rôle des experts est ici primordial car il s'agit de « se mettre d'accord » sur des interprétations dans un système complexe, en acceptant que tout ne peut pas être représenté, ni modélisé. Pour illustrer cette limite de l'expertise, on peut citer le statisticien Georges Box : « tous les modèles sont faux, mais certains sont utiles ».

L'objectif de la modalisation par l'emploi de toutes les données clés et des informations récoltées auprès des parties prenantes est de construire une représentation de la réalité complexe afin que chacun puisse identifier sa place dans le système, les influences réciproques entre son domaine d'activité et les autres, les mécanismes de régulation et/ou de dérégulation du système et les conséquences induites de menaces ou de chocs extérieurs, comme notamment le changement climatique.

A partir du consensus obtenu avec le Comité Scientifique, une animation de la modélisation proposée ci-après a été faite lors d'un atelier de travail le 29 janvier 2025. Cet atelier a permis l'appropriation de cette représentation et sa consolidation ; il est important de souligner que la « carte holistique des usages de l'eau de la Haute Chaîne du Jura » (représentation ci-après) se veut être un outil dynamique et évolutif pour permettre aux parties prenantes de prendre le temps d'assimiler la complexité des sujets et de contribuer à sa construction.

L'atelier du 29 janvier 2025 a également permis de tirer des enseignements sur la conduite de la démarche et sur des sujets clés qu'il convenait d'aborder dans la suite.



## 6.2. Consolidation

### Apports de l'atelier du 29 janvier 2025 sur la carte holistique :

#### Réactions par rapport au diagnostic envoyé

- Globalement le diagnostic est jugé complet et fait bien ressortir les enjeux.
- Peu de personnes qualifie la modélisation systémique « d'usine à gaz » et la plupart des participants trouvent que cela apporte une compréhension de la complexité, des liens entre les sujets et incite à une approche collective.
- Les constats sont déjà faits sur le terrain : tarissement des sources, dépérissement de la forêt, goyas traditionnels défectueux.
- Certains se disent effrayés et inquiets.

#### Corrections à apporter

- Revoir l'état des lieux des alpages : propriétaires, exploitants, débouchés (les données présentées sont issues des diagnostics pastoraux de 2015, des observations de terrain – non exhaustives - et des échanges avec quelques exploitants ayant répondu favorablement aux sollicitations).
- La relation entre les niveaux de débit de l'Allondon et les niveaux de nappes n'est pas une relation « physique » mais une corrélation : les niveaux réagissent de la même façon. Cela est à préciser car il pourrait y avoir une incompréhension sur les modes d'alimentation des nappes.

#### Compléments souhaités

- Donner davantage d'importance au risque incendie et prévoir les besoins en eau pour cela.
- Expliquer davantage les processus de stockage/déstockage de carbone et le lien avec la situation hydrique des sols.
- Expliquer davantage les marges possibles de stockage d'eau dans les sols.
- Approcher une évolution probable de la forêt et des prairies liée au changement climatique.

## 6.2. Consolidation

### Informations fournies lors de l'atelier du 29 janvier 2025 sur la carte holistique :

#### Eau potable

- Même si l'étude ne porte que sur le périmètre de la Haute Chaîne, les conséquences de l'hydrologie sur ce périmètre se font directement sur les ressources en eau exploitées pour l'eau potable dans la plaine.
- On observe que l'enjeu quantitatif de l'eau pour l'agriculture (20 à 30 000 m<sup>3</sup>) n'est pas du même ordre que celui de l'eau potable (7 Mm<sup>3</sup>).
- L'eau potable connaît des tensions et continuera à en connaître du fait de la pression très forte en matière d'urbanisation (forte hausse de la population à l'horizon 2040) .
- Les actions de sobriété sont importantes : des rendements de réseaux déjà très élevés, une consommation par foyer qui a baissé mais qui reste supérieure de 10% à la moyenne nationale, des sujets sur le remplissage des piscines avec de l'eau potable et en période de sécheresse (remarque : le territoire ne connaît pas de gros consommateurs industriels).
- Le PLUi est un outil important pour favoriser la sobriété.
- Des actions d'éducation sont aussi nécessaires.
- La régie des eaux gessiennes anticipe la hausse du nombre d'utilisateurs et l'augmentation des tensions hydriques avec des interconnexions et une étude sur les nappes profondes.
- Cette perspective d'exploitation des nappes profondes inquiète les associations qui estiment que ce n'est pas une solution durable et questionne sur le patrimoine hydrique à moyen/long terme.
- Il s'agirait d'adapter les besoins aux ressources disponibles et non l'inverse.

## 6.2. Consolidation

### Informations fournies lors de l'atelier du 29 janvier 2025 sur la carte holistique :

#### Agriculture et eau

- ➔ Compte tenu des tensions sur l'eau potable et des infrastructures existantes, les gestionnaires de la ressource destinée à l'eau potable, ne peuvent répondre à des demandes d'approvisionnement pour les alpages : ce n'est pas bien compris par les alpagistes compte tenu des faibles volumes qu'ils demandent.
- ➔ Globalement, les alpages sont plutôt bien équipés et la sécheresse de 2022 a révélé quelques déficiences qu'il faut régler avec de nouveaux goyas.
- ➔ Le pastoralisme s'adapte déjà aux évolutions climatiques et des techniques nouvelles d'intégration des bâches et d'intégration de l'enjeu « biodiversité » existent (l'exemple du Gralet est satisfaisant).
- ➔ La profession est prête à mutualiser des infrastructures.
- ➔ Si les techniques de création semblent faire consensus, il reste à bien définir les volumes et les emplacements des nouveaux goyas en fonction des objectifs de gestion des alpages.
- ➔ L'enjeu du remplacement des bâches des goyas actuels est très important.
- ➔ Il faudra être vigilant sur la qualité de l'eau dans les goyas ; en effet, lors de la campagne d'analyse de l'eau (2024) du nouveau goya de Sorgia d'en Haut, il a été observé la formation de cyanobactéries.
- ➔ Les solutions de stockage et d'approvisionnement en eau sont à regarder à l'échelle de l'alpage en fonction des besoins agricoles et des enjeux « biodiversité ».
- ➔ Peu de Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) ont été souscrites, et seulement quelques Plans de Gestion Intégrée (PGI) ont été réalisés.
- ➔ Les PGI sont des outils intéressants pour aborder tous les sujets sur l'alpage mais ils nécessitent une animation suivie, sur le terrain.

## 6.2. Consolidation

### Informations fournies lors de l'atelier du 29 janvier 2025 sur la carte holistique :

#### Forêt

- La situation est critique : évolution des scolytes, obligation de couper les bois malades sous 3 semaines (arrêté préfectoral), période réduite pour l'exploitation (règlement réserve), difficultés d'accès (pentes) et difficultés à trouver des entreprises compétentes et disponibles
- Des craintes sur le fait que le prélèvement des bois malades soit néfaste pour les sols
- Une remise en question totale des modèles économiques : à la fois perte de revenus et augmentation des coûts de gestion (par exemple : l'exploitation par câble coûte très cher) et d'investissement (replantation, accessibilité)
- Une INCERTITUDE forte sur les évolutions de la forêt et les actions à mener : en réserve, il est interdit d'importer des essences exogènes = il s'agit donc de miser sur la régénération naturelle mais sans aucune garantie de succès (il en va de même d'ailleurs sur la plantation)
- La situation pose également des questions de sécurité : dangers liés à la chute des arbres et des branches et risques accrus d'incendie
- Le risque incendie est pointé comme réel et il est important d'anticiper la création d'infrastructure de stockage (à usages multiples) pour répondre à cet enjeu

#### Biodiversité

- Inquiétude sur la santé des habitats communautaires (des effets sont déjà observés, par exemple : disparition de l'Apollon)
- Pour les alpagistes, le pastoralisme permet le maintien de la biodiversité

#### Tourisme

- Interrogation sur l'opportunité de poursuivre la neige de culture sur les Monts Jura (associations de protection de l'environnement) / nécessité de poursuivre cette économie en limitant les prélèvements à ce qui est autorisé aujourd'hui (représentants des collectivités gestionnaires de la station)
- Besoin supplémentaire sur La Vattay = 15 000 m<sup>3</sup> apportés par la récupération des eaux de ruissellements => enjeu qualité de l'eau / mutualisation des usages / contrainte forte sur le périmètre de la Réserve Naturelle

## 6.3. Enseignements

**La complexité du sujet, modélisée par le schéma des interrelations entre les thèmes, incite les parties prenantes à questionner les méthodes de travail et de coopération actuelles et leurs finalités :**

- Un état des lieux ayant collecté toutes les données disponibles et considéré comme complet.
- Une modélisation systémique qui a fait prendre conscience de la complexité du sujet et de la nécessité de prévoir l'adaptation au-delà de l'adaptation au coup par coup et « comme on a toujours fait » => allier le conceptuel et l'opérationnel.
- Les acteurs de la « conservation » interrogent l'opportunité de maintenir des politiques interventionnistes, notamment pour maintenir des espaces ouverts, alors que les milieux évoluent rapidement sous l'effet du changement climatique => quelle biodiversité protéger ? Est-ce grave si un habitat protégé disparaît ? Quel sens pour les réglementations « habitats » et « espèces » dans ce contexte ?
- Les représentants du pastoralisme font valoir leur capacité d'adaptation et leur rôle dans le maintien de la biodiversité et disent être très agacés des lourdeurs administratives et des incohérences dans les postures institutionnelles.
- Les élus de la CAPG évoquent des injonctions et des cadres qui nous dépassent (urbanisation, économie) et qu'il faut faire avec ces cadres en cherchant des consensus => ce sont des **contraintes fortes identifiées qui maintiennent le modèle existant dans son état (économie, urbanisation, ...), il est donc nécessaire de s'adapter en gardant de la cohésion.**

## 6.3. Enseignements

### Les enseignements de cette séquence pour le bureau d'études sur les « zones sensibles » de la coopération :

#### **2 points « sensibles » qui irritent les acteurs qui doivent se débrouiller (agriculteurs et forestiers) dans un contexte complexe**

- L'eau potable : « on nous demande de faire attention et de se débrouiller en nous posant beaucoup de contraintes alors que nous ne représentons que peu de volume et qu'on remplit des piscines avec de l'eau potable dans la plaine » => il est proposé de mettre le sujet en second plan en disant : « on assume qu'il faut chercher l'autonomie hydrique pour le pastoralisme et si l'opportunité se présente, chercher une mutualisation entre alpage, entre pastoralisme et défense incendie et entre pastoralisme et neige de culture ».
- L'idée d'une retenue à La Vattay soulève des réactions vives = « irritant » potentiellement fort => il est proposé d'approfondir le sujet en explorant les enjeux « qualité » et les potentielles mutualisation d'un tel ouvrage avec la défense incendie et le pastoralisme (notamment pour la Lécherolle, très proche de La Vattay).

#### **Un PARADOXE majeur à approfondir => en faire le cœur de l'atelier « prospective »**

- D'un côté, des visions divergentes des enjeux malgré l'acceptation de la complexité => chacun reste encore dans son récit (économie, agriculture, sols, forêt, conservation).
- D'un autre côté, l'identification unanime du besoin de gérer la complexité entre « politique » (académie/planification) et « empirisme » (terrain/émergence) en adoptant des démarches systémiques où les outils et méthodes de coopération sont à développer.

## 6.3. Enseignements

### Les enseignements de cette séquence pour le bureau d'études sur la dynamique des systèmes :

Sans dynamique de nouvelle méthode, le système va choisir des actions d'adaptation sectorielle : adaptation des goyas, réflexions par secteur d'activité (comment améliorer l'exploitation de la forêt malade ? Comment adapter la charge de pâturage aux enjeux d'habitats ? ...)  
=> chaque secteur va avoir tendance à déployer sa trajectoire adaptative sans prendre en compte les interactions entre les sujets ce qui risque de ne pas répondre aux évolutions de l'environnement (même à court terme).

Pour amorcer cette nécessité de « travailler ensemble autrement », l'accompagnement s'est adapté avec :

- L'organisation d'atelier prospectifs (18 et 20 mars 2025) avec des projections vers 2 horizons (2035 et 2050) et l'identification de premières opportunités d'actions du modèle existant (exemple : des PGI orientés « sols ») et d'innovations à expérimenter (exemple : chantier sylvo-pastoral).
- L'organisation d'une formation des conseillers techniques (14 mai 2025) pour créer une nouvelle synergie de coopération entre professionnels au service des enjeux futurs.

## 7. Points de bascule plausibles

### 7.1. Définition

### 7.2. Points de bascule sur l'eau potable

### 7.3. Points de bascule sur l'agriculture

### 7.4. Points de bascule sur la forêt

### 7.5. Points de bascule sur le tourisme



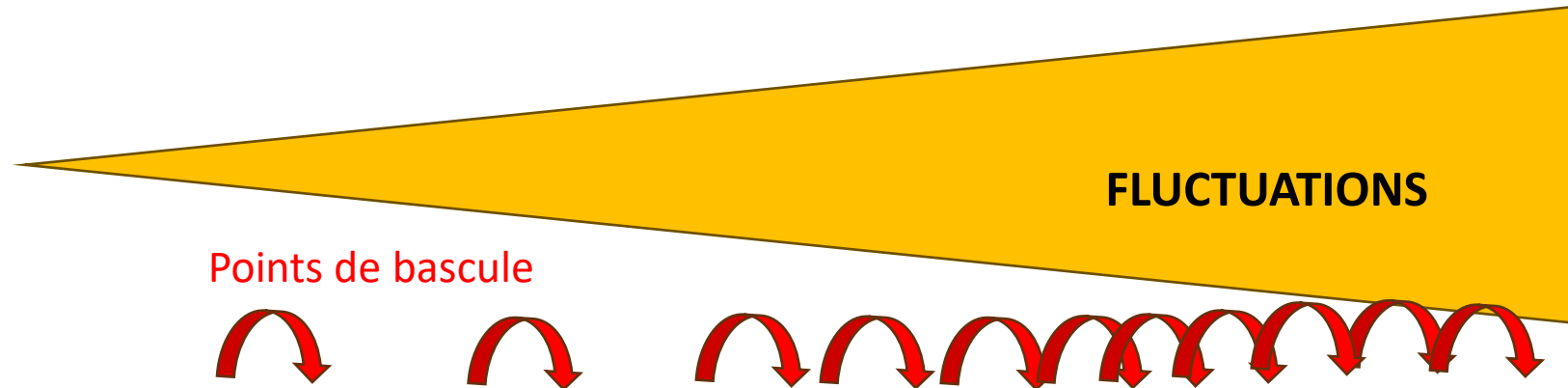
Alpage Branveau

## 7.1. Définition

Tout système possède des régulations qui permettent de maintenir son équilibre, tant que les tensions ne sont pas trop fortes.

Le système des usagers de l'eau de la Haute Chaîne est donc capable de résister à un certain niveau de fluctuations et de changement. C'est pourquoi, des stratégies d'adaptation sectorielle fonctionnent encore mais certaines (par exemple sur la forêt) atteignent un seuil au-delà duquel le système a fondamentalement changé (par exemple, le nouveau paradigme économique sur la forêt).

Cela s'appelle un **point de bascule**. Les points de bascule apparaissent dans un environnement de plus en plus fluctuant car ces fluctuations mobilisent de plus en plus les régulations jusqu'au stade où elles ne peuvent plus compenser les fluctuations.



L'approche systémique permet de voir les régulations du système, d'identifier les compensations que chaque partie du système met en place pour maintenir l'équilibre de l'ensemble et de prévoir les points de bascule qui pourront apparaître si les fluctuations augmentent. Elle permet également de **repérer les endroits où il faudrait agir (effets levier) pour répondre aux points de bascule pour permettre au système de changer sans s'effondrer.**

A l'issue de l'atelier du 29 janvier, une analyse de la carte holistique, croisée avec les apports des parties prenantes, a permis d'identifier des points de bascule plausibles selon les problématiques identifiées : eau potable, agriculture, forêt, tourisme.

Ces points de bascule sont présentés ci-après. Pour chaque point de bascule, des effets levier sont aussi identifiés.

## 7.2. Points de bascule sur l'eau potable

### Points de bascule déjà vécus :

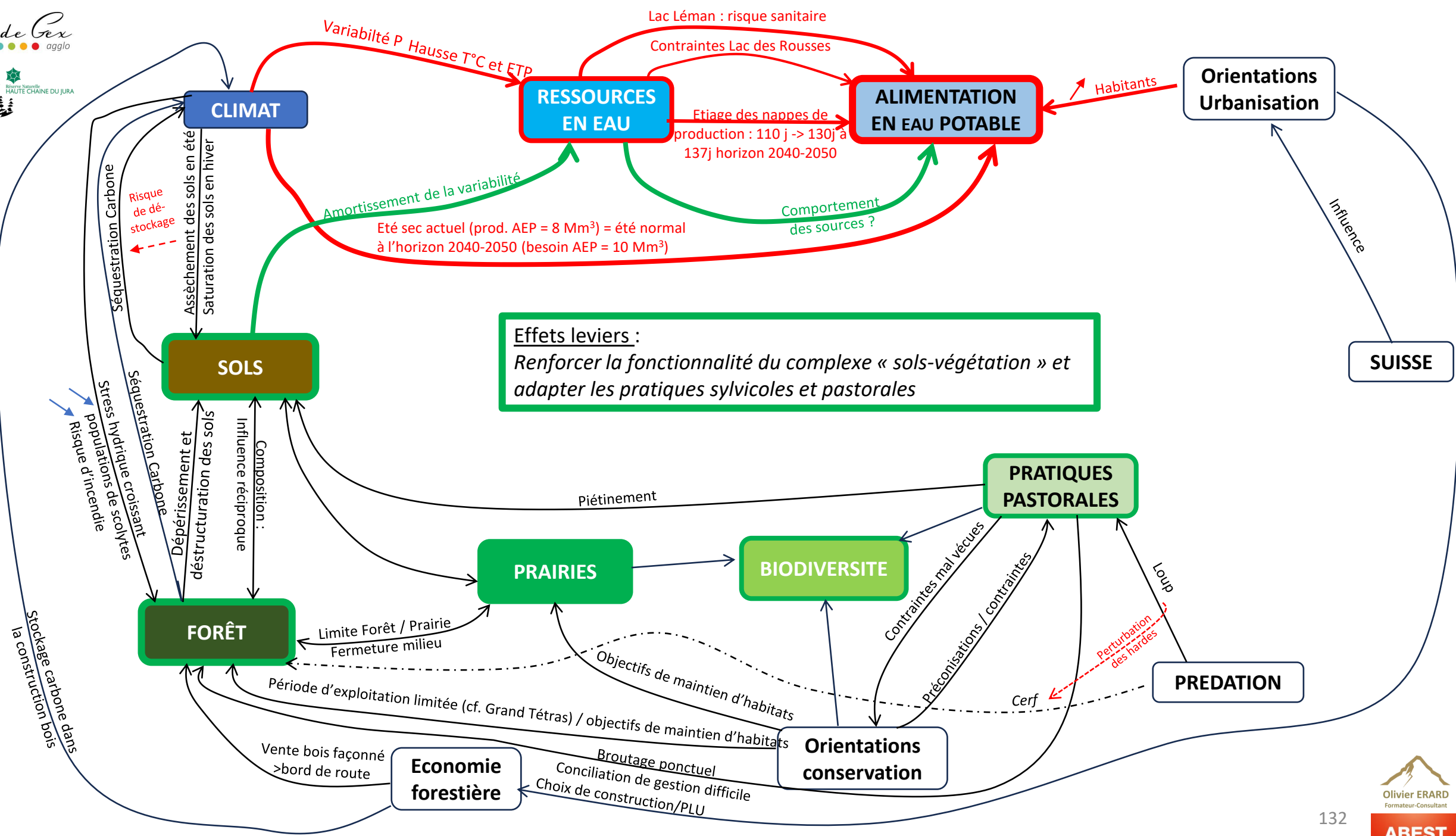
- Tarissement de sources.
- Eutrophisation lac des Rousses.
- Non retournement Lac Léman.

### Points de bascule plausibles 2040-2050

- Eté sec = normal => tension AEP.
- Hausse des températures des rivières et des stocks d'eau (avec incidence qualité).
- Baisse qualité Lac Léman.
- Augmentation de la population.

### Leviers d'action :

- Mettre le sol au centre des préoccupations : co-bénéfiques « amortisseur de la variabilité hydrologique », forêt, prairies.
- Valoriser la fonctionnalité du complexe « sol – végétation » dans le cycle de l'eau destinée à la consommation humaine.
- Connaître et observer le comportement des sources.
- Anticiper les besoins en eau / changement climatique => PTGE à venir.



## 7.3. Points de bascule sur l'agriculture

### Points de bascule déjà vécus :

- Tariessement de sources.
- Dépérissement de la forêt.
- Arrivée du loup.
- Saut du prix de l'énergie.
- Conflit  
« randonneur/exploitant ».

### Points de bascule plausibles 2040-2050

- Eté sec = normal => tension AEP.
- Hausse des températures des rivières et des stocks d'eau (avec incidence qualité).
- Acidification des sols.
- Déstructuration des sols / glissements de terrain.
- Baisse de l'intérêt pour les alpages.
- Changement de paradigme des modèles agricoles (attention : report potentiel de la problématique « eau et agriculture » dans la plaine).
- Baisse de main d'œuvre pour l'entretien des espaces.
- Augmentation de la fréquentation de la montagne.
- Augmentation de la prédation (loup) et des dégradations (cerf, sanglier).
- Baisse de la capacité de captation carbone par la forêt et les prairies.

### Leviers d'action :

- Mettre le sol au centre des préoccupations : co-bénéfiques « amortisseur de la variabilité hydrologique », forêt, prairies.
- Adapter les pratiques pastorales : chargement, conduite, stockage, présence humaine, gestion des collectifs.
- Adapter les règles de gestion de la biodiversité vers l'accompagnement de la fonctionnalité des milieux.



## 7.4. Points de bascule sur la forêt

### Points de bascule déjà vécus :

- Dépérissement de la forêt.
- Changement de paradigme économique pour la forêt.
- Prédation par le cerf.
- Saut du prix de l'énergie
- Conflit « randonneur/exploitant ».

### Points de bascule plausibles 2040-2050

- Acidification des sols.
- Déstructuration des sols / glissements de terrain.
- Baisse de main d'œuvre pour l'entretien des espaces.
- Augmentation de la fréquentation de la montagne.
- Augmentation du risque incendie.
- Baisse de la capacité de captation carbone par la forêt et les prairies.

### Leviers d'action :

- Mettre le sol au centre des préoccupations : co-bénéfices « amortisseur de la variabilité hydrologique », forêt, prairies.
- Influencer sur les modèles économiques forestiers pour régénérer : ressources humaines, construction, modalités d'exploitation, ...
- Adapter les règles de gestion de la biodiversité vers l'accompagnement de la fonctionnalité des milieux.
- Concilier les usages touristiques et les effets de la prédation.



## 7.5. Points de bascule sur le tourisme

### Tourisme ski

#### Points de bascule déjà vécus :

- Baisse de l'enneigement naturel.
- Limitation des plages de froid pour la neige de culture => viabilité jusqu'en 2035-2040.

#### Points de bascule plausibles 2040-2050

- Fin du ski.
- Compensation partielle par des activités hors ski (cf. ci-après).

#### Leviers d'action :

- Maintien du ski le plus longtemps possibles =>
  - . neige de culture La Vattay = à voir impact qualité des sols.
  - . DMB Valserine => adaptation éventuelle du débit réservé.

### Tourisme hors ski

#### Points de bascule déjà vécus :

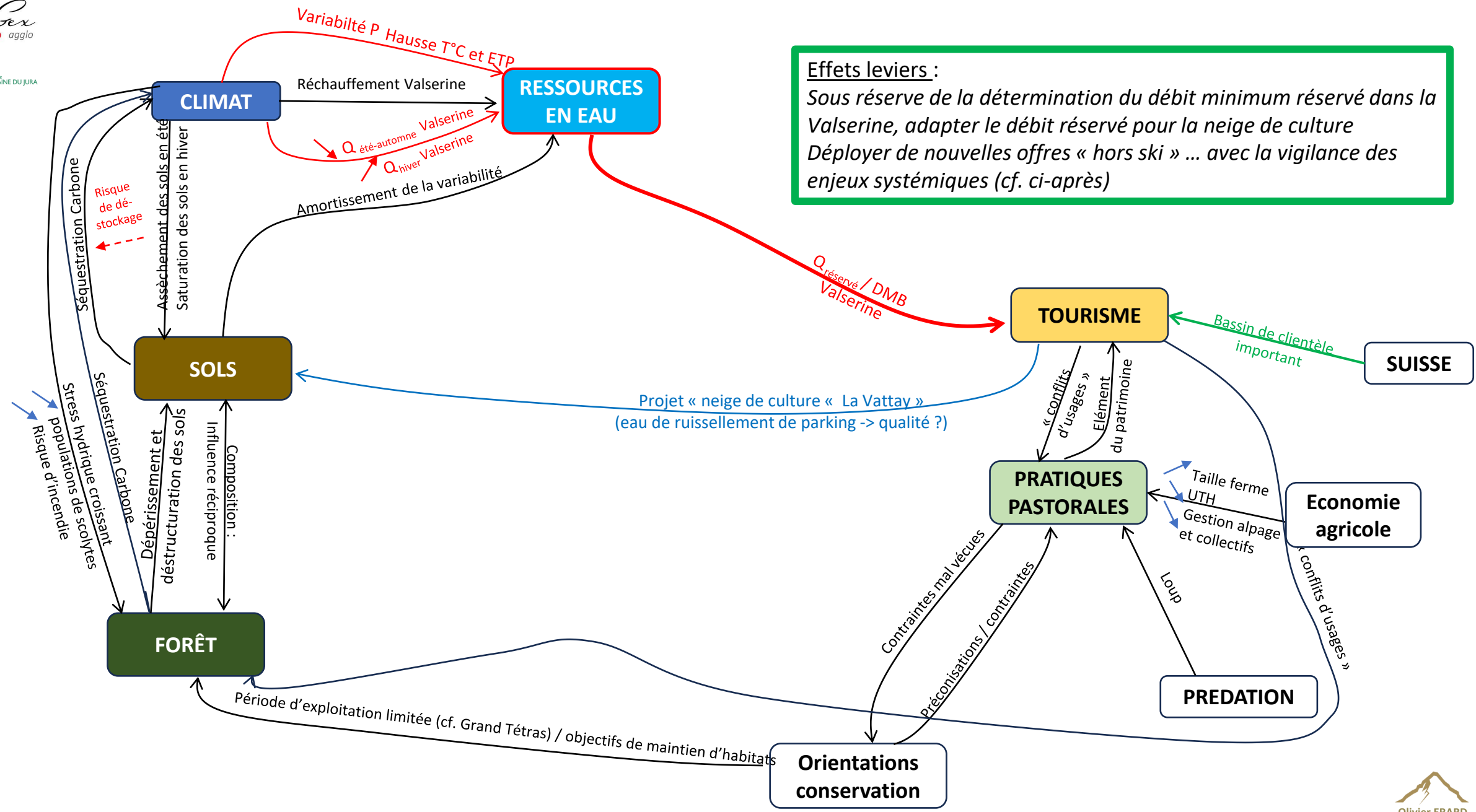
- Conflits d'usages.

#### Points de bascule plausibles 2040-2050

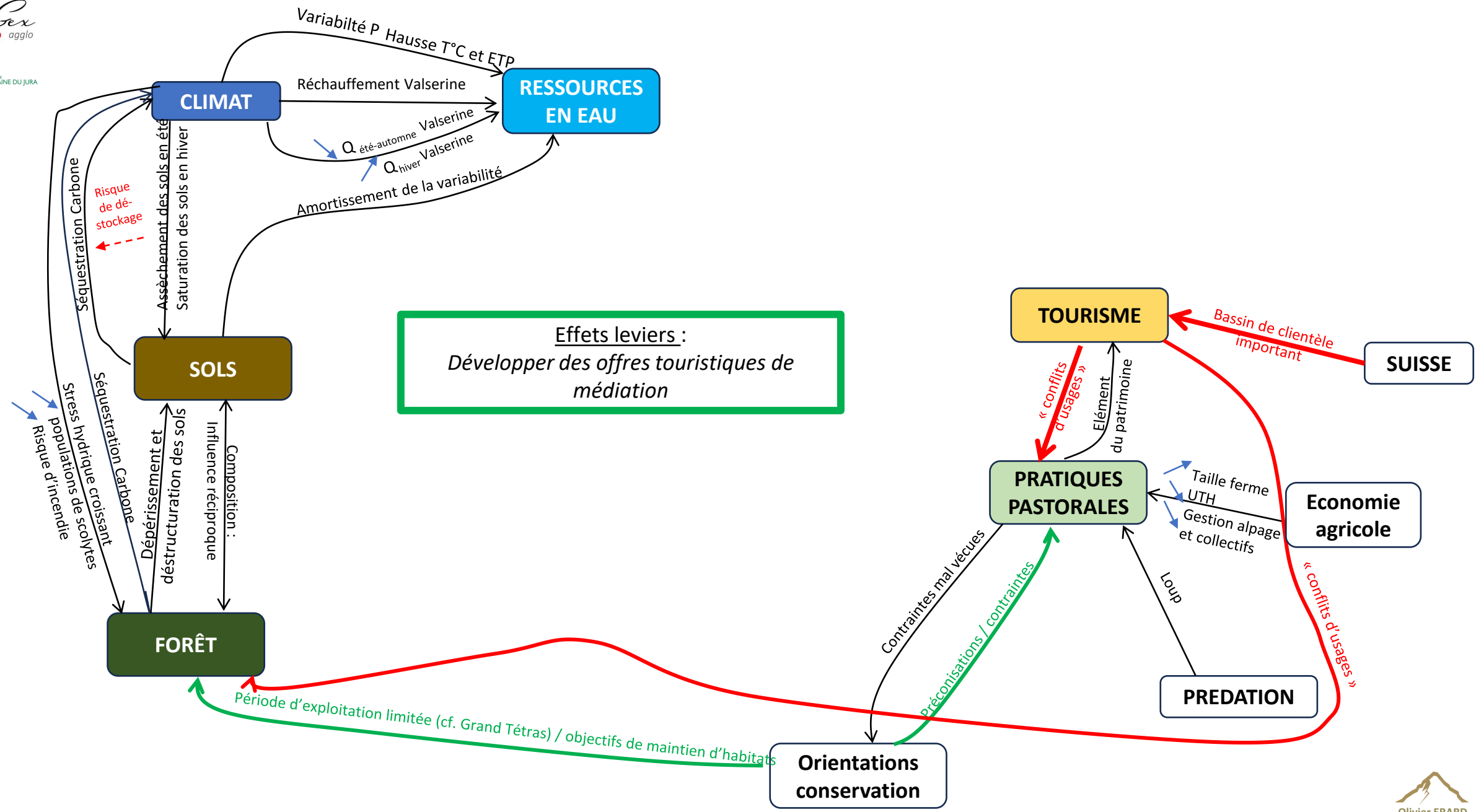
- Augmentation de la population.
- Pressions très fortes sur les alpages et les forêts.
- Augmentation des risques incendie.

#### Leviers d'action :

- Médiation / canalisation.



**Effets leviers :**  
 Sous réserve de la détermination du débit minimum réservé dans la Vallée de la Valsérine, adapter le débit réservé pour la neige de culture  
 Déployer de nouvelles offres « hors ski » ... avec la vigilance des enjeux systémiques (cf. ci-après)



Effets leviers :  
Développer des offres touristiques de médiation

## 8. Stratégie d'adaptation

### 8.1. Elaboration

### 8.2. Stratégies et outils d'adaptation sectorielle

### 8.3. Emergence et niveaux d'adaptation

### 8.4. Vers une feuille de route opérationnelle

#### 8.4.1. Projections vers le futur

#### 8.4.2. Emergence de solutions

#### 8.4.3. Problématiques systémiques



Alpage Branveau

## 8.1. Elaboration

Les éléments identifiés à l'issue de l'atelier du 29 janvier 2025 ont permis d'illustrer :

- Des points de bascule plausibles.
- Des effets leviers possibles.

Pour élaborer une stratégie d'adaptation et esquisser ensuite un plan d'actions, il est important de confronter les logiques d'adaptation sectorielles actuelles aux enjeux systémiques identifiés (points de bascule et effets levier).

Ensuite, la première approche pour déterminer une stratégie d'adaptation collective, seule démarche susceptible de répondre aux enjeux systémiques, il est utile de voir si des mutualisations faciles sont d'ores et déjà faciles.

Enfin, après ces deux approches, on confrontera les enjeux aux parties prenantes pour commencer à faire émerger des solutions en vue d'une stratégie collective et un plan d'actions.



Alpage Branveau

## 8.2. Stratégies et outils d'adaptation sectorielle

### Agriculture

- Adaptation de la conduite de l'alpage (chargement, période).
- Stockages d'eau.

### Forêt

- Régénération naturelle.
- Gestion des bois scolytés.

### Outils de planification

PPT, Diag. Pastoraux, PGI, Aménagements forestiers, Plans de gestion forestière, Plan de Prévention des Feux de Forêts, Plan de gestion RN, SDAEP, PGRE, PLU, SCoT, ...

### Alimentation en eau potable

- Nouvelles ressources.
- Interconnexion.
- Rendement de réseau.
- Préservation des sources.
- Sensibilisation usages.

### Tourisme

- Neige de culture.
- Diversification.

### Outils financiers

Chaînes de valeurs agriculture/forêt/tourisme, subventions publiques, investissements publics/privés, prix de l'eau, ...

### Urbanisme

- Densification.

### Outils d'observation

Réseau ROMMA, stations de mesure de débit, suivi du niveau des nappes, observations naturalistes, ...

Chaque usage dispose d'outils d'adaptation sectorielle accompagnés d'outils de planification, de financement et d'observation. Le système des « usagers de l'eau de la Haute Chaîne du Jura » est donc bien doté, notamment en outils financiers et d'observation. L'un des défis de l'adaptation collective est de mutualiser des moyens financiers de sorte à ce que l'adaptation collective ne vienne pas s'ajouter aux adaptations sectorielles, mais les remplace et que les moyens dédiés soient orientés vers le collectif plutôt que l'individuel.

A titre d'illustration, le prix de l'eau pourrait évoluer vers une structure prenant en compte la fonction « château d'eau » de la montagne pour la plaine, permettant de financer des actions de régénération de la ressource et de compenser des modèles sylvicoles et pastoraux en difficulté.

## 8.2. Stratégies et outils d'adaptation sectorielle

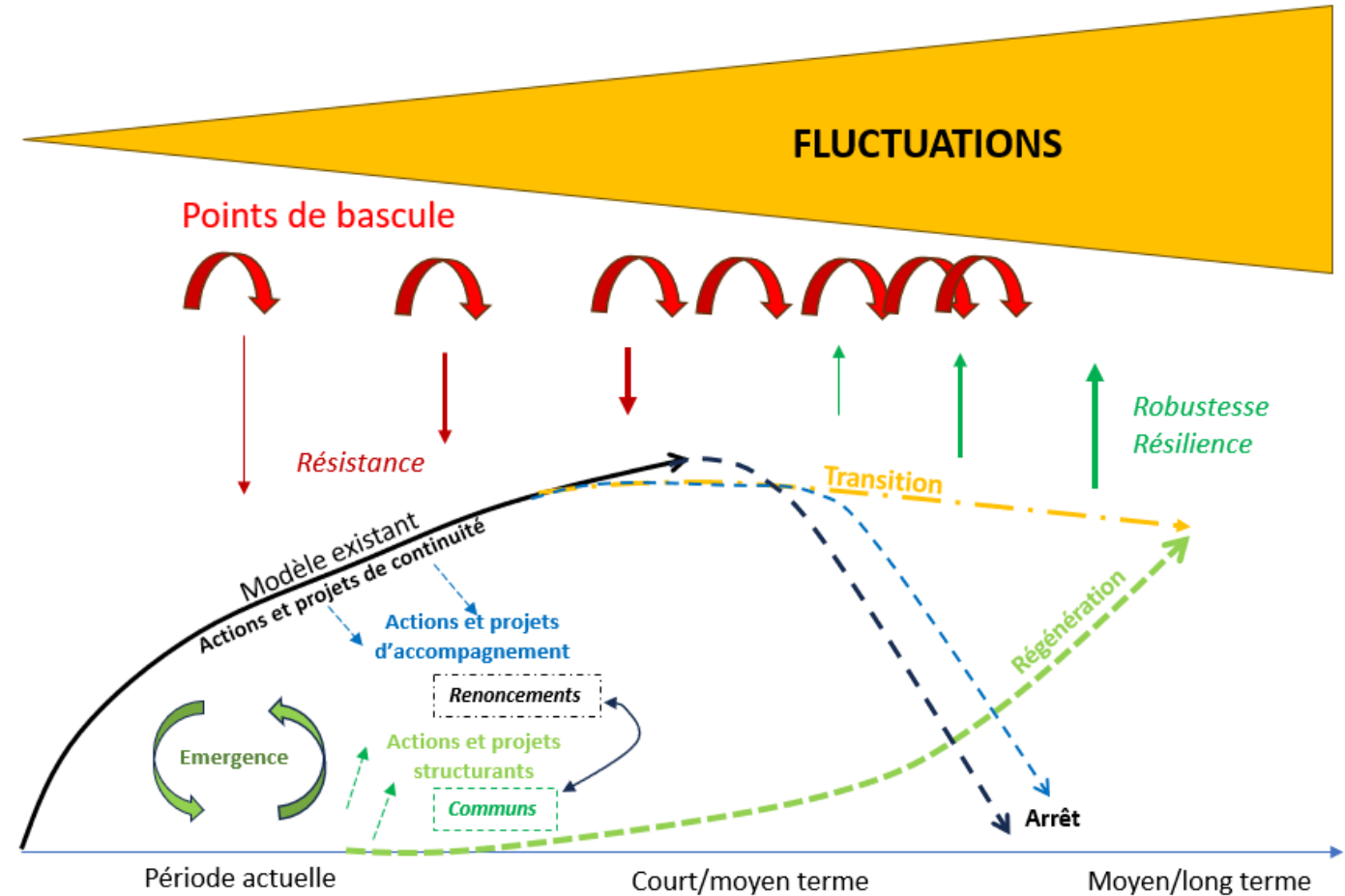
Le tableau ci-dessous présente une analyse croisée des potentiels de mutualisation entre les usages. Compte tenu de la géographie, des modèles économiques variés et des infrastructures existantes, seules quelques mutualisations ponctuelles sont possibles, sans que cela soit de nature à répondre aux enjeux systémiques :

	Pastoralisme	Eau potable	Protection de la forêt	Neige de culture
Pastoralisme	Mutualisation ponctuelle entre alpage (La Chaz / Polvette)	Prévention contre les pollutions bactériologiques (cf. pics de pollution dans les sources)	Actions de sylvo-pastoralisme et entretien des sous-bois	
Eau potable	Possibilité de prendre sur le réseau si l'eau est disponible mais pas de réseaux spécifiques à créer	Interconnexion, préservation (et connaissance) des sources, nouvelles ressources (attention aux temps de renouvellement)	Pas de solution pour approvisionner les citernes de protection	Proscrire son usage pour la production de neige de culture
Protection de la forêt	Maintien des sols humides	Maintien d'un filtre naturel et d'un sol humide	Citernes disséminées pour intervenir au plus près des départs de feu	
Neige de culture	Alimentation ponctuelle via les regards d'enneigeurs pour quelques alpages les plus proches		Peu d'usage possible compte-tenu de la stratégie de dissémination de petites citernes pour stopper des départs de feu	Maintien des volumes sur Lélex-Crozet et 2 retenues d'eau de ruissellement sur le Col de la Faucille et La Vattay

## 8.3. Emergences et niveaux d'adaptation

Pour appréhender le défi de bâtir une stratégie collective pour l'adaptation aux enjeux systémiques désormais identifiés, l'illustration ci-contre schématise les différents modes d'actions possibles pour répondre aux fluctuations et aux points de bascule :

- Le maintien du système existant tant que l'on peut, car c'est celui qui fait vivre la communauté, la filière : par des actions et de continuité le système résiste jusqu'à un certain seuil et à moyen terme, le système est menacé d'arrêt sans solution alternative.
- L'accompagnement du système existant par des actions et des projets d'adaptation sectorielle : on injecte de la « durabilité », mais cela ne suffit pas à s'adapter aux fluctuations et points de bascule à venir. Cela fait gagner un peu de temps au système mais ne crée pas l'alternative.
- L'émergence de projets et d'actions structurantes pour faire changer le système par des renoncements mais aussi l'attachement à des communs (par exemple, ici : les sols) qui permettent de démarrer une nouvelle trajectoire « en même temps » que le modèle existant.



Cette dynamique d'émergence permet de préparer le moment où le système existant ne pourra plus tenir et d'avoir alors un système robuste et résilient. Cette approche de l'adaptation est inspirée de l'expérience de la Station de Métabief, citée en exemple lors du Colloque de rendu du projet CLIM'PASTO (cf. Annexe 4 – Retours d'expérience sur les stratégies d'adaptation).

## 8.3. Emergences et niveaux d'adaptation

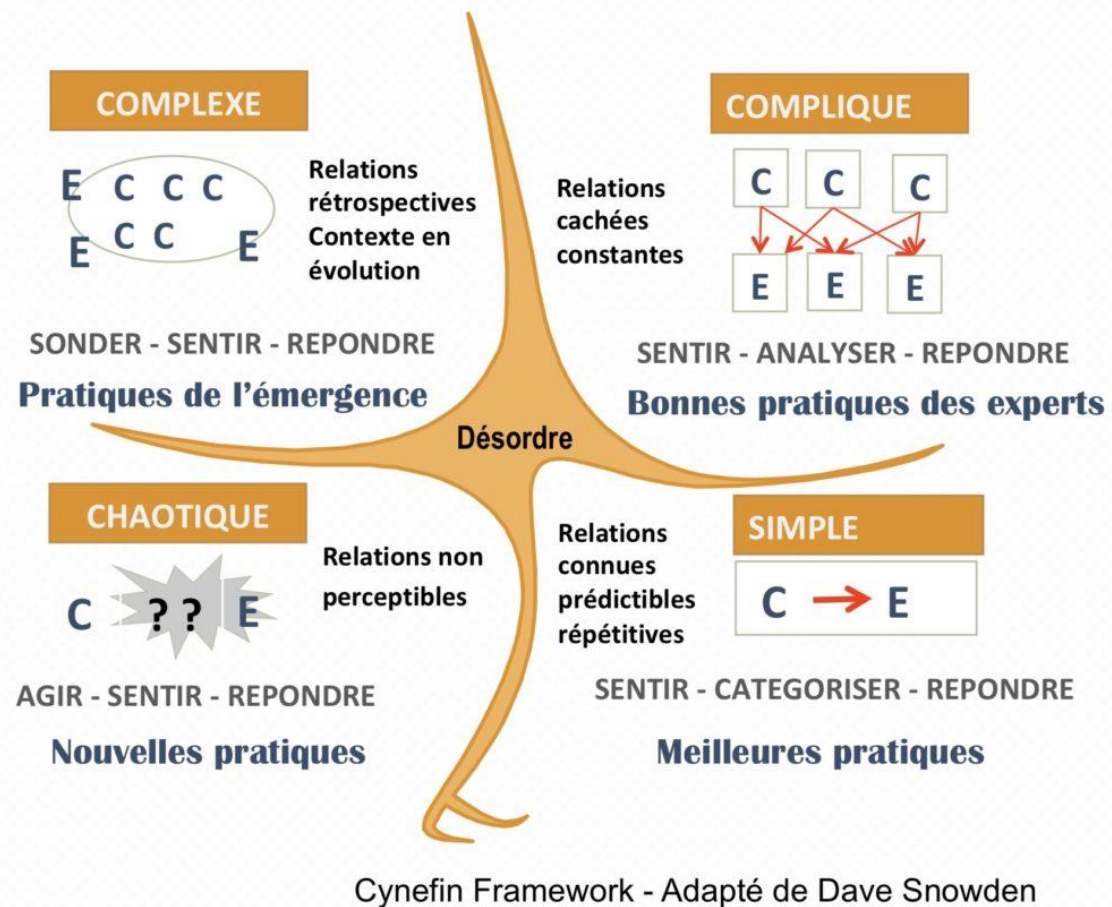
Les retours d'expérience recensés sur les enjeux d'adaptation dans le domaine agricole (cf. Annexe 7) mettent tous l'accent sur la complexité et sur la nécessité d'agir sur plusieurs leviers en travaillant ensemble.

Sans citer le principe d'émergence développé par Dave Snowden dans le modèle CYNEFIN (cf. ci-contre), ces retours d'expérience incitent à utiliser cette dynamique pour identifier les actions concrètes à mettre en place par les parties prenantes d'un système complexe confronté à des fluctuations et des points de bascule.

Pour susciter cette émergence, nous avons identifié 3 niveaux d'actions (cf. ci-après) et proposé des scénarios d'évolution lors de 2 ateliers prospectifs (18 et 20 mars 2025).

### Emergence (source : Dave SNOWDEN)

Quand les relations de cause à effet ne sont plus perceptibles, les tentatives de contrôle de la situation ou de mise en place d'un plan d'action n'ont pas de sens et s'avèrent totalement inefficaces. Les solutions se testent par l'expérimentation et l'observation du résultat produit par le système. On cherchera à amplifier les résultats positifs produit par l'expérimentation par un renforcement des contraintes et à diminuer les résultats négatifs de l'expérience par la réduction des contraintes pour laisser apparaître d'autres schémas.



“Cynefin” : mot gallois qui signifie habitat, où “les multiples facteurs de notre environnement et de notre expérience qui nous influencent d’une manière que nous ne pourrons jamais comprendre”

## 8.3. Emergences et niveaux d'adaptation

### ● Niveau 1 – Continuité du système (projets de continuité)

Un projet de continuité poursuit les objectifs habituels de performance du système existant, en intégrant de manière marginale des exigences environnementales ou climatiques (souvent réglementaires). Il s'appuie sur des outils de pilotage classiques (indicateurs, plans d'action) et reste dans une logique d'optimisation locale.

**Il n'interroge ni les interdépendances systémiques, ni la résilience structurelle** du territoire ou de l'organisation.

Ce type de projet continue de fonctionner comme avant, en faisant juste quelques efforts pour "faire mieux" (ex : respecter des réglementations environnementales).

Mais il **ne change pas vraiment les choses en profondeur** : il ne prépare pas à faire face aux fluctuations et à l'incertitude.

#### Risques :

- **Aucune robustesse** face à l'incertitude.
- Stabilisation apparente de structures potentiellement inadaptées.
- Peut **retarder la transformation** et renforcer des vulnérabilités latentes.

### ● Niveau 2 – Réorientation progressive (projets d'accompagnement)

Un projet d'accompagnement introduit des démarches de transition sectorielle (RSE, PCAET, diagnostics carbone...), mais en conservant une lecture fragmentée des enjeux. La coopération est recherchée mais insuffisamment intégrée dans les modes de gouvernance.

Le projet repose encore sur des méthodes issues de la pensée linéaire (complication), et **peut aggraver les vulnérabilités** du système si ses effets systémiques ne sont pas pris en compte.

Ici, on essaie de faire des choses nouvelles : des plans, des actions, des engagements. Mais souvent, **chaque acteur travaille encore de son côté**, et on garde les anciennes façons de décider ou de penser.

Ça donne une impression de mouvement, mais **ça peut être trompeur** : on risque de faire des choix qui posent des problèmes plus tard.

#### Risques :

- Risque élevé de **mal-adaptation** (solutions inefficaces à long terme).
- **Complexification du système** sans en accroître la résilience.
- Vulnérabilités accrues par accumulation de solutions sectorielles déconnectées.
- La **robustesse et la régénération sont peu présentes ou absentes**, car le système reste rigide dans sa structure et peu ouvert.

### ● Niveau 3 – Structuration de l'adaptation (projets structurants)

Un projet structurant pour l'adaptation vise à construire une **capacité adaptative collective**, intégrant les incertitudes et les dynamiques systémiques. Il mobilise une approche complexe (modélisation, gouvernance adaptative), une **coopération distribuée**, et une mise en convergence des ressources et visions des acteurs. Il permet de renforcer la **robustesse de l'organisation ou du territoire**, en créant un cadre d'action évolutif, réactif et ancré dans le long terme.

Ce type de projet cherche à **changer vraiment les façons de faire**, à agir **ensemble**, et à penser à long terme. Il tient compte du fait qu'on ne peut pas tout prévoir, mais qu'on peut se préparer en s'écoutant, en se faisant confiance, et en partageant les responsabilités. C'est un projet qui aide une organisation ou un territoire à **devenir plus fort face aux imprévus**.

#### Risques :

- Difficulté à engager des projets **impliquant de multiples partenaires** et à les convaincre.
- **Rentabilité économique** à court terme incertaine.
- Convaincre les différents acteurs de la nécessité d'innover et du **changement de paradigme**.

## 8.4. Vers une feuille de route opérationnelle

### 8.4.1. Projections vers le futur

Pour faire émerger des actions pouvant répondre aux enjeux systémiques, nous avons utilisé une méthode inspirée du **design fiction** et proposé aux parties prenantes de réagir face à deux scénarios tendanciels relatant les évolutions plausibles (ci-après).

2 ateliers de travail réunissant chacun environ 10 personnes de tous horizons (éleveurs, forestiers, associatifs, conseillers techniques) ont été organisée les 18 et 20 mars 2025.

Pour chaque scénario, les participants étaient invités à proposer des actions.

Les productions des groupes sont présentées pages 149 et 150.

A l'issue de ces ateliers et des analyses réalisées au cours de l'étude, une première classification des actions a été opérée (pages 151 et 152)

Pour clôturer les ateliers, des propositions de problématiques étaient faites aux participants (page 153).

Ces matériaux produits par les parties prenantes ont ensuite constitué les données d'entrée de l'atelier-formation réunissant les conseillers techniques des différentes filières le 14 mai 2025, à la suite duquel, une amorce de stratégie et une esquisse de plan d'actions ont pu être élaborés pour préparer la phase suivante de cette étude.

## 8.4. Vers une feuille de route opérationnelle

### 8.4.1. Projections vers le futur

#### Scénario 2035

Après deux années très humides (comme 2021), la Haute Chaîne enchaîne deux années très sèches et très chaudes (comme 2022). Les sols des alpages sont dégradés et certaines zones n'ont pas produit de fourrage cette année. Des glissements se sont produits sur le versant Est (sous Branveau et Platières notamment). Seules quelques sources ont donné (Lachat, Crozat). La retenue de Crozet a été réquisitionnée pour approvisionner les alpages gessiens et le secteur Praffion-Curson avec des citernes (elle sera sans doute à moitié vide pour cet hiver). De nombreux exploitants n'ont pas monté les bêtes du fait du manque d'eau, de fourrage mais aussi de la chaleur et en fin d'été, beaucoup de goyas avaient de l'eau impropre (avec des cyanobactéries). Même les pré-bois ont été désertés du fait de l'embroussaillage (l'entretien mécanique de plus en plus contraignant) et de la présence du loup. Des exercices d'intervention contre les feux de forêt sont régulièrement organisés.

Dans la plaine, les restrictions d'eau potable ont été très fortes (et sont maintenues) empêchant l'usage des piscines et tout autre usage non essentiel pour la santé humaine.

Avec les fortes chaleurs, les habitants de la plaine sont montés en masse se rafraîchir un peu dans les alpages.

#### Scénario 2050

Désormais, les étés secs sont devenus récurrents. La plupart des sols sont très secs en été, réduisant la production de fourrage. L'hiver, les pluies sont intenses et certains secteurs ont subi une forte érosion.

La plupart des alpages ne sont plus exploitables pour les vaches. Et pour les autres, les périodes d'exploitation sont aléatoires et les moutons s'adaptent mieux aux conditions ; le pâturage d'hiver est devenu possible sur certains secteurs de novembre à avril si les pluies n'ont pas été trop intenses. Les changements de météo sont brutaux, allant d'un extrême à l'autre en quelques jours.

La forêt a connu un dépérissement généralisé et les quelques poches en bonne santé sont les parcelles régénérées avec succès dès 2025.

L'embroussaillage et la multiplication du bois mort permettent à des incendies de se propager. Suite au grand incendie de 2035 généré par un randonneur en bivouac, des centaines d'hectares sont vierges de végétation ; cet incendie a permis de conforter des initiatives engagées en 2025 vers des modes de gestion nouveaux qui permettent au sol de ralentir l'eau et vers des usages nouveaux de la retenue de Crozet (désormais inutile en hiver pour le ski, les températures étant trop élevées pour fabriquer de la neige de culture).

Toutes filières économiques ont subi de profondes transformations. Malgré une très forte demande, les accès aux pratiquants d'activité de pleine nature sont limités et la population est encouragée à participer plutôt à des chantiers bénévoles d'entretien des espaces. De même, le prix de l'eau a été adapté pour financer ces travaux qui assurent encore une bonne qualité de l'eau potable dans la plaine, où les consommations ont été fortement réduites.

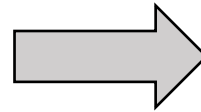
## 8.4. Vers une feuille de route opérationnelle

### 8.4.2. Emergence de solutions

#### Tendances 2035

##### *La poursuite accélérée des tendances actuelles*

- Forte variabilité hydrologique à l'image de la période vécue 2021-2024.
- Tarsissement des sources sur les alpages.
- Sécheresses estivales et restrictions de la consommation d'eau.
- Aléas de calendrier sur la pousse végétative (fourrage notamment).
- Dépérissement de la forêt.
- Augmentation de la fréquentation de la montagne.
- Présence du loup.



#### Adaptations possibles

##### *Les solutions évoquées par les parties prenantes (solutions parfois antagonistes)*

- Doter les alpages de goyas supplémentaires et exploiter toutes les citernes.
- Interconnexion des ressources AEP, préservation des sources, réduction des consommations.
- Laisser les milieux naturels évoluer (limiter les interventions humaines)/agir sur les milieux
- Développer le sylvo-pastoralisme.
- Laisser les arbres malades sur pied/Exporter les arbres malades.
- Régénération/plantation de la forêt.
- Améliorer les accès aux forêts (risque incendie) et aux alpages (facilité de gestion).
- Médiation après des pratiquants d'activités de pleine nature/restriction des accès.
- Chasser le loup/protéger le loup.

## 8.4. Vers une feuille de route opérationnelle

### 8.4.2. Emergence de solutions

#### Tendances 2050

- Trajectoire d'adaptation nationale : +4°C en 2100 (2,7°C en 2050 : scénario RCP 8.5 en 2050).
- Les étés secs sont devenus « la normale ».
- Les sols sont très secs en été.
- De fortes précipitations en hiver qui altèrent les sols.
- Pertes de fourrage importantes.
- Disponibilité du fourrage de plus en plus aléatoire.
- Dépérissement fort de la forêt : bois sec, broussaille.
- Vulnérabilité croissante aux feux de forêts (notamment sur la végétation morte).
- Plus de ski et augmentation de la fréquentation toute l'année.
- Abandon d'alpages faute d'eau (même avec stockage).



#### Adaptations possibles

##### *Solutions issues des retours d'expérience*

- Développer l'hydrologie régénérative.
- Transformer les modèles économiques agricoles, forestiers et touristiques.
- Adapter la tarification de l'eau et développer de nouvelles chaînes de valeurs.
- Développer la coopération entre les filières et les usages.

## 8.4. Vers une feuille de route opérationnelle

### 8.4.2. Emergence de solutions

Propositions issues de l'étude et des productions des ateliers:

#### Actions et projets de continuité :

- Stockages d'eau:
  - La Calame (205 ha) – projet citerne bâtiment.
  - Les Platières (107 ha) – goya ou citerne => pourrait potentiellement être un projet structurant.
  - Bévy (207 ha) – goya ? => pourrait potentiellement être un projet structurant.
  - Fierney (100 ha) et alpages gessiens : régulariser les prélèvements sur le réseau de neige de culture (via les regards des enneigeurs).
- AEP : interconnexions, rendement, nouvelles ressources.
- Tourisme : neige de culture Lélex (ajustement à volume constant) / nouvelles installations La Vattay et La Faucille.
- Forêt : installation de citernes d'eau pour prévenir des départs de feu.

#### Actions et projets d'accompagnement :

- Renouvellement des bâches => intégration des enjeux « paysage » et « biodiversité ».
- Curson (143 ha) et Thoiry Devant (213 ha) : imperméabilisation « intégrée » de goyas traditionnels devenus trop perméables.
- AEP : sensibilisation sur les usages / Revoir le PGRE en prenant en compte les évolutions climatiques.
- Médiation auprès des pratiquants d'activités de pleine nature = pourrait devenir un projet structurant.
- Médiation « loup » => pourrait devenir un projet structurant.

## 8.4. Vers une feuille de route opérationnelle

### 8.4.2. Emergence de solutions

#### Actions et projets structurants :

- Alpage du Bévy : contexte « pas encore » favorable pour être structurant, mais potentiel réel.
- Saisir les opportunités de promouvoir les modèles « résilients » sur la Haute Chaîne, par exemple les alpages de Sorgia, Poutouille et Gralet.
- Plan de Gestion Intégrée (PGI) : faire évoluer cet outil en intégrant les enjeux systémiques (points de bascule, leviers, communs) et tester des accompagnements sur des alpages en moindre tension actuellement :
  - Lécherolle (52 ha) : fragilité de la source.
  - Les Platières (107 ha) : fragilité de la source (PGI en cours).
  - Nardérons (77 ha) : fragilité de l'alimentation des stockages à faibles capacités. Besoins justifiés à condition d'améliorer l'accès à l'alpage (via La Chaz).
  - Praffion (91 ha) : un seul point d'alimentation en bas de l'alpage = réflexion à mener pour apporter de l'eau sur la partie haute de l'alpage.
  - Branveau (50 ha) : capacité de stockage faible = solution semblable à l'alpage voisin (Platières) : citernes de 10 à 15 m<sup>3</sup> pour récupérer l'eau de source.
  - La Chaz (79 ha) et La Polvette (54 ha) : opportunité à créer un goya commun pour exploiter les zones aujourd'hui sous-pâturées, à condition d'améliorer l'accès aux alpages (et poursuivre vers Nardérons).
- Revoir les modalités d'attribution des alpages par les propriétaires.
- Ajuster les interventions humaines de gestion à l'enjeu de fonctionnalité des milieux dans leur globalité (sol compris).
- Encourager la régénération de la forêt.
- Développer les actions d'hydrologie régénérative sur la Haute Chaîne et gérer les enjeux de conciliation entre le génie écologique et les habitats / enjeux de temporalité entre des techniques inspirées de la nature et les techniques de l'ingénierie classique.
- Travail collectif sur les « raisons d'être » des principales parties prenantes du système des usagers de l'eau de la Haute Chaîne (Réserve Naturelle, Exploitants agricoles, Exploitants touristiques, Exploitants forestiers, Propriétaires fonciers).
- Observatoire systémique et partagé de la ressource en eau.
- Travailler sur la conciliation des usages de la montagne du fait des incidences directes et indirectes des pratiques de loisirs de nature sur les activités sylvicoles et pastorales.
- Réflexion sur les compétences vers des métiers dédiés à l'entretien des espaces et à leur surveillance.

## 8.4. Vers une feuille de route opérationnelle

### 8.4.3. Problématiques systémiques

A l'issue des travaux des ateliers (janvier et mars 2025), et en croisant avec les éléments d'analyse, des problématiques systémiques, prenant en compte les fluctuations, les points de bascule et les effets leviers, ont pu être formulées :

- Maintenir les modèles agricoles en ajustant les investissements et les aménagements (notamment sur les stockages d'eau et les accès), en préservant les outils et les modes de gestion (notamment les syndicats et coopératives), tout en veillant à garder une marge de manœuvre pour faire face à des mutations économiques et sociales et à des événements climatiques brutaux.
- Conserver la fonctionnalité des éléments physiques des cycles de l'eau (sol, rivières, végétation, ...) en mobilisant tous les acteurs de terrain qui agissent sur la gestion et l'aménagement de l'espace => se mettre d'accord sur les objectifs partagés pour la biodiversité.
- Accompagner les transformations dans des logiques de modèle économique, en passant de la logique de chaîne de valeurs (linéaire, sectorielle) à celle de réseau de valeurs (diffuse, systémique) et en prenant soin des ressources humaines.
- Concilier les outils réglementaires, financiers et de planification pour accompagner les évolutions, en échangeant sur des visions partagées de l'état des systèmes sociaux, environnementaux et économiques par des actions d'observation.
- Communiquer auprès des parties prenantes en prenant en compte la complexité des sujets dans l'intérêt commun, pour porter les enjeux partagés.

Avec ces problématiques, une amorce de stratégie d'adaptation a été proposée (cf. ci-après).

## 9. Vers une stratégie pour la Haute Chaîne du Jura

**9.1. Données d'entrée**

**9.2. Orientations**

**9.3. Amorce de stratégie**

**9.4. Vers une esquisse de plan d'actions**



Alpage Branveau

## 9.1. Données d'entrée

Les idées clés qui se dégagent des travaux réalisés au cours du processus sont les suivantes :

- Réalité climatique et hydrologique : des fluctuations croissantes et des extrêmes de plus en plus sévères.
- Des points de bascule déjà vécus, des modèles déjà en transformation (sur la gestion forestière), des points de bascule à venir, des modèles majoritairement peu robustes (mais des exemples robustes existent : Poutouille, Gralet, Sorgia...).
- Des stratégies d'adaptation sectorielle pas suffisantes face aux fluctuations.
- Prise de conscience de la nécessité de construire des stratégies d'adaptation systémique impliquant tous les acteurs de terrain en mettant au centre des réflexions, les communs sur lesquels des leviers sont opérables pour devenir adaptable (notamment le sol).
- Concilier le maintien des dynamiques sectorielles en cours et la nécessité d'une stratégie systémique collective = bâtir un cadre stratégique commun et apprendre à s'adapter ensemble.
- Créer les conditions d'expérimentation et d'apprentissage collectif (entre filières intervenant dans la gestion de l'espace et des ressources) : expérimenter, évaluer, augmenter le rayon d'action progressivement.
- Pour dégager des moyens d'expérimentation, rationaliser les stratégies sectorielles, profiter d'initiatives sectorielles en gestation (pour lesquelles on aurait dédié des moyens) pour faire autrement et expérimenter l'approche systémique et l'anticipation des fluctuations.
- S'inscrire dans un temps moyennement long (10 ans) suffisamment long pour être compatible avec la conduite du changement et l'expérimentation/évaluation de solutions inspirées de la nature (plus longue à installer que des solutions classiques) mais aussi suffisamment court pour donner le rythme suffisant afin d'être prêts à l'horizon 2035 (où les fluctuations devraient prendre encore une intensité supérieure).

## 9.2. Orientations

Les orientations proposées pour la future stratégie de gestion de l'eau sur la Haute Chaîne du Jura sont les suivantes :

- **Adopter la vision systémique comme outil d'aide à la décision** : ce que l'on entreprend dans un secteur est interdépendant de ce qui se fait sur d'autres secteurs.
- **Faire émerger une vision commune de l'avenir** pour les ressources en eau de la Haute Chaîne et de façon induite, pour les modèles économiques et sociaux qui participent à sa gestion.
- **Assumer des progressions parallèles et simultanées, à trois niveaux** :
  1. **Le maintien des modèles de façon raisonnée** et optimisée au regard des enjeux environnementaux et sociaux, en valorisant les compétences métiers de ces modèles.
  2. **L'adaptation sectorielle de chaque modèle** en veillant à *ne pas alourdir les investissements et à ne pas isoler les sujets* (profiter de toutes les opportunités pour ouvrir sur le 3<sup>ème</sup> niveau), de sorte à limiter la vulnérabilité des modèles à moyen/long terme.
  3. **La gestion collective de l'adaptation** en privilégiant des coopérations sans but défini a priori, mais avec les données d'entrée de la vision systémique et des points de bascule. Pour apprendre cela (car il s'agit d'une autre façon de travailler), il est proposé de profiter de projets ou d'initiatives déjà en gestation et de les mener de façon collective avec la vision systémique.

## 9.3. Amorce de stratégie

### Vocations de la Haute Chaîne du Jura – Visions partagées du futur

*Sur la base du présent état des lieux et des points de bascules plausibles, partage sur les rôles de la Haute Chaîne du Jura pour le territoire (par exemple, pour l'eau : fonction « château d'eau » pour la plaine dont les fonctionnalités sont impactées par le changement climatique) et partage des visions du futur désirables à l'horizon 2040-2050 (par exemple pour l'eau : des fonctionnalités maintenues grâce à une gestion adaptative impliquant les acteurs de terrain).*

#### **Maintien des modèles existants... ... de façon raisonnée**

*Veiller à ne pas alourdir les investissements, améliorer les pratiques actuelles pour davantage d'efficacité environnementale, faire vivre les structures de gestion et de coopération actuelles.*

*Gérer les aléas et répondre aux besoins urgents en prenant en compte le maximum de facteurs possibles.*

#### **Poursuite des adaptations sectorielles ... de façon raisonnée**

*Actions visant à répondre aux fluctuations à court/moyen termes, mais insuffisantes pour le moyen/long terme ou les points de bascule.*

*Investissements ou coûts de gestion à maîtriser pour se garder des marges de manœuvre pour les actions d'adaptation collective.*

#### **Vers une gestion adaptative collective**

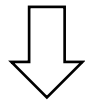
*Actions visant à répondre aux fluctuations à moyen/long termes, visant la robustesse des modèles.*

*Accompagner les changements de paradigmes pour les différents secteurs d'activités : agriculture, forêt, tourisme, conservation, gestion de l'eau.  
Rechercher de nouvelles chaînes de valeurs.*

## 9.4. Vers une esquisse de plan d'actions

### Vocations de la Haute Chaîne du Jura – Visions partagées du futur

**Maintien des modèles existants...  
 ... de façon raisonnée**



**Actions**

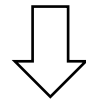
**Pour le pastoralisme** : stockages supplémentaires sur Les Platières (diag. pastoral de 2019 : 2 citernes de 15 m<sup>3</sup>) et la Calame (citerne de récupération d'eau de pluie), régularisation des prises d'eau sur le réseau de neige de culture par les alpages gessiens et le Fierney.

**Pour la forêt** : gestion « au mieux » du dépérissement.

**Pour l'eau potable** : protection des sources, interconnexions, rendement de réseau, observation du comportement des ressources.

**Pour le tourisme** : réorganisation du domaine skiable de Lélex (sans prélèvement d'eau supplémentaire) / attention au développement des activités de pleine nature.

**Poursuite des adaptations sectorielles  
 ... de façon raisonnée**



**Actions**

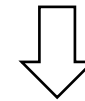
**Pour le pastoralisme** : rénovation des goyas bâchés avec intégration des enjeux environnementaux (biodiversité, paysages, évaporation), imperméabilisation des goyas de Thoiry Devant et de Curson (le pus bas) => cf. REX stockages de l'eau en alpage.

**Pour la forêt** : régénération, équipement en petites citernes pour lutter contre les départs de feux, amélioration des accès.

**Pour l'eau potable** : recherche de nouvelles ressources, sensibilisation aux usages de l'eau.

**Pour le tourisme** : neige de culture La Vattay/La Faucille si traitement de l'eau ruisselée et si compatible avec règlement réserve, adaptation éventuelle du débit réservé Valserine, médiation auprès des usagers.

**Vers une gestion adaptative  
 collective**



**Actions**

**Pour le pastoralisme** : tendre vers des modèles robustes, levier pour la fonctionnalité des milieux.

**Pour la forêt** : régénération vers la fonctionnalité des milieux, accompagnement du changement, prévention des risques de départs de feux.

**Pour l'eau potable** : adopter des principes régénératifs pour la Haute Chaîne et la Plaine, intégrer l'évolution climatique dans le PGRI.

**Pour le tourisme** : développer des offres qui permettent de canaliser tout en faisant vivre des expériences riches, impliquer la population locale.

## 10. Vers un plan d'actions

### 10.1. Actions transversales

### 10.2. Agriculture

### 10.3. Eau potable

### 10.4. Forêt et biodiversité

### 10.5. Tourisme



Abreuvoir Micharde



Abreuvoirs Grande Grand  
Goya Pillarde



Abreuvoir Branveau



Alpage Sorgia Dessus

## 10.1. Actions transversales

### → Vision commune de l'avenir :

A partir de la présente étude, questionner les raisons d'être des différents secteurs au regard des fluctuations à venir et des enjeux de maintien des fonctionnalités hydrologiques et écologiques sur la Haute Chaîne du Jura, au bénéfice du territoire du Pays de Gex.

Pour cela, des processus d'émergence de vision partagée d'un territoire peuvent être mis en place. On pourra s'inspirer des retours d'expérience développés ci-après, avec notamment la réalisation d'un diagnostic sensible sur le Massif du Mont d'Or avec l'outil « carte mentale ».

### → Observatoire systémique partagé :

- Structurer un observatoire qui intègre les données mesurées par les dispositifs en place (réseau ROMMA, stations de mesure de débit, ...) et les données d'observation de terrain par les professionnels et les personnes ressources.
- Partager régulièrement ces observations en utilisant la modélisation systémique et faire discuter les parties prenantes dans un dialogue de gestion permettant d'identifier le rythme des points de bascule et l'efficacité des effets levier.
- Communiquer sur les évolutions et sur les actions mises en place, à différents niveaux et selon différentes occasions et temporalités = construire un plan de communication spécifique.

# 10.1. Actions transversales

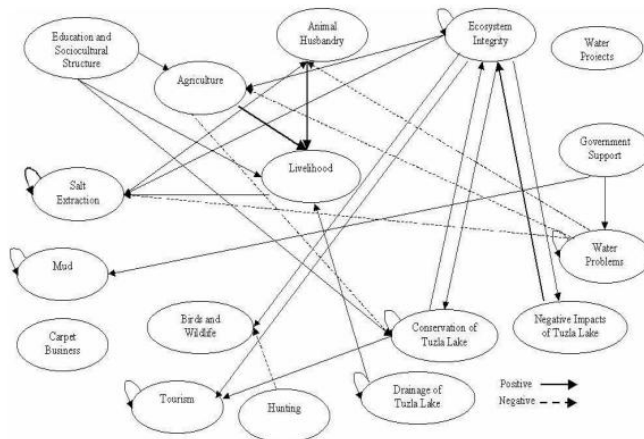
## Exemple de processus d'émergence de vision partagée

### Gestion participative du lac Tuzla (Turquie) - 2005

Un plan de gestion écosystémique participatif a été élaboré pour le lac Tuzla en Turquie, en utilisant la méthode de **cartographie cognitive floue**. Ce processus a impliqué :

- 44 parties prenantes (habitants, décideurs locaux, ONG, autorités).
- L'identification des variables clés influençant l'écosystème.
- La recherche de solutions conciliant **moyens de subsistance** et **conservation de la biodiversité**

Cette approche a permis de renforcer la participation locale et d'intégrer les connaissances traditionnelles dans la gestion environnementale



### Massif du Mont d'Or

### Thèse en psychologie sociale et environnementale - 2021

59 **cartes mentales** réalisées auprès d'exploitants forestiers, d'agriculteurs, de chasseurs, de pratiquants d'activités de pleine nature (locaux, régionaux et touristes) et de naturalistes => des conflits émergent et risquent de s'intensifier si les activités OUTDOOR se développent = émergence de **COMMUNS** à préserver

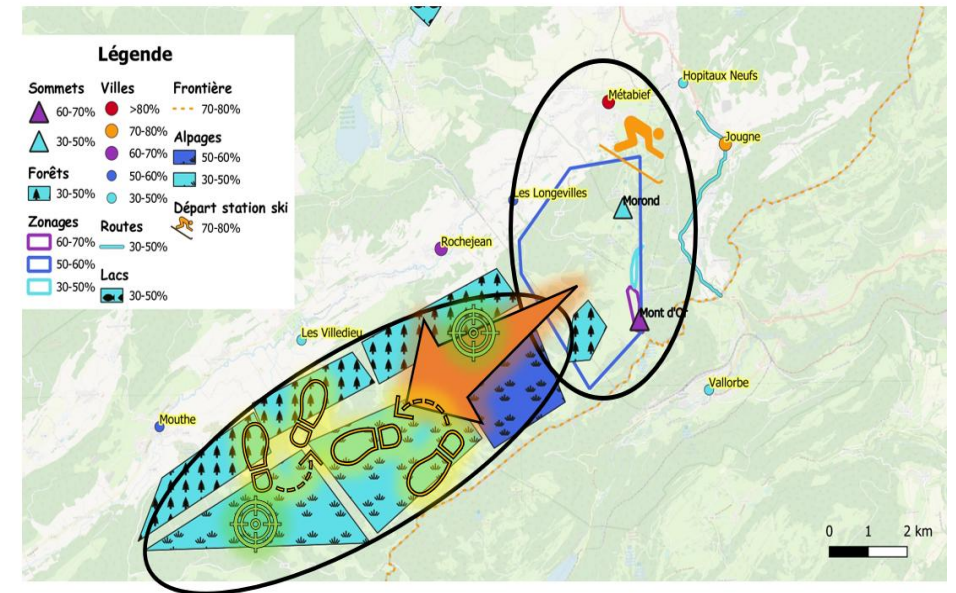
DÉLOCALISATION DES PRATIQUES DE LOISIRS DES HABITANTS



NOUVEAUX POINTS DE DÉPART DES PRATIQUES DE LOISIRS



SENTIMENT DE DEAMBULATION GRANDISSANT SUR LE MASSIF



## 10.1. Actions transversales

### → Plan de gestion intégrée systémique :

Un plan de gestion intégrée (PGI) est un document de planification qui organise la concertation entre les parties prenantes pour assurer une utilisation équilibrée, équitable et durable des ressources naturelles et des fonctions d'un territoire donné, en prenant en compte les dimensions environnementales, sociales, économiques et culturelles de façon cohérente. Sur la Haute Chaîne du Jura, plusieurs PGI ont déjà été réalisés (Sorgia, Poutouille, Gralet, Varambon) ou sont en cours (Bévy). La proposition d'action consiste à réaliser les prochains PGI avec la vision systémique, l'introduction des points de bascule et la mise en commun d'effets levier (par exemple sur la gestion des sols). Ces PGI systémiques s'appliqueraient à tous les secteurs d'activité (agriculture, forêt, tourisme, biodiversité, eau potable).

Un exemple de contenu de PGI systémique est proposé ci-après.



### Plan de gestion intégrée de l'ALPAGE DU SAC-ECORANS

Juin 2008



Programme Interreg III « Actions transfrontalières en faveur d'une gestion intégrée des paysages sylvo-pastoraux »

## 10.1. Actions transversales

### Exemple de contenu pour un Plan de Gestion Intégrée Systémique

#### 1. Diagnostic territorial et enjeux

- Caractérisation des milieux (prairies, zones humides, forêts, sources).
- État des pâturages (végétation, productivité, pression de pâturage).
- Biodiversité associée (espèces clés, habitats sensibles).
- Ressources hydriques (qualité, disponibilité, dynamique des sources et ruissellements).
- Facteurs climatiques (variabilité, événements extrêmes, points de bascule).
- Usages et acteurs (éleveurs, gestionnaires, collectivités, chercheurs).

#### 2. Objectifs stratégiques

- Soutenir un pastoralisme extensif et adapté au contexte climatique.
- Restaurer la fonctionnalité des milieux naturels.
- Restaurer la fonctionnalité hydrologique (infiltration, rétention, recharge).
- Favoriser la coopération multi-acteurs et la co-construction des savoirs.
- Assurer la résilience socio-écologique du territoire.

#### 3. Axes d'actions

##### A. Gestion pastorale adaptative

- Mise en place de systèmes de pâturage tournant et ajusté aux saisons et ressources.
- Suivi participatif des indicateurs de végétation et santé des sols.
- Maintien des pratiques traditionnelles et innovations agroécologiques.

##### B. Conservation et restauration de la biodiversité

- Identification et protection des habitats sensibles et espèces clés.
- Restauration des milieux ouverts (pelouses, zones humides) via pâturage ciblé.
- Lutte contre les espèces invasives et reconstitution de corridors écologiques.

##### C. Hydrologie régénérative

- Construction et entretien d'infrastructures légères de rétention (mares, fossés d'infiltration).
- Réhabilitation des zones humides et lits de cours d'eau.
- Prévention du compactage des sols par gestion du chargement animal.
- Actions de restauration des sols.

##### D. Gouvernance et coopération

- Création d'un comité de gestion multi-acteurs (éleveurs, gestionnaires, scientifiques, élus).
- Animation de forums participatifs et échanges de savoirs locaux et scientifiques.
- Développement de projets pilotes et expérimentations sur site.
- Suivi-évaluation et ajustement adaptatif des mesures.

## 10.1. Actions transversales

### → Démarche collective sur l'avenir des métiers :

Le point commun à toutes les démarches sectorielles est l'importance des professionnels. Il est proposé d'engager une réflexion qui concerne tous les secteurs en questionnant leur fonction notamment au regard des services écosystémiques que chacun apporte (contribution à la fonctionnalité des milieux naturels, captation carbone, rétention d'eau, aménités sociales, ...), et leurs chaînes de valeurs économiques (notamment en lien avec les fonctions écosystémiques sur les milieux naturels, le carbone, l'eau...).

On pourra utiliser l'étude réalisée en 2024 par le PNR du Haut-Jura sur les métiers de demain.

### → Harmonisation des outils d'accompagnement techniques et financiers :

De nombreuses planifications et de nombreux outils financiers existent dans tous les secteurs d'activité. L'approche systémique permet d'identifier des leviers sur lesquels des adaptations de dispositifs permettront de dégager des financements à budget global constant.

### ETUDE PORTANT SUR LE DEVELOPPEMENT DE FORMATIONS AUX METIERS DE DEMAIN, A L'ECHELLE DU PNR DU HAUT-JURA



RÉGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTE



BANQUE des  
TERRITOIRES  
GROUPE CASSE DES DÉPÔTS

Une étude réalisée par le cabinet BL évolution -  
Contacts : Louis MIRALLES - [louis.miralles@bl-evolution.com](mailto:louis.miralles@bl-evolution.com)  
Sofia CARBALLO-RODRIGUEZ - [sofia.carballo@bl-evolution.com](mailto:sofia.carballo@bl-evolution.com)

## 10.2. Agriculture

### → Approvisionnement en eau :

- Compte tenu des caractéristiques physiques des alpages, les solutions techniques résident dans le stockage de l'eau par des goyas et des citernes. Peu ou pas de mutualisation possible. Pour les goyas : compte tenu des fortes variabilités de températures, les techniques traditionnelles (argile) ne sont plus opérantes => **privilégier les bâches intégrées pour la biodiversité et le paysage** (cf. Retours d'expérience sur les techniques de stockage en Annexe 5). Pour les citernes, peu de citernes enterrées à réhabiliter (cf. Bizot). D'autres techniques de citernes (avec impluvium en surface par exemple – cf. Vieille Maison) et de stockages existent : à voir au cas par cas.
- Le stockage de l'eau est nécessaire mais pas suffisant : le dimensionnement des stocks est à optimiser avec le paramètre important du fourrage (sa période végétative, son volume, sa qualité) et celui des modalités de gestion (et donc du modèle d'organisation et de valeur économique) => inutile d'aménager 30 000 m<sup>3</sup> de stock (le besoin en eau du pastoralisme est actuellement satisfait par environ 8 800 m<sup>3</sup> de stocks, remplis en moyenne 3,4 fois dans la saison), même si cela n'induirait pas de conflits d'usage, car le manque de fourrage et l'adaptation de la conduite de l'alpage rendraient une part de ces stocks inutilisés.
- Au vu des multiples paramètres :
  - des besoins à court terme sur Les Platières (préconisation du diagnostic pastoral de 2019 : 2 citernes de 15 m<sup>3</sup> pour capter la source encore en activité).
  - régularisation des prélèvements sur le réseau de culture pour Fierney et une partie des Alpages gessiens.
  - citerne au bâtiment de la Calame.

## 10.2. Agriculture

### → Approvisionnement en eau :

#### ○ Pour les goyas existants :

- **Renouvellement de bâches** à organiser pour adopter des techniques intégratives (paysage, biodiversité, qualité de l'eau, évaporation) : des retours d'expérience sont proposées (cf. Annexe 5), à la fois sur les aspects techniques et sur les aspects organisationnels et financiers.

Jura  
Vaudois



Figure 1. L'étang agroécologique de la Correntine (Bière, VD) six ans après sa construction. D'une capacité de rétention de 150 m<sup>3</sup>, il sécurise l'approvisionnement en eau de deux alpages voisins. Il accueille par ailleurs une diversité biologique remarquable à l'échelle régionale (flore, batraciens et libellules).



Figure 2. L'étang agroécologique des Bioles (Arzier-Le Muids, VD) une dizaine d'année après sa construction.

Bugey Sud



## 10.2. Agriculture

- Approvisionnement en eau :
  - Pour les goyas existants :
    - **Imperméabilisation des goyas** de Thoiry Devant et de Curson (bord de chemin).



# 10.2. Agriculture

## ➔ Gestion pastorale :

- Aider au maintien des structures collectives pour faire face au manque de disponibilités des exploitants (du fait de l'agrandissement des fermes et de la baisse des effectifs).
- Tester les nouveaux PGI systémiques sur des alpages en attente d'évolution : Lécherole, Nardérons, Praffion, Branveau, La Chaz, Polvette.
- Mettre en place un outil d'évaluation de la résilience des alpages en s'appuyant sur des alpages comme Sorgia, Poutouille, Gralet.

Considérant les évolutions potentielles et les points de bascule plausibles, les systèmes résilients seront ceux qui parviendront à :

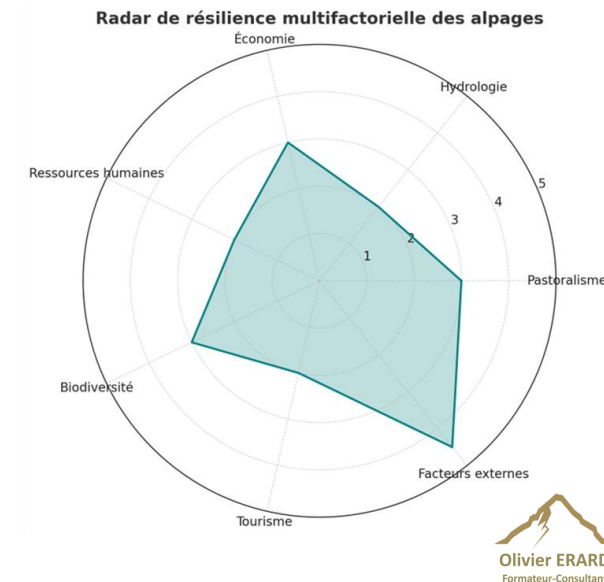
- Maintenir une humidité entre 40 et 80 % sur le maximum de superficie.
- Adapter le chargement au fourrage et à l'eau disponible.
- Concilier l'activité avec la présence du loup.
- S'adapter aux accès.
- Déployer un réseau de valeurs territoriale (moins dépendante de paramètres non tangibles).
- Mobiliser de la main d'œuvre pour surveiller les bêtes, déplacer les parcs, entretenir les sous-bois, faire de la médiation avec les touristes.
- Concilier la conduite avec la fréquentation.

Sources d'inspiration : diagnostic de vulnérabilité climatique du réseau Alpes Sentinelles (2018) + IDEA4 + Initiative Holistic Management (cf. exemple de déclinaison ci-contre).

## Diagnostic vulnérabilité climatique Réseau Alpes sentinelles - 2018



Facteur	Indicateurs clés	Niveau actuel	Tendances	Freins / Risques	Leviers d'amélioration
Pastoralisme	Charge, productivité, diversité	Moyen	Variable	Surpâturage, changements climatiques	Gestion adaptative, pâturage tournant
Hydrologie	Qualité eau, infiltration, érosion	Faible-Moyen	Dégradé	Sécheresses, érosion	Infrastructures hydriques régénératives
Économie	Revenus, diversification	Moyen	Stable	Faible valorisation	Labels, tourisme durable
Ressources humaines	Formation, renouvellement	Moyen	Fragile	Manque de vocations	Formation, coopération, attractivité métier
Biodiversité	Espèces clés, habitats	Variable	Menacé	Invasives, perturbations	Conservation, restauration écologique
Tourisme	Fréquentation, impact	Croissant	Croissant	Dégradation sols/faune	Gestion des flux, sensibilisation
Facteurs externes	Climat, réglementation	N/A	Pression	Changement climatique	Adaptation, soutien politique



## 10.3. Eau potable

### ***Eau potable***

#### → Sécurisation des ressources actuelles :

- Poursuivre la démarche déjà engagée : interconnexions, rendement de réseau, protection de toutes les sources.
- Améliorer la connaissance du fonctionnement des sources et suivre leur production.
- Sensibiliser les usagers à la sobriété.

#### → Recherche de nouvelles ressources :

Sur différents secteurs géographiques et géologiques (y compris en nappe profonde), en ayant une vision systémique spatiale (par exemple sur l'incidence du point de bascule sur le Lac Léman) mais aussi temporelle (notamment au regard des temps de renouvellement des nappes profondes).

#### → Anticipation des effets du changement climatique :

Démarche de Plan Territorial de Gestion de l'Eau engagée dès 2025 avec l'étude prospective de la ressource en eau au regard du changement climatique.

## 10.4. Forêt et biodiversité

### **Forêt**

→ Gestion concertée du dépérissement :

Adopter des modalités de gestion des bois morts en concertation avec tous les acteurs du secteur.

→ Elaborer des PGI systémiques intégrant les enjeux « feux de forêt » (avec des incidences sur les modalités d'accès à la montagne et sur l'installation de petits stocks d'eau disséminés).

### **Biodiversité**

→ Intégrer l'approche systémique aux outils de gestion actuels :

Interroger les plans de gestion de la Réserve Naturelle et le DOCOB Natura 2000 au regard des points de bascule, des communs à préserver et des finalités des différents secteurs d'activité dans l'objectif de maintien de la fonctionnalité des milieux naturels.

## 10.5. Tourisme

### **Tourisme**

- ➔ Maintenir les offres de ski alpin et nordique jusqu'à l'horizon 2035-2040, sans prélèvement d'eau supplémentaire :
  - Nouvelle organisation du réseau de neige de culture sur Crozet-Lélex sans prélèvement supplémentaire dans la Valserine.
  - Vérifier la compatibilité du débit réservé actuel avec le débit minimum biologique de la Valserine (en cours de détermination).
  - Etudier la faisabilité technique et environnementale (au regard de la qualité de l'eau et des règles de gestion de la Réserve Naturelle) d'unités de neige de culture pour La Vattay (env. 10 à 15 000 m<sup>3</sup>) et le Col de la Faucille (env. 5 à 8 000 m<sup>3</sup>) alimentées par récupération des eaux de ruissellement des toitures et des parkings (enjeu qualité pouvant être analysé au regard des techniques de phytoremédiation).
- ➔ Intégrer l'approche systémique aux projets de diversification :

Veiller notamment au développement des activités de pleine nature et à la dispersion des pratiquants sur des espaces pastoraux et forestiers déjà fragilisés par le changement climatique.

- ➔ Faire du tourisme et des loisirs un vecteur de médiation territoriale sur les enjeux d'avenir des ressources naturelles et des filières économiques.

Imaginer des offres de tourisme immersif, éducatif, culturel, portée par des acteurs locaux.



## **Annexe 1 – Stations ROMMA**

# LEAZ

TECHNIQUE					
Marque	Référence	Version	Abri	Logiciel	Transmission
Davis	VP2	Sans fil	Abri Davis	Weatherlink	IP
Date d'installation	Maintenance				
20 septembre 2015					

QUALITE DES MESURES					
Température	Hygrométrie	Pluviométrie	Rayonnement	Vent	Pression
OUI ***	OUI ***	OUI ** Avec réchauffeur	OUI ***	OUI **	OUI **

Classification de la qualité des mesures : \*\*\* Très bonne - \*\* Bonne - \* Médiocre

Température, hygrométrie et pluviométrie mesurés 2m au-dessus du sol, le vent est mesuré à 2m50 au-dessus du toit.



Vue vers le Sud



## LELEX

QUALITE DES MESURES					
Température	Hygrométrie	Pluviométrie	Rayonnement	Vent	Pression
OUI ***	OUI ***	OUI ** Avec réchauffeur	OUI ***	OUI **	NON

Classification de la qualité des mesures : \*\*\* Très bonne - \*\* Bonne - \* Médiocre

Température, hygrométrie et pluviométrie mesurés 2 m au-dessus du sol, le vent est mesuré à 3 m au-dessus du toit.



## LA VATTAY

QUALITE DES MESURES					
Température	Hygrométrie	Pluviométrie	Rayonnement	Vent	Pression
OUI ***	OUI ***	OUI ** Avec réchauffeur	OUI ***	OUI **	NON

Classification de la qualité des mesures : \*\*\* Très bonne - \*\* Bonne - \* Médiocre

Température, hygrométrie et pluviométrie mesurés 2 m au-dessus du sol, le vent est mesuré à 3 m au-dessus du toit.



## SORGIA

### QUALITÉ DES MESURES

Température	Hygrométrie	Pluviométrie	Rayonnement	Vent	Pression
OUI ***	OUI ***	OUI ** Sans réchauffeur	OUI ***	OUI **	NON

Classification de la qualité des mesures : \*\*\* Très bonne - \*\* Bonne - \* Moyenne

Température, hygrométrie, pluviométrie et rayonnement mesurés 2 m 60 au-dessus du sol  
Vent mesuré à 4 m au-dessus du sol



## MONTOISEY

QUALITE DES MESURES					
Température	Hygrométrie	Pluviométrie	Rayonnement	Vent	Pression
OUI **	OUI **	OUI * Sans réchauffeur	OUI ***	OUI **	NON

Classification de la qualité des mesures : \*\*\* Très bonne - \*\* Bonne - \* Médiocre

Température, hygrométrie, pluviométrie et rayonnement mesurés 8 m au-dessus du sol sur un pylône  
 Vent mesuré à 4 m au-dessus du sol en haut d'un poteau en bois



Du fait du positionnement des capteurs sur un pylône à 8 m du sol et non à 1m50 sur sol gazonné :

- les températures nocturnes peuvent être surestimées de 0,5 à 1,5°C (et l'hygrométrie sous-estimée) par nuit claire et peu ventée (La station sera moins influencée par le rayonnement terrestre).
- la pluviométrie peut être nettement sous-estimée par temps venté (Turbulences liées au vent au sommet du pylône)



## Annexe 2 – Diagnostic des alpages de la Haute Chaîne du Jura

## Le Sorgia – 133 ha

Propriété : SIVOM du Crêt d'Eau

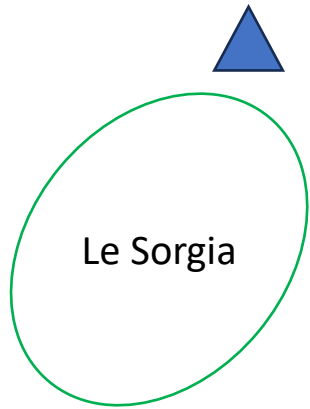
Exploitant : Syndicat des Alpagnes du Sorgia (EARL du Frêne, GAEC du Bois Joli, Ferme du Velu)

Mode de pâturage : pâturage tournant / Accès facile

Production : Viande BIO (grand circuit France et caissettes) + Lait BIO France

Charge en 2024 : 250 à 260 génisses

Le Crêt de la Goutte (1 621 m)



Goya Sorgia dessous (400 m3)



Goya Sorgia dessus intermédiaire (350 m3)



Alpage de Sorgia

### Situation hydrique :

3 goyas bâchés

1 goya traditionnel

Citerne enterrée

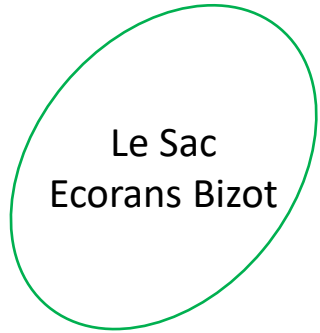
bâtiment Sorgia Dessous  
(30 m3)

=> **Equipement satisfaisant** au vu de la gestion actuelle et du potentiel de l'alpage



Goya Sorgia dessus amont (300 m3 / bilan hydrologique réalisé en 2024 par la réserve)

Le Crêt de la Goutte (1 621 m)



**Le Sac – Ecorans-Bizot**  
**179 ha**

Propriété : SIVOM du Crêt d'Eau

Exploitant : Syndicat des Alpages du Sorgia (Virginie BOSSY, GAEC Bennato, EARL du Bonheur)

Mode de pâturage :  
pâturage tournant / Accès facile

Production : Lait Suisse



Alpage et goyas du Sac (250 m3)



Goya Bizot (300 m3)

Situation hydrique :

3 goyas bâchés  
(Le Sac : présence d'une source)

3 goyas traditionnels

=> **Equipement satisfaisant** au vu de la gestion actuelle et du potentiel de l'alpage

Enjeux biodiversité :

- Grand Tétrás potentiel au Nord-Est = lutte contre la fermeture
- Lutte contre l'embroussaillage (notamment Sud de Sorgia Dessous)
- Maintien des pelouses sèches



Bâtiment Bizot



Goya Sac Ecorans sous Crêt de la Goutte (250 m3)



Goya bâché à la Pierre à Fromage - 300 m<sup>3</sup>



Citerne enterrée bâtiment - 30 m<sup>3</sup>

Varambon

### Varambon - 120 ha

Propriété : SIVOM du Crêt d'Eau

Exploitant : GAEC de Varambon / Surveillance : présence d'un berger / Mode de pâturage : pâturage tournant / Accès facile Génisses (Lait) / Marché : Laiteries Réunies de Genève (Suisse Garantie)

Charge en 2024 : 30 génisses +2ans / 90 génisses location et boeufs

Enjeux biodiversité :

- Habitat Grand Tétrás au Sud
- 1 petit bout de surface d'intérêt communautaire (gazon à Séslerie bleue)

### Situation hydrique :

1 goya bâché

Citerne enterrée bâtiment (30 m<sup>3</sup>)

=> **Équipement satisfaisant** au vu de la gestion actuelle et du potentiel de l'alpage

Le Crêt de la Goutte (1 621 m)

## La Poutouille - 56 ha

Propriété : Commune de Péron

Exploitant : Ferme du Velu

Mode de pâturage : pâturage tournant / Accès depuis  
Menthières

Viande (Aubrac) : vente directe

Charge en 2024 : 42 UGB (30 mères + 30 veaux)

Enjeux biodiversité : Grand Tétrras

La Poutouille

### Situation hydrique :

1 goya bâché

Citerne enterrée bâtiment  
(30 m<sup>3</sup>)

=> **Equipement satisfaisant**

au vu de la gestion actuelle /  
amélioration souhaitable  
pour une meilleure  
répartition des points d'eau



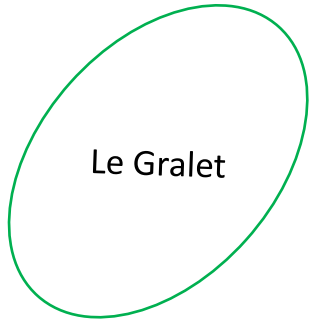
goya bâché 100 m<sup>3</sup>



citerne enterrée 30 m<sup>3</sup>



La Pierre de la Lune (1 501 m)



Le Gralet

Situation hydrique :

1 goya bâché (estim env. 100 m<sup>3</sup>)

Citerne enterrée toiture bâtiment (70 m<sup>3</sup>)

Citerne souple dans bâtiment bâtiment (50 ou 100 m<sup>3</sup>)

=> **Equipement satisfaisant** au vu de la gestion actuelle et du potentiel de l'alpage

## Le Gralet - 84 ha

Propriété : Commune de Péron

Exploitant : GAEC du Mont des Anges

Mode de pâturage : pâturage tournant (3 parcs)

Accès depuis Menthnières

Lait – Laiterie Chabert

117 vaches en 2023

Enjeux biodiversité : Grand Tétras et Gélinotte



Le Reculet (1 718 m)



## La Capitaine - 58 ha

Propriété : Famille GRENU GOSTELLI  
Exploitant : GAEC VUAILLAT  
Accès facile depuis Le Tiocan  
Mode de pâturage : pas de fractionnement  
Viande Suisse

Enjeux biodiversité :

- Maintien des pelouses sèches
- Maintien de la mosaïque d'habitats



La Capitaine

La Capitaine

### Situation hydrique :

eau de pluie et fonte de la neige = 1 goya  
bâché de 400 m<sup>3</sup>

=> **Equipement satisfaisant** au vu de la gestion  
actuelle et du potentiel de l'alpage



Goya La Capitaine



## La Polvette – 54 ha

Propriété : Indivision VUAILLAT et DEMORNEX

Exploitant : GAEC VUAILLAT

Accès facile depuis Le Tiocan

Mode de pâturage : pas de fractionnement

Viande Suisse

Enjeux biodiversité :

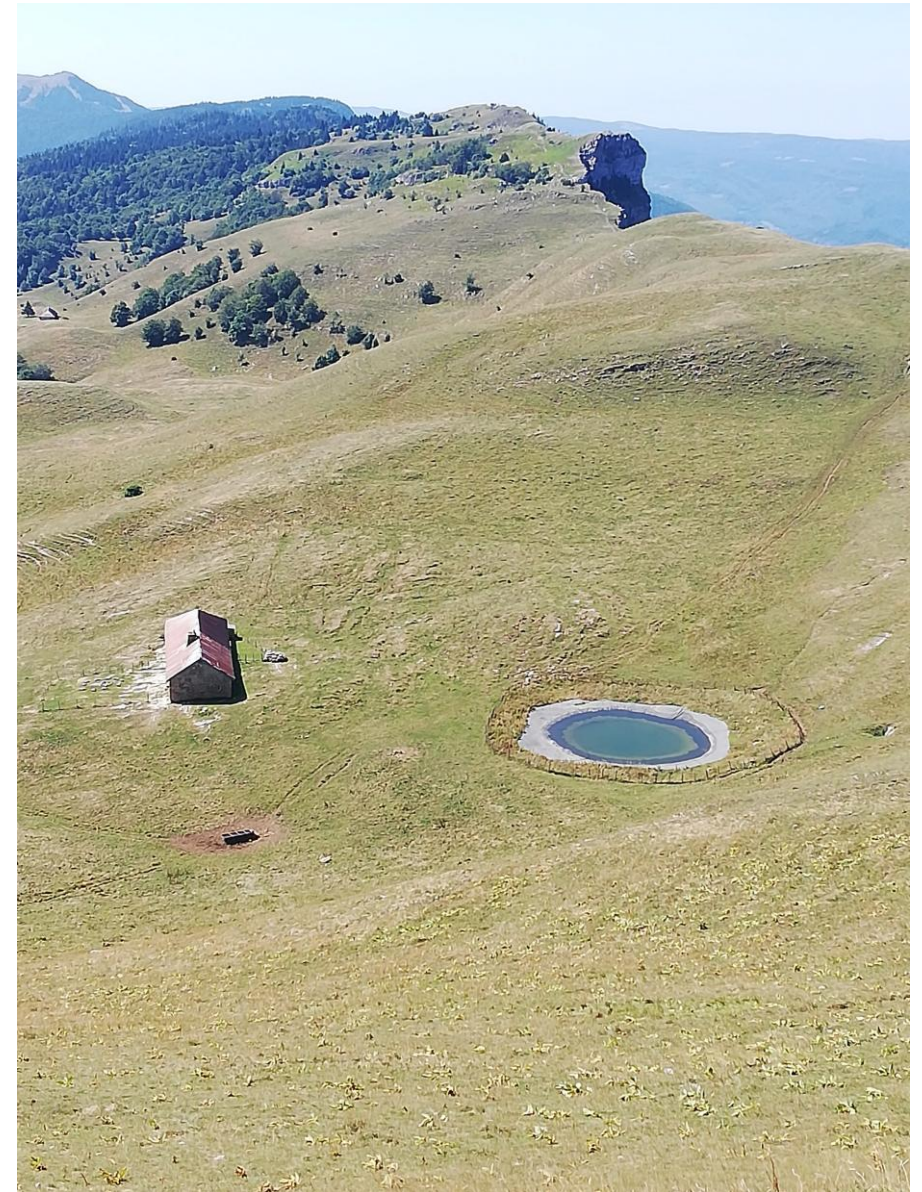
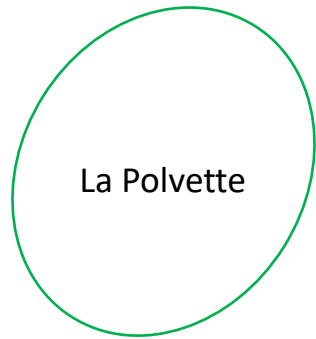
- Maintien des pelouses sèches
- Maintien de la mosaïque d'habitats

### Situation hydrique :

eau de pluie et fonte de la neige = 1 goya bâché d'environ 200 m<sup>3</sup> et un goya traditionnel d'environ 150 m<sup>3</sup>

Cette structuration ne permet pas de pâturer le Nord de l'alpage à la limite avec la Chaz => préconisation : faire un goya commun si augmentation du chargement

=> **Equipement satisfaisant** au vu de la gestion actuelle / **pas optimal** au vu du potentiel de l'alpage



## Le Reculet (1 718 m)



### La Chaz - 79 ha

Propriété : GFA Le Sauvage membre de  
l'Association Foncière Pastorale du  
Reculet

Exploitant : GAEC CARRICHON

Mode de pâturage : pas de rotation /  
parcs à créer

Accès difficile : à améliorer

Viande Suisse

Enjeux biodiversité :

- Maîtrise de la fermeture (bas  
d'alpage)
- Chauve souris et goyas

La Chaz



Goya sur la crête



Source captée

### Situation hydrique :

- ➔ eau de pluie et fonte de la neige = 1 goya bâché au sommet (pour 1/3 de  
l'alpage) de 120 m<sup>3</sup>
- ➔ source = 1 goya bâché en crête (pour 1/3 de l'alpage) de 107 m<sup>3</sup>

Cette structuration ne permet pas de pâturer le Sud de l'alpage à la limite avec la  
Polvette => préconisation : faire un goya commun si augmentation du chargement

=> **Equipement satisfaisant** au vu de la gestion actuelle / **pas optimal** au vu du  
potentiel de l'alpage



Goya sommital



Narderans

### Narderans - 77 ha

Propriété : Commune de Thoiry

Exploitants : Jean-Marc SUDAN et Eric BOURNONVILLLE

Mode de pâturage : tournant

Accès difficile : à améliorer via La Chaz

Lait : Laiteries Réunies de Genève (Suisse Garantie)

### Enjeux biodiversité :

- Secteur Pelouse Fraîche du Creux Narderans = arrêt du pâturage pour éviter l'érosion et l'apport de matières organiques sur les stations oligotrophes
- Chauve-souris et goyas
- Maintien de la mosaïque d'habitats

Alpage très facile d'accès pour les randonneurs (et très fréquenté) depuis le Tiocan / refuge géré par l'association des amis de Narderans

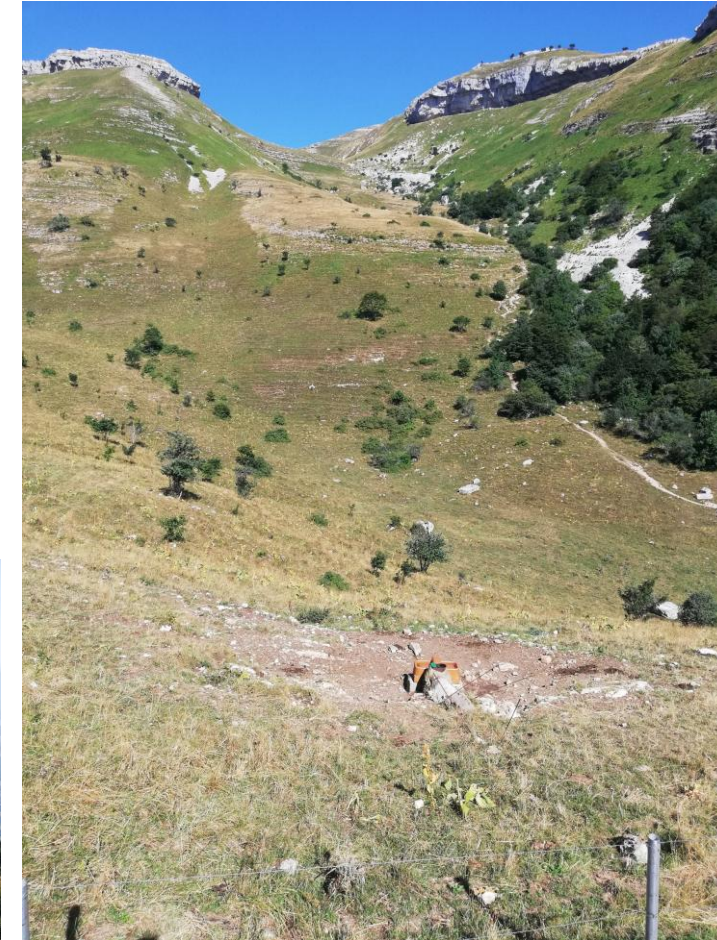
### Situation hydrique :

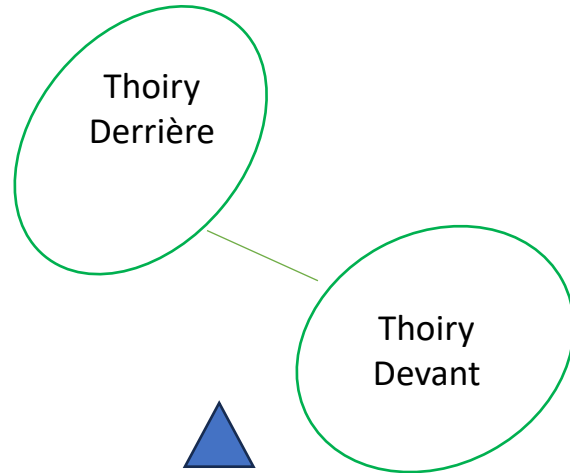
3 goyas sur roche 10, 6 et 3 m<sup>3</sup>

Toiture = citerne enterrée 40 m<sup>3</sup>

Source (tarie en été) = abreuvoir

=> **Gestion de l'eau difficile** -> risque d'abandon sans solution de stockage et d'amélioration de l'accès





Le Reculet (1 718 m)

## Thoiry Devant Derrière - 213 ha

Propriété : GFA Le Sauvage

Exploitant : Jean-François GIRARD/ Surveillance : une fois par semaine / Mode de pâturage : pas de rotation / Accès facile pour Thoiry Derrière et difficile pour Thoiry Devant

Lait : Laiteries Réunies de Genève (Suisse Garantie)

Enjeux biodiversité :

- Maintien de la mosaïque d'habitats et des pelouses sèches
- Fauche vèrâtre et crise laineux
- Chauve souris et goyas



### Situation hydrique :

- eau de pluie et fonte de la neige = goya bâché Thoiry Derrière 200 m<sup>3</sup> et goya argile bentonite sur Thoiry Devant
- Source du Creux de Pracion (tarie en été) sur Thoiry Devant : citernes 98 m<sup>3</sup> et abreuvoir 9,5 m<sup>3</sup>

=> Equipements insatisfaisants sur Thoiry Devant -> sécurisation du goya traditionnel



Le Reculet (1 718 m)



Lachat

## Lachat - 80 ha

Propriété : Commune de Chézery et privés

Exploitant : SICA de la Valserine

Surveillance : une fois par semaine /

Mode de pâturage : pâturage tournant (2 parcs) / Accès très facile

Génisses et laitières / Marché : en partie fromagerie de Chézery Forens (Bleu de Gex et Comté) + viande « caissettes »

Charge en 2024 : 60 VL + 60 génisses (objectif : 70 VL + 100 génisses et bœufs)

Enjeux biodiversité : maintien de la mosaïque d'habitats et pelouses sèches => objectif : passage à 3 parcs / amphibiens et goya

### Situation hydrique :

eau de pluie et fonte de la neige = goya bâché 180 m<sup>3</sup>/ source = abreuvoir => pas de tensions

=> **Equipement satisfaisant** au vu de la gestion actuelle et du potentiel de l'alpage





Le Crêt de  
la Neige  
(1 718 m)



### Curson- 143 ha

Propriété : GFA Le Sauvage  
Exploitant : Jean-Jacques IMBERTI / Ovins/  
Surveillance : berger

Curson

Enjeux biodiversité :

- Lutte contre la fermeture (bas de l'alpage et à l'Est)
- Maintien de la mosaïque d'habitats (sommet de l'alpage)
- Chauve souris



#### Situation hydrique :

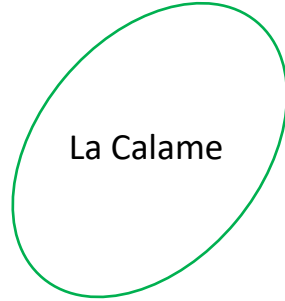
3 goyas traditionnels de 50, 100 et 400 m<sup>3</sup>

=> **Equipement insatisfaisant** => goyas traditionnels exposés aux risques de perte d'imperméabilisation compte tenu des variations de températures

## La Calame - 205 ha

Propriété : GFA Le Sauvage » (membre de l'AFP du Reculet)  
Exploitant : Jean-Jacques IMBERTI / Ovins / Surveillance : berger

Le Crêt de la Neige (1 718 m)



Enjeux biodiversité :

- Maintien des pelouses sèches
- Maintien de la mosaïque d'habitats
- Enjeu Grand Tétras

Situation hydrique :

Plusieurs sources => 1 citerne de 25 m<sup>3</sup> + abreuvoirs alimentés par 3 sources

**Equipement insatisfaisant** => Manque d'eau sur la partie haute de l'alpage / Projet de citerne d'eau de pluie (toiture bâtiment Le Planet) permettant de faire pâturer les bêtes sur le Planet (secteur amont de l'alpage)



Cabaret

Malatrait

Tremblaine

Grande  
Montagne

Maréchaude

Maurale

Catheline

Brûlats

Le Colomby de Gex (1 688 m)



Malatrait – Tremblaine – Grande Montagne – Maréchaude – Maurale –  
Cabaret - Catheline – Brûlats  
996 ha

Propriété : Coopérative Agricole des Alpes Gessiens  
Exploitant : plusieurs exploitants / gestion collective des alpages  
Surveillance : un berger pour l'ensemble des alpages gessiens du 1<sup>er</sup> mai  
au 31 octobre (contrat de prestation de service)  
Mode de pâturage : pâturage tournant / Accès très facile

Génisses et allaitantes  
Marché : lait Laiteries Réunies de Genève (Suisse Garantie) + viande  
(Suisse Garantie)

Enjeux biodiversité :  
- Maintien de la mosaïque d'habitats  
- Maintien de l'habitat spécifique « pelouse sèche »  
Actions PGI : coupe mécanique de vérâtres

Situation hydrique :

- ➔ Approvisionnement : eau de pluie et fonte de la neige
- ➔ Citerne « eaux de toitures » : Maurale, Maréchaude, Grande Montagne, Brûlat, Tremblaine
- ➔ 5 goyas bâchés : Maréchaude, Grande Montagne, Malatrait, Maurale, Catheline
- ➔ Quelques goyas traditionnels en perte d'étanchéité

=> Pas de tensions majeures au regard du troupeau actuel (en 2023, approvisionnements ponctuels par citernes mobiles)

=> **Equipement satisfaisant**

Le Colomby de Gex  
(1 688 m)



Situation hydrique :

source clôturée => grande citerne aérienne

+ accès goya Montoiseau au Nord de l'alpage

=> **Equipement satisfaisant**



**La Ramaz – 132 ha**

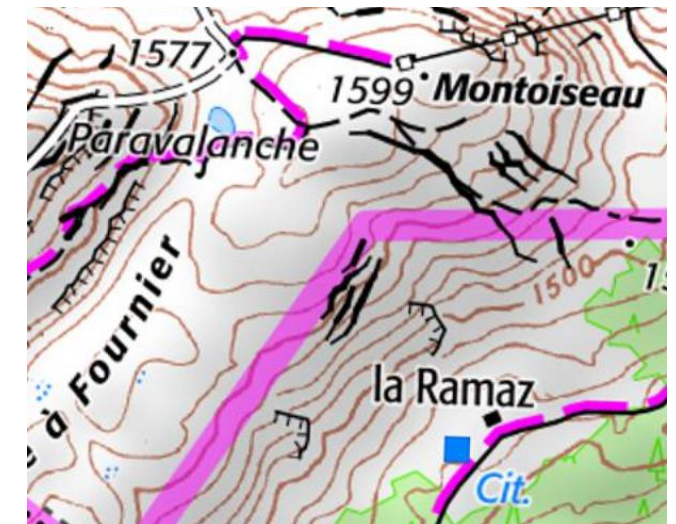
Propriété : Monsieur GIROD

Exploitant : GAEC des Monts Jura

Lait (destination : Suisse ?)

Enjeux biodiversité :

- Grand Tétras, reconquête du pré-bois => lieu d'élevage de jeunes Tétras
- Chauve souris (bois mort, cavités)
- Lutte contre la fermeture



La Ramaz



## Le Fierney- 100 ha

Propriété : Mme Golendorf  
Exploitant : GAEC de la Valserine  
Lait AOP Comté – Fruitière Lajoux

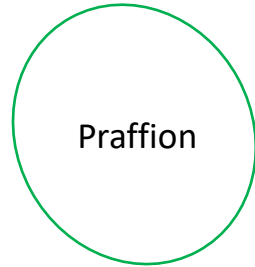
Le Fierney

### Situation hydrique :

Citerne enterrée alimentée par la toiture du bâtiment  
Source sous le col de Crozet alimentant 3 abreuvoirs  
de 700 l chacun (point unique mais suffisant à  
l'exploitation de l'alpage)  
Ponctuellement, approvisionnement par les regards de  
neige de culture

=> **Équipement insatisfaisant** => régulariser les  
prélèvements sur les regards de neige de culture





Praffion

### Praffion – 91 ha

Propriété : Mme ARMAND et Mme FOUILLOUX

Exploitant : EARL du Bonheur

Production : Lait (destination : Suisse ?)

Enjeu biodiversité : maintien de la lisière

#### Situation hydrique :

Une source qui alimente des abreuvoir en un point unique

=> **Equipement insatisfaisant** => point unique et dépendant d'une source sensible





Le Bévy

## Le Bévy - 170 ha

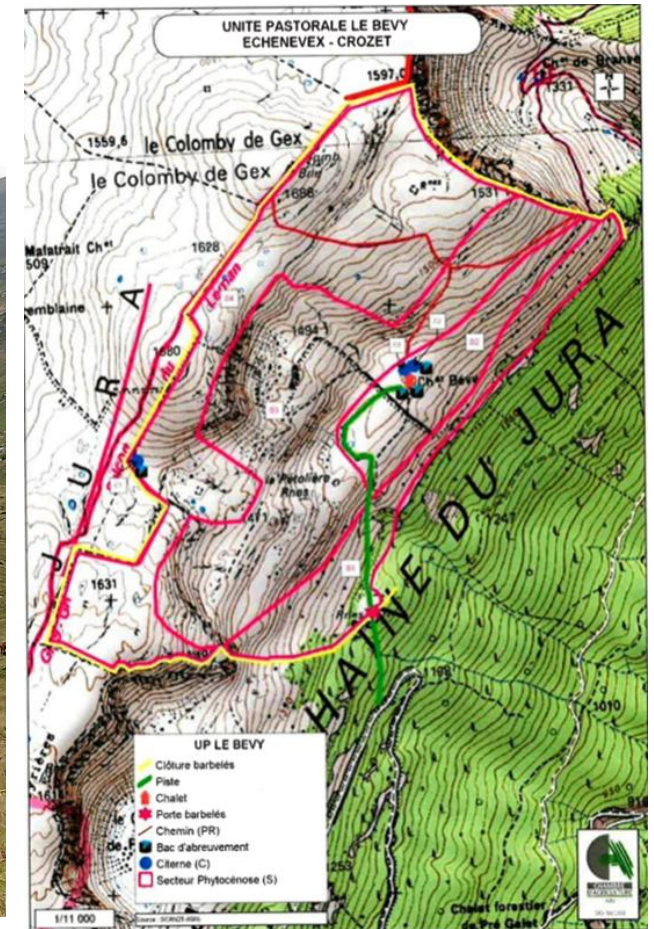
Propriété : Commune de Crozet et d'Echenevex / accès très difficile  
Exploitant : en cours de changement  
PGI en cours (2025)

### Situation hydrique :

- ➔ Au niveau du chalet: collecte d'eau pluviale sur le toit alimentant une réserve en béton (200 m<sup>3</sup>) et 2 réserves cylindriques (2\*25 m<sup>3</sup>) + une réserve à ciel ouvert (65m<sup>3</sup>)
- ➔ En crête : ancienne citerne
- ➔ Source tarissant l'été à 450 m du chalet

En 2021, préconisation d'un goya de 400 m<sup>3</sup> sur la partie haute, du fractionnement du pâturage et amélioration de l'accès

=> **Equipement insatisfaisant** => besoin d'un dispositif de stockage pour capter la source



réserves au chalet



Bac d'abreuvement sous les réserves



Réserve en crête



## Le Névy – 82 ha

Propriété : Commune de Ferney-Voltaire

Exploitant : Jacky et Fabienne VIBERT

Lait + viande – débouché ?

Diag pastoral 2015 - constats :

Chargement insuffisant => sous-pâturage

Fermeture

Préconisations 2015 :

Augmenter le chargement / points d'eau ?

Enjeux biodiversité

Enjeu de maintien des pré-bois par rapport à l'habitat

Grand Tétras

### Situation hydrique :

eaux de toitures + eau de pluie et fonte de la neige

→ 2 citernes de 50 m<sup>3</sup> chacune

→ Goya commun avec Malatrait

→ Goya naturel de 40 m<sup>3</sup>

=> **Equipement satisfaisant**

Le Névy



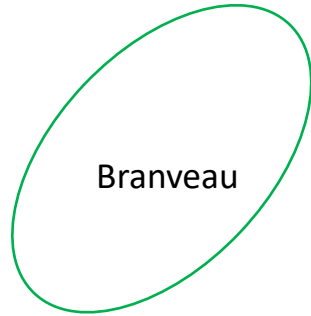


### Branveau – 50 ha

Propriété : Commune d'Echenevex  
Exploitant : Armand FOURNIER  
Lait + génisse (vente à Jura Mont  
Blanc – Suisse Garantie)

Enjeux Grand Tétras, mosaïque  
d'habitats et pelouses sèches

Branveau



#### Situation hydrique :

Source qui remplit 2 petites citernes => capacité faible  
(moins de 5 m<sup>3</sup>)  
2 sources alimentent directement des abreuvoirs

=> **Equipement insatisfaisant** => capacité faible au vu  
de l'exploitation actuelle (env. 30 UGB => besoin = env.  
180 m<sup>3</sup>) / Préconisations (idem Platières) : stockage de  
10 à 15 m<sup>3</sup> au niveau des sources



Les Platières

**Les Platières – 107 ha**

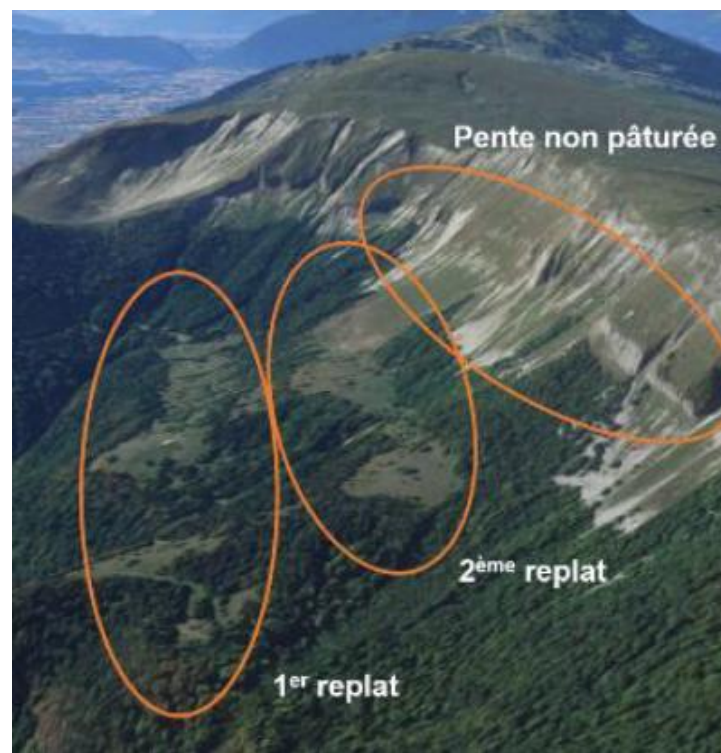
Propriété : Commune de Mijoux  
Exploitant : EARL L'Aquitaine (Romain BAUDET)  
Viande vente directe

Diag pastoral 2019 - constats :  
Pâturage hétérogène (la partir amont est plus productive que la partie aval) / points d'eau (source fragile)  
Gestion des pré-bois et des lisières + enjeu Grand Tétras  
Gestion arbustes et broussailles (broyage)  
Sols fragiles = risque de piétinement quand il y a beaucoup d'eau ou en cas de sécheresse autour des points d'eau

Situation hydrique :

source (qui tarit en fin d'été)  
4 abreuvoirs = 3 m<sup>3</sup>

**Equipement insatisfaisant** => besoin en eau actuel : entre 195 et 290 m<sup>3</sup>/  
Préconisations diag 2019 : stockage de 15 m<sup>3</sup> au niveau de la source + stockage de 15 m<sup>3</sup> de récupération d'eau de toiture (1 semaine d'autonomie)





## Le Col de la Faucille (1 320 m)

### La Chenaillette – 125 ha

Propriété : Département de l'Ain  
Mode de gestion : Espace Naturel  
Sensible  
Exploitant : GAEC des Chauvettes  
(La Chaumusse – Jura)  
Lait – alpage complétant une  
exploitation AOP Comté

Gestion de l'eau : rénovation  
complète de l'alpage



## Le Montrond (1 596 m)



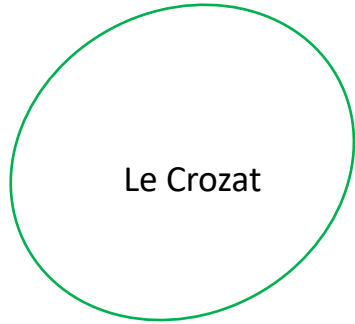
La Chenaillette



Situation hydrique :  
Equipement satisfaisant



Le Col de la Faucille (1 320 m)



Le Crozat

### Le Crozat - 122 ha

Propriété : Syndicat d'élevage de Dardigny

Exploitant : Denis Routh

Ovins / Local

Enjeux biodiversité :

- Maîtrise de la fermeture (envahissement par les arbustes)
- Pelouses sèches
- Grand Tétrás

Le Montrond (1 596 m)



#### Situation hydrique :

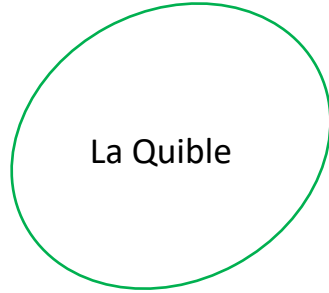
➔ Eau de toiture = une citerne de 130 m<sup>3</sup> au pied du chalet et 1 citerne de 80 m<sup>3</sup> en contrebas

➔ source= 2 citernes de 30 m<sup>3</sup> au total

=> **Equipement satisfaisant**



Le Col de la Faucille (1 320 m)



La Quible

**La Quible – 20 ha**

Propriété : Jean Ducimetière  
Exploitant : Jean Ducimetière  
Lait – Suisse Garantie

Gestion de l'eau : source et  
citerne de 6 m<sup>3</sup> (18 vaches)



Le Montrond (1 596 m)



Situation hydrique :

=> Equipement iatisfaisant





### Le Turet –20 ha

Propriété : Commune de Gex  
Exploitant : Bertrand Punget  
Viande locale

### Vieille Maison –30 ha

Propriété : Commune de Gex  
Exploitant : GAEC de la Valsérine  
Lait AOP Comté - Lajoux

### La Vésancière –21 ha

Propriété : Commune de Vesancy  
Exploitant : Florent Agnoletti  
Vaches allaitantes

La Vésancière

Le Turet

Vieille Maison



Situation hydrique :

=> **Equipement satisfaisant**



Le Col de la Faucille (1 320 m)

Girandette

**La Girandette – 25 ha**

Propriété : Eric Léger

Exploitant : Eric Léger

Production ?

Citerne enterrée (env. 30 m<sup>3</sup>)

Situation hydrique :

=> **Equipement satisfaisant**



La Lécherolle



**La Lécherolle – 52 ha**

Propriété : Famille Ducret

Exploitant : Eric et Guy Zbinden

Production ?

Source qui tarit l'été

Demande du propriétaire de raccordement  
au réseau d'eau brute du Syndicat du Lac  
des Rousses (destiné au Pays de Gex) =>  
refus du syndicat

Situation hydrique :

=> **Equipement insatisfaisant**

■  
La Vattay (1 262 m)



### La Petite Grand – 74 ha

Propriété : Commune de

Divonne

Exploitant : GAEC des Ouches

Production ?

Eaux de toiture

Grandes citernes enterrées

La Petite  
Grand



Situation hydrique :

=> **Equipement satisfaisant**

## La Grande Grand - 77 ha

Propriété : M Bertrand et M Hermann

Exploitant : GAEC de Saint Gix

Enjeux biodiversité :

- Grand Tétras
- Régénération forestière et abrutissement par les vaches des jeunes plants

Gestion de l'eau :

- Eau de toiture = une citerne de 5 m<sup>3</sup> à l'aplomb du chalet +1 citerne de 60 m<sup>3</sup> et 2 citernes de 15 m<sup>3</sup> chacune contrebas + goya 70 m<sup>3</sup>
- Source (commune avec la Pillarde) = 2 bacs cylindriques et 6 bacs rectangulaires +1 citerne de 5 m<sup>3</sup>

La Grande  
Grand



Situation hydrique :

=> **Equipement satisfaisant**

## La Pillarde- 89 ha

Propriété : Commune des Rousses

Exploitant : Patrice PILLOD

Lait – Suisse Garantie

Enjeux biodiversité :

- Grand Tétras potentiel et proximité d'habitats reconnus
- Mosaïque d'habitats
- Pelouses sèches

Broyage du vérâtre + fauche manuelle des chardons

Gestion de l'eau :

- ➔ Eau de toiture = une citerne de 46 m<sup>3</sup>
- ➔ Source (commune avec la Grande Grand) = goya bâché + citerne de 64 m<sup>3</sup>  
Quantité suffisante

La Pillarde

Situation hydrique :

=> **Equipement satisfaisant**



La Greffière

**La Greffière - 37 ha**

Propriété : Syndicat genevois  
d'élevage bovin de la race tachetée  
rouge et d'estivage  
Exploitant : Samuel Bouhin  
Production ?

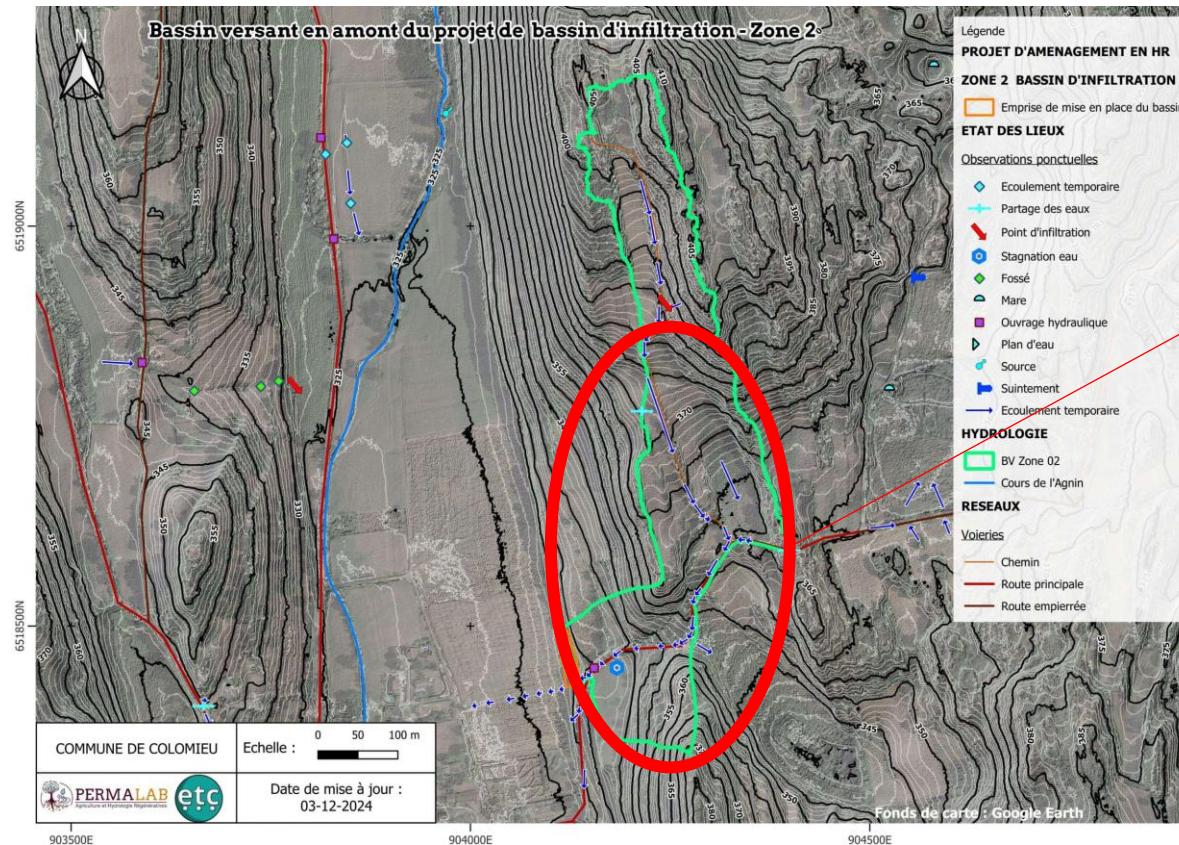
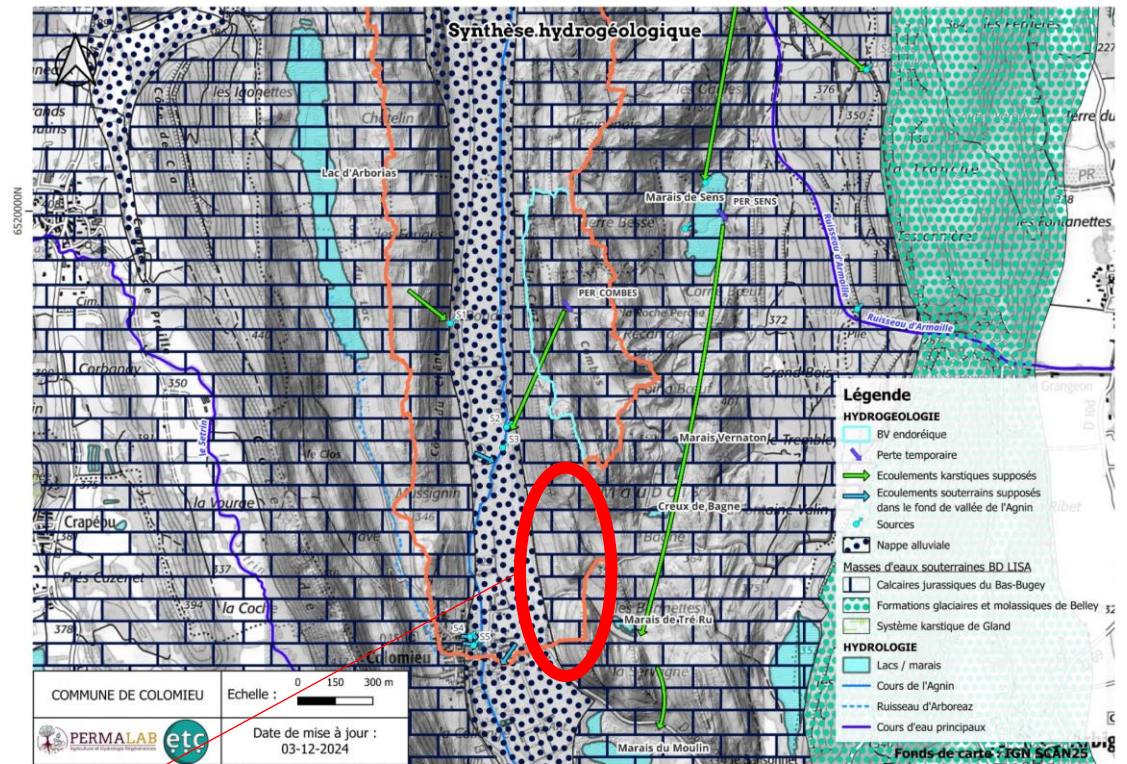
Situation hydrique :  
Citerne enterrée  
=> **Equipement satisfaisant**



## ANNEXE 3 – REX Hydrologie régénérative

## Ville de Colomieu : analyse globale du bassin versant

- \* Observation des cours d'eau et mesure de débits
  - \* Tests de sols bêche
  - \* Caractérisation des cours d'eau
  - \* Relevés topographiques
  - \* Tests Beerkan : mesure de la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol
- Identification d'un site pour un bassin d'infiltration



## Ferme maraîchère à Saint-Victor (07)

### Design hydrologique et global

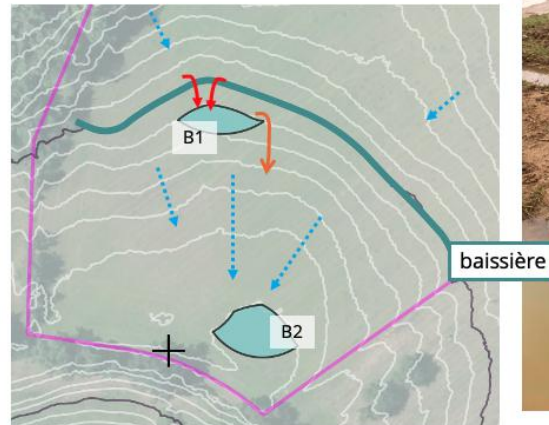
1. Mares : des plans d'eau peu profonds pour collecter les eaux de pluie (stocker l'eau pour les périodes sèches, contribuer à l'infiltration de l'eau dans le sol, réduire ainsi le ruissellement).
2. Baissière sur Courbe de Niveau : capter et ralentir l'écoulement de l'eau, faciliter son infiltration dans le sol et réduire l'érosion. Son trop plein (déversoir) alimente une ZHT en aval.
3. Zones Humides Temporaires (ZHT) : rétention d'eau saisonnière
4. Fossé à Redents : des aménagements en bois ou en pierres, pour ralentir l'écoulement de l'eau = mieux contrôler l'érosion et optimiser l'infiltration de l'eau dans le sol, réduisant ainsi les pertes d'eau par ruissellement.

Une multitude de haies viennent compléter le design hydrologique : haies brise-vent, haies champêtres. Elles jouent un rôle crucial dans la création d'un microclimat favorable en réduisant la vitesse du vent, ce qui diminue l'évaporation, maintient l'humidité du sol et protège les cultures



### Connexions entre ouvrages

Tous les ouvrages hydrologiques sont conçus avec des trop-pleins; ils permettent de gérer les surplus et de connecter les ouvrages entre eux.



La baissière est sectionnée en deux dirigeant les trop pleins dans un premier bassin d'infiltration (B1).



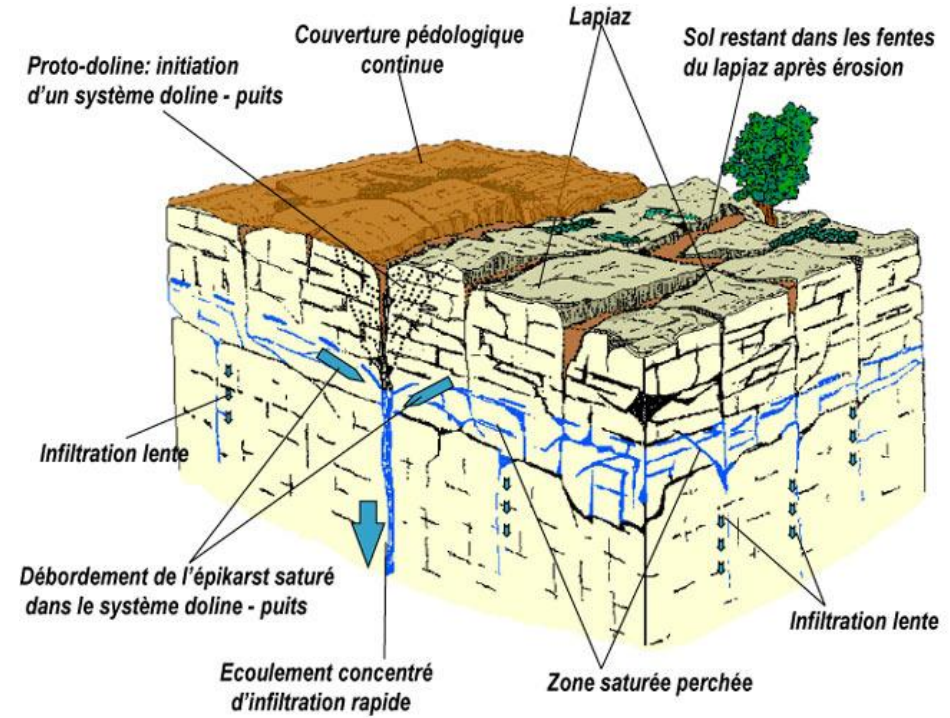
La surverse du bassin haut B1 inonde la prairie aval créant une zone humide temporaire (prairie de fauche). Le ruissellement passif de la prairie est collectée dans le bassin du bas B2.





BECCA

07/2023 - 07/2025



## BECCA

Réservoirs écologiquement durables et sûrs conçus pour l'adaptation au changement climatique

INRAE - Unité Risques, Ecosystèmes, Vulnérabilité (RECOVER)  
Infiltration dirigée vers l'épikarst grâce à la végétation ligneuse, baissières, débordements orientés

## ANNEXE 4 – REX Stratégies d'adaptation systémique

## Rapport CGEDD\* – Changement climatique, eau, agriculture – Juillet 2020 (Annexe )

- Les réponses adaptées à l'impact du changement climatique sur l'agriculture française doivent mobiliser un « **panier de solutions** » qui intègre à la fois des solutions agronomiques mais aussi génétiques et techniques et, le cas échéant, un renforcement de la ressource pour l'irrigation, plutôt qu'une réponse unique
- Elles se déclinent à des **niveaux spatiaux différents** : parcellaire, exploitation, territoire, département, région, bassin
- Elles comportent des aspects **techniques, de recherche, d'expérimentation, d'accompagnement des agriculteurs et de gouvernance**
- Elles mobiliseront sans doute de nombreux acteurs des territoires ruraux et induiront des évolutions dans la conduite des politiques publiques. L'adaptation au changement climatique dans le domaine agricole dessine ainsi une **évolution en profondeur**
- Elle pourrait se traduire en particulier par des **stratégies territoriales spécifiques en misant résolument sur la capacité des acteurs à promouvoir les solutions adaptées**

\*CGEDD = Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable

## CLIM'PASTO

- Le projet ClimPasto est un projet collaboratif qui implique **23 partenaires** tels que les chambres d'agriculture, INRAE, et IDELE
- Il s'est déroulé sur deux ans (2021-2022) et couvre les massifs des **Pyrénées**, des **Alpes**, du **Jura** et du **Massif central**.
- L'objectif est d'analyser les impacts du changement climatique sur les systèmes agropastoraux, notamment l'élevage de montagne qui repose sur le pâturage des espaces naturels.
- **49 enquêtes** ont été réalisées entre 2021 et 2022, sur des exploitations ayant un fort caractère pastoral, représentant **26 alpages** et **13 alpages collectifs**.

### Stratégies d'adaptation

- Les **adaptations incrémentielles** (ajustements ponctuels aux conditions climatiques), **systemiques** (modifications durables du système d'exploitation), et **transformantes** (rupture avec les pratiques traditionnelles) sont identifiées selon les besoins des exploitations
- Le projet Clim'Pasto met en évidence l'importance d'une **adaptation collective** des pratiques pastorales face au changement climatique, en combinant des stratégies agricoles, pastorales et liées à la gestion de l'eau. L'optimisation des ressources, le choix de races adaptées et la gestion du foncier sont des leviers essentiels pour renforcer la résilience des systèmes agropastoraux en montagne.
- Le **stockage de l'eau** est effectivement une solution clé dans l'adaptation des systèmes pastoraux aux impacts du **changement climatique**, mais ce n'est pas une solution suffisante à elle seule. Pour garantir une gestion durable de l'eau et une adaptation effective, plusieurs autres paramètres doivent être pris en compte. Les **éléments complémentaires** qui doivent accompagner le stockage de l'eau :

1. **La gestion des sols et de la végétation** (maintien de la qualité des sols)
2. **La gestion de l'eau à l'échelle du paysage** (maintien de l'humidité des sols à grande échelle)
3. **L'adaptation des pratiques pastorales** (calendrier, charge, conduite, races)
4. **La diversification des sources de financement et d'approvisionnement** (nouvelles chaînes de valeurs)
5. **Le suivi et la gestion en temps réel** (suivi météo, systèmes d'alerte, modélisations locales, coopération)

« La règle, c'est qu'il n'y a plus de règle »  
(Christophe LEGER – Président du SUACI\* Montagn'Alpes)

\*Service d'Utilité Agricole à Compétence Interdépartementale

## CLIM'PASTO

### Autres paramètres à prendre en compte pour une adaptation durable

#### a) Gestion des sols et de la végétation

- La **gestion des sols** est cruciale pour l'adaptation au changement climatique. Dans les alpages, les sols jouent un rôle fondamental dans **l'infiltration de l'eau** et le **maintien de la fertilité**. Par exemple, une meilleure gestion des **zones tampons**, l'utilisation de **cultures de couverture** et l'amélioration de la **structure du sol** permettent de maximiser l'infiltration d'eau et de réduire l'évaporation.
- La **végétation** et les **pratiques pastorales** doivent être adaptées pour optimiser la **production fourragère** et **prévenir l'érosion**. Les systèmes agroécologiques, comme l'**agroforesterie**, sont particulièrement adaptés pour renforcer les capacités de rétention d'eau dans les sols.

#### b) Gestion de l'eau à l'échelle du paysage

- En plus de stocker de l'eau, une approche intégrée de la gestion de l'eau à l'échelle du **bassin versant** permet de mieux gérer les **ressources en eau** sur de grandes surfaces, en maximisant l'infiltration et en réduisant le ruissellement. Par exemple, l'utilisation de **techniques de conservation des sols** comme les **terrains en courbes de niveau**, ou l'aménagement de **zones humides** en amont des alpages, peut aider à maintenir l'humidité du sol et améliorer la régénération des ressources hydriques.
- La **réutilisation des eaux** (par exemple, la **réutilisation des eaux de ruissellement**) et la **gestion des eaux usées** peuvent également contribuer à améliorer la résilience.

#### c) Adaptation des pratiques pastorales

- Le **calendrier de pâturage** doit être ajusté pour faire face aux périodes de sécheresse prolongée. Des **pratiques de gestion adaptative** comme le **pâturage tournant** et le **pâturage différencié** selon les saisons permettent de mieux utiliser les ressources en herbe tout en préservant l'équilibre des écosystèmes.
- Le choix des **raças animales** adaptées aux conditions climatiques locales est également un facteur clé. Par exemple, les **raças rustiques** peuvent être plus résistantes à la chaleur et mieux adaptées aux variations de qualité des fourrages.

## Alpages sentinelles – Changement climatique en alpage - 2017

### Contexte du Changement Climatique en Alpage

Le changement climatique affecte directement les **alpages** et les activités pastorales. Ce document présente les **effets spécifiques** du réchauffement climatique dans les **Alpes** et leurs répercussions sur la gestion des alpages. Il s'agit d'une ressource importante pour l'élevage, l'agriculture et la biodiversité.

### Effets généraux du changement climatique sur les Alpes

1. **Réchauffement des températures** : Depuis 1950, les températures ont augmenté de **2°C**, soit deux fois plus que la moyenne mondiale, avec un réchauffement plus marqué en **été**.
2. **Précipitations** : Elles restent pour l'instant **stables** malgré la hausse des températures. Cependant, des **périodes de sécheresse** sont de plus en plus fréquentes, affectant particulièrement les zones en **moyenne altitude**.
3. **Enneigement** : Il se fragilise en moyenne altitude. La **limite pluie-neige** monte, affectant l'enneigement et les ressources en eau des alpages.
4. **Bilan hydrique** : Il diminue à cause de l'**évapotranspiration** élevée, impactant la disponibilité en eau pour les écosystèmes et l'agriculture.

### Impacts du changement climatique sur les alpages

- **Réduction de la production de fourrage** :
  - **Augmentation des sécheresses estivales** et des épisodes de gel **après démarrage de la végétation** risquent de diminuer la quantité et la qualité des ressources fourragères en alpage.
  - L'**allongement de la période de végétation** en raison du réchauffement peut affecter les cycles de pâturage et la qualité de l'herbe.
  - **Sécheresses prolongées** risquent d'affecter plus sévèrement les **alpages méditerranéens**.

## Alpages sentinelles – Changement climatique en alpage - 2017

- **Adaptation des pratiques pastorales :**
  - L'adaptation aux nouvelles conditions climatiques implique un **ajustement des pratiques pastorales** :
    - **Avancer la montée en alpage** pour récolter l'herbe avant les périodes de sécheresse.
    - **Modification du pâturage** : jouer sur les périodes de pâturage et les **pratiques de gestion du troupeau**.
    - **Diversification des ressources alimentaires** : maintenir des espaces « tampons » pour pallier les périodes de pénurie de fourrage.
- **Problèmes d'eau :**
  - Les **ressources en eau** pour l'abreuvement des animaux et les installations de traite se raréfient, avec un risque accru pour les **alpages karstiques** et les **zones humides**.
  - La **diminution de l'enneigement** et l'**augmentation de l'évapotranspiration** diminuent la quantité d'eau disponible en été.

### Conséquences à court et long terme

- **Évolution des végétations** : Les espèces végétales s'adaptent en remontant en altitude ou en modifiant leurs cycles. Cependant, des **événements extrêmes** comme les sécheresses et les gels peuvent **dégrader rapidement** les milieux.
- Les **écosystèmes** évoluent lentement, mais des changements rapides peuvent se produire sous l'effet de **sécheresses répétées** et d'événements extrêmes (ex : sécheresse de 2003).

## Alpages sentinelles – Changement climatique en alpage - 2017

### Solutions et leviers d'adaptation

- **Modifications des systèmes pastoraux :**
  - **Valorisation de végétations grossières et milieux arbustifs** dans les zones méditerranéennes.
  - **Pratiques de gestion adaptées**, comme la gestion différenciée de l'intensité du pâturage, pour permettre une meilleure résilience face aux aléas climatiques.
- **Mise en place d'un suivi et d'un réseau d'observation :**
  - Le réseau "**Alpages Sentinelles**" permet de suivre l'évolution des alpages et de concevoir des outils pour l'adaptation des pratiques agricoles et pastorales.

### Conclusion

L'adaptation au changement climatique en alpage nécessite un **ajustement des pratiques pastorales** et une **gestion de l'eau** plus rigoureuse pour répondre aux nouvelles conditions climatiques, notamment en **moyenne altitude** et dans les zones sensibles. Le **réseau Alpages Sentinelles** joue un rôle central en accompagnant les éleveurs et en favorisant la mise en place de pratiques adaptatives pour assurer la **durabilité des systèmes pastoraux** face aux défis climatiques à venir.

## Projet Adaptation des Pratiques Culturelles au Changement Climatique (AP3C)- 2019

Le **projet AP3C** (Adaptation des Pratiques Culturelles au Changement Climatique) est un projet de **recherche et d'adaptation** visant à aider les systèmes agricoles, notamment ceux situés dans le **Massif Central**, à faire face aux défis posés par le **changement climatique**.

### **Objectifs principaux du projet AP3C :**

- 1. Adaptation des systèmes d'exploitation agricoles :** Le projet a pour objectif d'identifier et de promouvoir des **leviers d'adaptation** permettant aux exploitations agricoles de mieux répondre aux évolutions du climat, comme l'**augmentation des températures**, la **modification des précipitations** et l'**intensification des périodes sèches**.
- 2. Caractérisation des évolutions climatiques :** Le projet cherche à analyser l'impact des évolutions climatiques (températures, pluviométrie, bilan hydrique) sur les **pratiques culturelles**, et plus spécifiquement sur les **alpages** et les systèmes de production agricole dans la région.
- 3. Sensibilisation des acteurs agricoles :** Le projet vise à sensibiliser les agriculteurs et les acteurs du secteur agricole aux **impacts du changement climatique** sur les cultures et l'élevage, et à leur fournir des outils pour **adapter leurs pratiques**.
- 4. Accompagnement et conseil :** Le projet propose des outils et des **méthodes de conseil** adaptées aux évolutions climatiques pour aider les exploitations à **maintenir leur rentabilité** tout en réduisant leur vulnérabilité face au changement climatique.

## Projet Adaptation des Pratiques Culturelles au Changement Climatique (AP3C)- 2019

### Actions du projet AP3C :

- **Modélisation et simulations climatiques** : Le projet utilise des **projections climatiques** pour simuler les impacts du changement climatique sur les **rendements des cultures**, les **systèmes d'exploitation** (élevage, culture) et les **ressources en eau**.
- **Étude de cas-types** : Des **simulations sur des cas-types** représentatifs des différents systèmes agricoles sont réalisées pour estimer les impacts futurs sur la productivité et définir des stratégies d'adaptation efficaces.

### Résultats attendus :

- Des **recommandations pratiques** pour les agriculteurs, telles que l'adaptation des **dates de semis**, le choix de **cultures résistantes** à la chaleur ou la **modification des pratiques de gestion des sols** et de l'eau.
- Une meilleure **gestion pluriannuelle des stocks**, une **adaptation du troupeau** pour améliorer l'alimentation et la reproduction, et une **réduction des coûts** en réponse aux nouvelles conditions climatiques.

### Partenaires du projet :

Le projet AP3C est porté par une collaboration entre plusieurs acteurs techniques et institutionnels :

- **SIDAM** (Société Interprofessionnelle pour le Développement Agricole en Massif Central)
- Les **Chambres d'agriculture** locales
- **IDELE** (Institut de l'Élevage)
- Plusieurs **organismes de recherche** et des **institutionnels** comme les **DRR (Directions Régionales de l'Agriculture)**.

### Impact attendu :

Le projet AP3C vise à construire des systèmes agricoles **résilients** face au changement climatique, en développant des solutions pratiques et adaptées à la réalité du terrain, tout en promouvant une **agriculture durable** et performante dans les zones sensibles du Massif Central.

En résumé, le projet **AP3C** a pour but de fournir des solutions **concrètes** aux **éleveurs** et **agriculteurs** du Massif Central pour adapter leurs pratiques agricoles face aux **défis climatiques** à venir.

## Projet Adaptation des Pratiques Culturelles au Changement Climatique (AP3C)- 2019

### Alpages étudiés :

#### 1. Alpages en montagne (Massif Central) :

- Les alpages situés en montagne, particulièrement dans le **Massif Central**, sont les principaux sujets de l'étude. Ils sont représentatifs des systèmes d'élevage et de culture en altitude, où l'herbe est utilisée principalement pour nourrir les troupeaux de ruminants (ovins, bovins).

#### 2. Alpages de piémont :

- Des alpages situés dans les zones intermédiaires entre la montagne et la plaine, appelées **piémonts**, sont aussi étudiés. Ces zones sont caractérisées par une **biodiversité riche** mais fragile, et les alpages y sont souvent utilisés pour le pâturage pendant l'été.

#### 3. Alpages en plaine :

- Bien que moins impactés par le changement climatique de la même manière que les zones plus élevées, les alpages de plaine font aussi l'objet d'adaptations dans les simulations, avec des ajustements concernant la gestion de l'eau, la sélection des cultures et la rotation des sols.

### Types de systèmes d'exploitation :

- L'étude porte sur différents types d'exploitation agricole en lien avec les alpages, illustrant une **diversité de systèmes agricoles** :
  - **Polyculture-élevage** : Ce système combine cultures et élevage, offrant une certaine diversité pour l'adaptation au changement climatique.
  - **Herbe-maïs** : Système qui privilégie la culture du maïs pour l'alimentation animale en complément du pâturage.
  - **Tout herbe** : Les systèmes entièrement basés sur l'élevage extensif, avec une gestion principalement orientée vers la production de fourrage.
  - **Systèmes bio** et **systèmes conventionnels** : Ces deux types de pratiques agricoles sont étudiés pour observer leurs réponses respectives aux impacts climatiques.

### Types de systèmes d'exploitation :

- L'étude porte sur différents types d'exploitation agricole en lien avec les alpages, illustrant une **diversité de systèmes agricoles** :
  - **Polyculture-élevage** : Ce système combine cultures et élevage, offrant une certaine diversité pour l'adaptation au changement climatique.
  - **Herbe-maïs** : Système qui privilégie la culture du maïs pour l'alimentation animale en complément du pâturage.
  - **Tout herbe** : Les systèmes entièrement basés sur l'élevage extensif, avec une gestion principalement orientée vers la production de fourrage.
  - **Systèmes bio et systèmes conventionnels** : Ces deux types de pratiques agricoles sont étudiés pour observer leurs réponses respectives aux impacts climatiques.

### Impacts climatiques spécifiques sur les alpages étudiés :

- **Système de pâturage** : La **date de mise à l'herbe** sera de plus en plus précoce à mesure que les températures augmentent. Cependant, le **risque de gel tardif** et la **baisse de la qualité du pâturage** en automne affecteront la productivité des prairies.
- **Réduction des rendements** : Les rendements des **cultures fourragères** et des **récoltes de foin** diminueront en raison de la hausse des températures et de l'irrégularité des précipitations. Des périodes de **déficit hydrique** plus intenses risquent d'augmenter les besoins en irrigation.

### Conclusion sur les alpages étudiés :

Les alpages du Massif Central, en particulier ceux en zone de montagne et de piémont, sont particulièrement vulnérables au changement climatique. Les simulations montrent une **baisse des rendements fourragers** et une **modification des périodes de pâturage**. Les systèmes d'exploitation devront évoluer pour maintenir la productivité, en adaptant les pratiques agricoles et en intégrant des leviers comme la **diversification des cultures**, **l'irrigation**, et **l'ajustement des pratiques de pâturage**.

## Projet Adaptation des Pratiques Culturelles au Changement Climatique (AP3C)- 2019

Dans le cadre des alpages et de l'impact du changement climatique, les études sur les systèmes agricoles en France mettent en évidence plusieurs conséquences importantes et leviers d'adaptation pour maintenir la viabilité des pratiques agricoles, en particulier dans les zones de montagne comme le Massif Central.

### Conséquences du changement climatique sur les alpages :

#### 1. Changement des conditions climatiques :

- **Températures** : Une **augmentation de la température** moyenne annuelle est prévue (+1°C à +1,5°C d'ici 2050). Cela implique des périodes de gel plus courtes, mais également des risques de froid tardif, affectant la croissance des végétaux et la période de mise à l'herbe.
- **Précipitations** : Les précipitations sont de plus en plus **irrégulières**, avec des **hivers plus pluvieux** et des **étés plus secs**. Cela conduit à un **bilan hydrique négatif**, particulièrement en été, affectant la qualité et la quantité de l'herbe disponible pour le pâturage.

#### 2. Impact sur les récoltes fourragères et l'alimentation du troupeau :

- **Réduction des rendements** en fourrages : Les rendements des **cultures fourragères** et de l'herbe diminuent, avec des coupes de foin de plus en plus difficiles à réaliser sous de bonnes conditions. À partir de 2020-2030, il sera difficile de récolter du foin dans de bonnes conditions pendant 2 années sur 10.
- **Réduction du nombre de jours** de pâturage et de **mise à l'herbe** plus précoce. Cela augmente la pression sur les prairies, ce qui peut nuire à leur régénération et à la qualité de l'alimentation animale.

#### 3. Impact sur les systèmes d'exploitation :

- Les alpages et les systèmes agricoles devront faire face à des conditions **plus sèches** et à des **périodes de chaleur plus longues**, ce qui affecte directement les **réserves d'eau**, la **qualité de l'herbe**, et les **périodes de récolte**.

## Leviers d'adaptation :

### 1. Adaptation des pratiques agricoles à court terme :

- **Optimisation de l'utilisation des ressources en herbe** : Limiter le gaspillage, améliorer le stockage des fourrages, et adapter les **dates de récolte** et de semis.
- **Modification de l'assolement** (rotation des cultures) pour maximiser les rendements et utiliser les **surfaces additionnelles** (zones sous-bois, prairies sèches) pour pallier la baisse des rendements.
- **Transhumance et pratiques de pâturage adaptées** : Utiliser des systèmes de **pâturage précoce** et **automnal/hivernal** pour adapter le calendrier des pâturages.

### 2. Adaptation à long terme :

- **Diversification des cultures** : Introduction de cultures résistantes à la sécheresse (par exemple, **sorgho, moha**) et utilisation de **légumineuses** dans les mélanges pour améliorer la résilience des prairies.
- **Amélioration de la gestion de l'eau** : **Irrigation** dans les zones où la sécheresse devient trop importante pour assurer une production suffisante d'herbe et de fourrage.
- **Réduction du cheptel** dans les systèmes d'élevage plus vulnérables, avec une adaptation des **périodes de mise bas** pour mieux correspondre à la pousse de l'herbe printanière.

### 3. Adaptation des systèmes de production :

- **Sélection des races animales** : Choisir des races adaptées aux nouvelles conditions climatiques pour maximiser la productivité et la résilience.
- **Externalisation de certaines pratiques** : Par exemple, acheter de l'alimentation complémentaire en période de carence en fourrages.

## Conclusion :

Les systèmes d'exploitation en alpage et en élevage devront s'adapter aux nouvelles conditions climatiques pour maintenir leur viabilité. Les **leviers d'adaptation** passent par une meilleure gestion des ressources fourragères, l'optimisation des pratiques agricoles et des systèmes d'irrigation, ainsi qu'une diversification des pratiques pour rendre les systèmes agricoles plus résilients face à la **sécheresse** et aux **changements dans les cycles saisonniers**. Ces adaptations nécessitent un travail concerté entre les éleveurs, les techniciens et les chercheurs pour répondre aux défis climatiques à venir.

## Approche systémique – La méthode IDEA4

### Les composantes d'une exploitation durable :

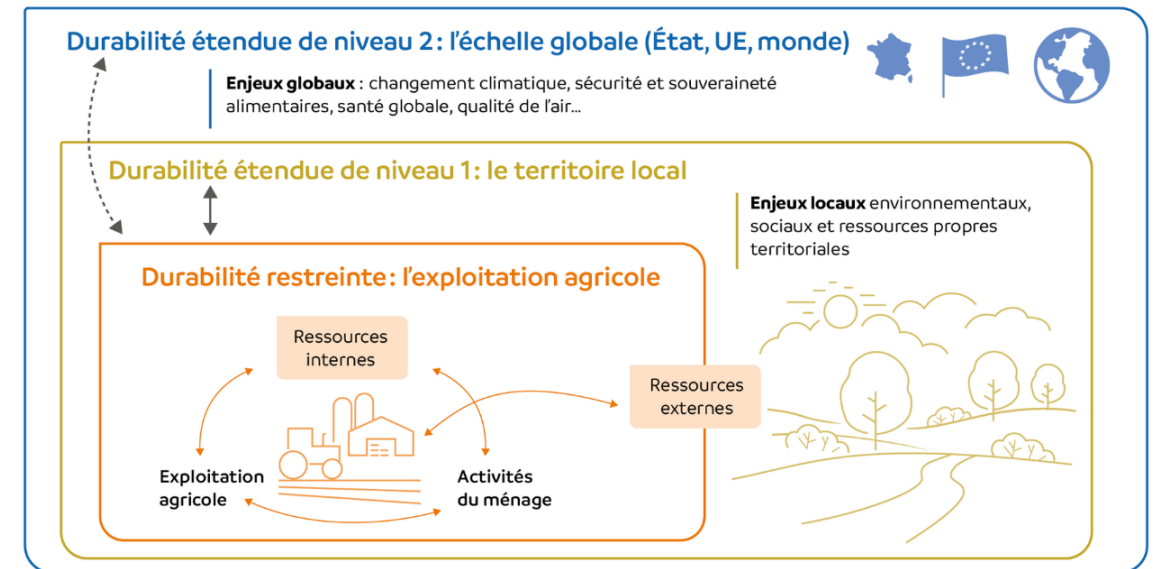
- **L'ancrage territorial** d'une exploitation agricole correspond à sa capacité à contribuer à un processus de co-production et de valorisation de ressources territoriales.
- **L'autonomie** d'une exploitation agricole correspond à la capacité de l'agriculteur à produire des biens et des services à partir de ressources propres ou collectives (humaines, naturelles, physiques, cognitives, etc.), à disposer de sa liberté de décision et à développer des modes d'action permettant de limiter sa dépendance aux dispositifs de régulation publique (aides, quota) et aux acteurs de l'amont et de l'aval.
- **La capacité productive et reproductive** de biens et services d'une exploitation agricole correspond à sa capacité à produire et à reproduire dans le temps long, de manière efficiente, une production de biens et de services à même de dégager suffisamment de revenu pour maintenir l'activité, sans dégrader sa base de ressources naturelles et sociales.
- **La robustesse** d'une exploitation agricole correspond à sa **capacité à faire face à des variations (internes ou externes) de différentes intensités (fluctuations, perturbations, chocs) et de différentes natures (environnementales, sociales, économiques), et à conserver ou retrouver un état d'équilibre**. Elle intègre de façon englobante les concepts de résilience, d'adaptation, de flexibilité.
- **La responsabilité globale** d'une exploitation correspond au degré d'engagement de l'agriculteur dans une démarche globale qui prend en compte les impacts environnementaux, sociaux et économiques dans ses choix de pratiques et activités.



Le Comité Scientifique IDEA



- Approche systémique
- 500 tests entre 2008 et 2022
- Méthode gratuite



La **résilience** dans le champ socio-écologique est la capacité à se maintenir, à s'adapter et à se transformer dans un environnement fluctuant. Cette définition est proche de celle de la **robustesse**, définie comme la capacité à se maintenir stable (sur le court terme) et viable (sur le long terme) malgré les fluctuations

## Approche systémique – Initiative Holistic Management (Institut Savory)

**Contexte** (Zimbabwe et Afrique du Sud) : zones semi-arides en dégradation avancée à cause du surpâturage et de la sécheresse.

### **Méthodologie :**

#### **1. Formulation d'un contexte Holistique communautaire**

- Valeurs partagées : autosuffisance, santé, relations humaines fortes, transmission des savoirs.
- Vision du paysage futur : prairies fertiles, faune abondante, accès à l'eau et à l'alimentation.

#### **2. Pâturage planifié régénératif**

- Regroupement temporaire de troupeaux pour imiter la pression des grands herbivores sauvages (impact positif sur le sol).
- Déplacement fréquent pour permettre la régénération.
- Séquestration du carbone et infiltration de l'eau améliorées.

#### **3. Prise de décision testée à l'aide de filtres holistiques**

- L'action améliore-t-elle la vie, le sol, la résilience sociale ?
- Est-elle viable économiquement, compatible culturellement, réversible ?

#### **4. Suivi & ajustement**

- Observation des plantes indicatrices, infiltration d'eau, couverture du sol, dynamique sociale.
- Formation continue des villageois à l'auto-évaluation.

### **Résultats :**

- Plus de 3 000 ha régénérés (sols vivants, prairies denses, rivières intermittentes ravivées).
- Retour de la faune sauvage et de la biodiversité.
- Réduction des conflits humains-faune.
- Renforcement de l'autonomie des communautés rurales.



Before



After

**Modèle répliqué dans d'autres régions d'Afrique.**

## ANNEXE 5 – Techniques de stockage d'eau pour les alpages

## Retour d'expérience – Société Vaudoise d'Economie Alpestre

# Fiches techniques de mesures d'approvisionnement en eau sur les alpages

01.05.2024

**Proconseil**  
Une filiale de Prométerre  
Avenue des Sports 48  
1400, Yverdon-Les-Bains  
Tél. 024 423 44 88  
[proconseil.yverdon@prometerre.ch](mailto:proconseil.yverdon@prometerre.ch)

**MONTANUM** Sàrl  
Av. des Alpes 17B  
Tél. +41 (0)24 454 42 18  
CH-1450 Sainte-Croix  
[info@montanum.ch](mailto:info@montanum.ch)

**SVA**  
SOCIÉTÉ VAUDOISE  
D'ÉCONOMIE ALPESTRE

## 3 Approvisionnement en eau sur les alpages

### ÉTANG DE RÉCUPÉRATION D'EAU DE PLUIE



#### Généralités


- Projet individuel ou collectif (groupement d'alpage)
- Recouvrement de la bêche avec des matériaux minéraux, clôture et rampe d'accès pour l'entretien
- Ouvrage accompagné d'une annexe écologique
- Avantage pour la biodiversité



Étang de récupération d'eau de pluie avec étang de compensation - ©Montanum Sàrl

<b>Avantages</b>	Coûts au m <sup>3</sup> faibles
	Auto-alimentation en eau
	Pas de limite de volume (alpage ou groupement d'alpages)
	Mise en place à l'emplacement des besoins
<b>Inconvénients</b>	Mise à l'enquête obligatoire (terrassment, intégration paysagère)
	Entretien régulier pour garantir la qualité de l'eau
	Clôture aux normes (sécurité, vandalisme)
	Température (évaporation) et eutrophisation → perte d'appétence
<b>Coûts</b>	
Ordre de grandeur du prix	150.- à 300.- / m <sup>3</sup>

## CITERNE ENTERRÉE




### Généralités

- Alimentation en eau externe (toit, source, réseau)
- Nécessite un terrassement parfois conséquent (fosse)
- Très bonne qualité d'eau de stockage
- Toute qualité d'eau

**Coque en polyéthylène (P.E.) :**  
 Volume idéal en fonction du coût : moins de 50 m<sup>3</sup>


Avantages	Inconvénients
Qualité de l'eau (potabilisable)	Coûts au m <sup>3</sup> élevés
Héliport possible	Entretien peu aisé
Coûts	
Ordre de grandeur du prix	800.- à 1'500.- / m <sup>3</sup>



Coque P.E. - ©Montanum Sarl

**Béton conventionnel:**  
 Volume idéal en fonction du coût : moins de 50 m<sup>3</sup>


Avantages	Inconvénients
Longue durée de vie	Accès camion et grue
Toutes formes possibles	Coûts au m <sup>3</sup> élevés
Coûts	
Ordre de grandeur du prix	800.- à 1'200.- / m <sup>3</sup>



Béton conventionnel - ©Montanum Sarl

**Béton préfabriqué:**  
 Volume idéal en fonction du coût : plus de 50 m<sup>3</sup>

Avantages	Inconvénients
Longue durée de vie	Accès camion et grue
Coûts au m <sup>3</sup> faibles	-
Coûts	
Ordre de grandeur du prix	400.- à 800.- / m <sup>3</sup>



Béton préfabriqué - ©Montanum Sarl

## CITERNE SOUPLE



### Généralités

- Volume : moins de 200 m<sup>3</sup>
- Durée de vie : environ 20 ans
- Résiste au gel (attention raccordement vanne)
- Alimentation en eau externe (toit, source, réseau)
- Entretien d'un filtre en amont nécessaire
- Couleurs spécifiques en extérieur ou camouflage (brun, gris-foncé)

Avantages	Coûts au m <sup>3</sup> faibles
	Poids faible et transport aisé
	Toutes tailles possibles et rapidité de mise en œuvre
Inconvénients	Terrain plat nécessaire
	Mise à l'enquête éventuelle (terrassement, intégration paysagère)
	Entretien difficile
	Risque de vandalisme
	Place occupée (volume stocké (1m <sup>3</sup> )= surface occupée (1m <sup>2</sup> ))
Coûts	
Ordre de grandeur du prix	50.- à 100.- / m <sup>3</sup>



Citerne souple type pétoufle - ©Montanum Sarl



## Retour d'expérience – Drôme Présenté par la SEMA en avril 2024

## L'eau, un enjeu d'actualité en Drôme dans un contexte de changement climatique



# Expérimentations anti-évaporation



# Expérimentations anti-évaporation

## INFLUENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'ABREUVEMENT DES TROUPEAUX

- Absence de neige et la raréfaction des précipitations estivales (tarissement précoce des sources, absence de re-remplissage des stockages)
  - ➔ Tension sur la ressource en eau
- Multiplication des épisodes de sécheresse, de vent chaud (↑évaporation, ↑transpiration, ↓rosée, fourrages secs)
  - ➔ Augmentation des besoins en eau des troupeaux
  - ➔ Perte d'eau dans les impluviums 30à 40%

# Expérimentations anti-évaporation

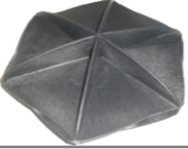


## DIFFÉRENTES SOLUTIONS TECHNIQUES EXPÉRIMENTÉES EN DROME

- En collaboration avec les éleveurs
- Trois techniques testées avec le PNR des Baronnies Provençales
- Des tests dans le Diois et le PRN du Vercors
- D'autres tests à venir
  - ➔ Limiter l'évaporation, être économe en eau
  - ➔ Eviter la baignade des vautours
  - ➔ Améliorer l'intégration paysagère



# Expérimentations anti-évaporation

## MODULES FLOTTANTS AUTO-ORGANISÉS

	Matériel	Les +	Les -	Coût	Exemples visibles Drôme	Contact entreprise
Modules flottants auto-organisés	<b>Hexacovers</b> ® 	Installation rapide et réversible  Bonne résistance au gel et au vent	Complexifie nettoyage/réparation  Approvisionnement à l'étranger	~23€/m <sup>2</sup>	Oui (ex : Buc)  <a href="#">Vidéo installation sur le site de l'ADEM</a>	Fabricant : Hexa-cover® Distributeur Drôme : BCB <i>Matériel de même type distribué par P.S.E</i>
	<b>Hexaballs</b> ® 	Installation rapide et réversible  Adapté aux abreuvoirs	Complexifie nettoyage/réparation  <b>Risques de germination à l'intérieur nécessitant entretien</b>  <b>Faible résistance au vent hors du contact avec l'eau</b>	~21€/m <sup>2</sup>	Oui (ex : Banne)  <a href="#">Vidéo installation sur le site de l'ADEM</a>	Distributeur : P.S.E. (Protection Stockage des eaux)
	<b>Stop Evap</b> ® 	Installation rapide et réversible  Fabrication française  Plusieurs couleurs disponibles	Complexifie nettoyage/réparation  <b>Non testé en Drôme pour l'instant</b>	30€/m <sup>2</sup>	Non testé	Fabriqué & distribué par PHB2M

# Expérimentations anti-évaporation

## FILET ANTI-EVAPORATION

- Description technique : ancrages bétons > tubes aciers ou rondin > maillage câble Deltex (30\*30) > filet d'ombrage avec chevauchement important des laies
- Points forts : protège également le talus, permet de nettoyer l'impluvium + facilement que les modules flottants
- Points faibles : non-réversibilité, durabilité ?
- Coût : [40 ; 60]€/m<sup>2</sup>



# Intégration paysagère et environnementale

Stockage autonome enterré du Jocou

Collecte de l'eau de fonte d'une congère



# Intégration paysagère et environnementale

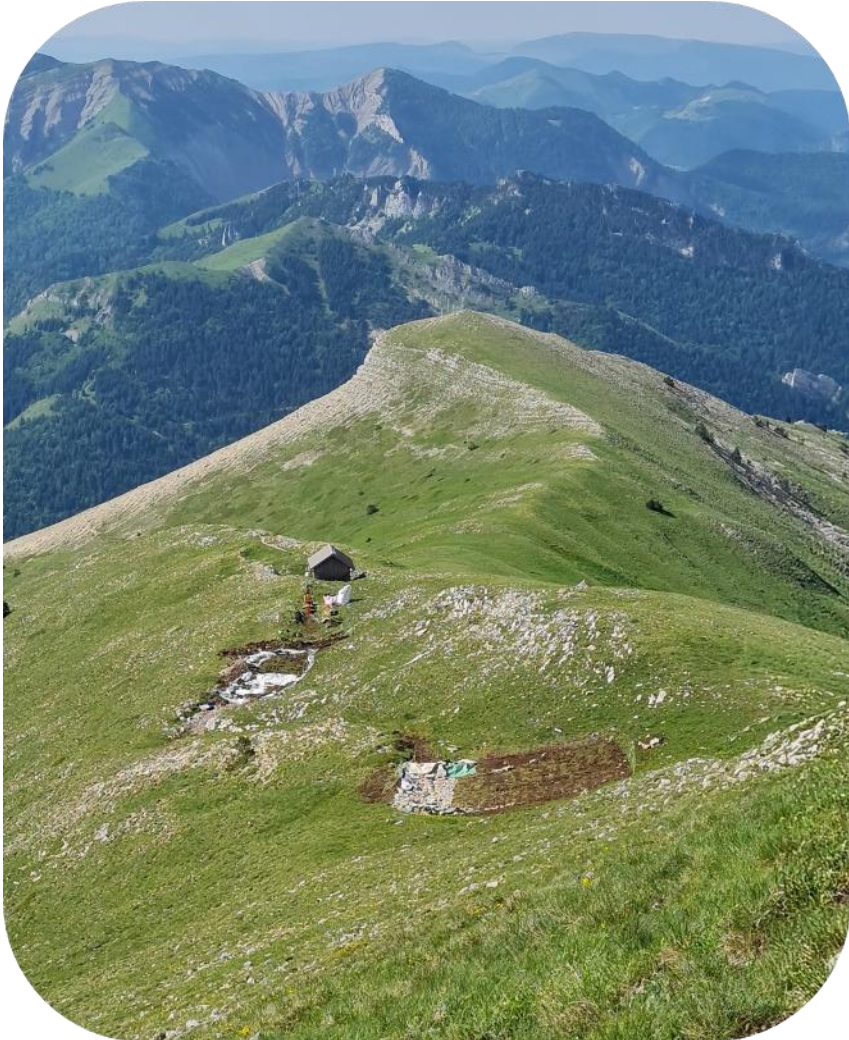
## Stockage autonome enterré du Jocou

### Organisation du stockage de l'eau collectée



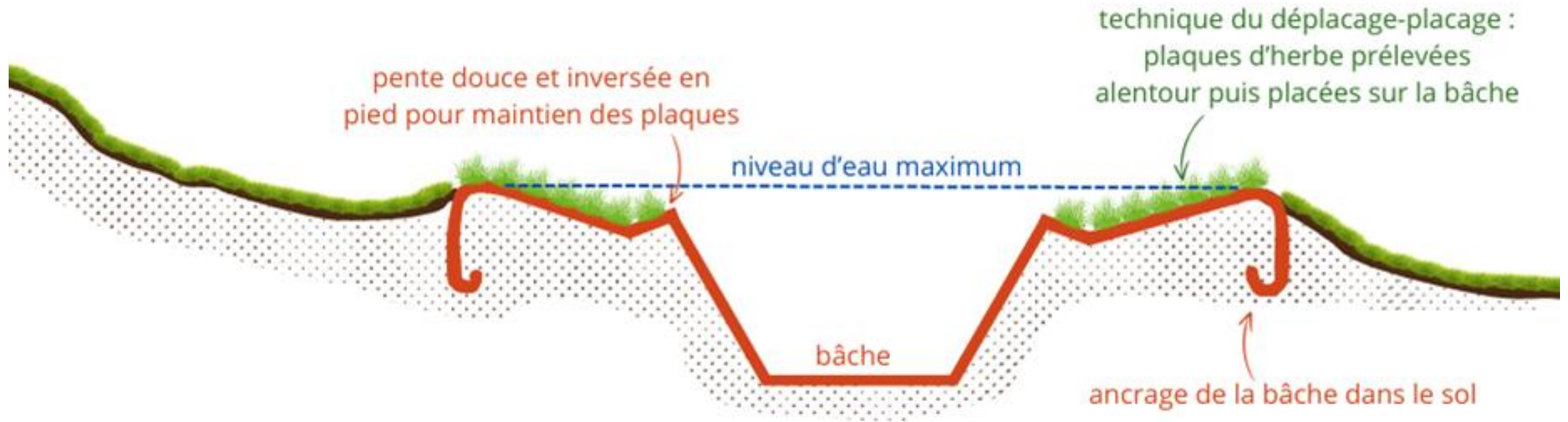
# Intégration paysagère et environnementale

## Enherber la bâche sur la partie haute



# Intégration paysagère et environnementale

## Enherber la bâche sur la partie haute - Le Fleyrard



## Dimensionnement de l'aménagement

### 1. Etat des lieux :

- Des ressources en eau disponibles sur l'alpage
- De la durée de présence du troupeau
- Des conditions climatiques : précipitations annuelles, précipitations estivales, température estivale moyenne, évaporation

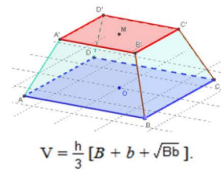
### 2. Calcul du volume nécessaire théorique

$$Volume = UGB \times jours \times BESOIN(eau)$$

- Besoin en eau : génisses (50 L) ; brebis (4 L)
- Volume réajusté selon les ressources en eau déjà disponibles sur l'alpage

### 3. Calcul de la surface de récupération nécessaire et des dimensions de l'aménagement

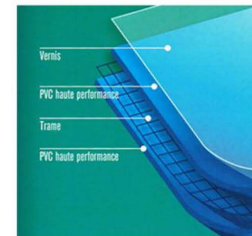
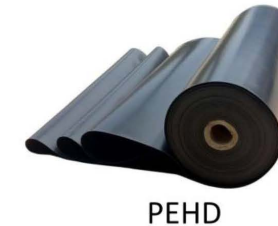
Précipitation annuelle	1600	l/m2
Ponction par l'évaporation	20%	l
Volume d'eau souhaité	350	m3
Volume d'eau à récupérer en tenant compte de l'évaporation	420	m3
Surface récupération d'eau de pluie	263	m2



Trapezoïde		
Si		
B=	256	m2
h=	2	m
b=	110	m2
Alors		
V=	356	m3



## Différents types de géomembranes pour les stockages d'eau



PVC - Armé



- Des caractéristiques techniques importantes pour les stockages pastoraux :
  - Durée de vie
  - Résistance physico-chimique (UV, température, etc)
  - Résistance au poinçonnement
  - Résistance à la déchirure
  - Coût
  - Couleur



## REX SEMA - 2024

### Pente douce et pose des mottes de terres préalablement décapées



### Intervention au brise roche et broyage sur place



+ REX Drôme pour limiter l'évaporation

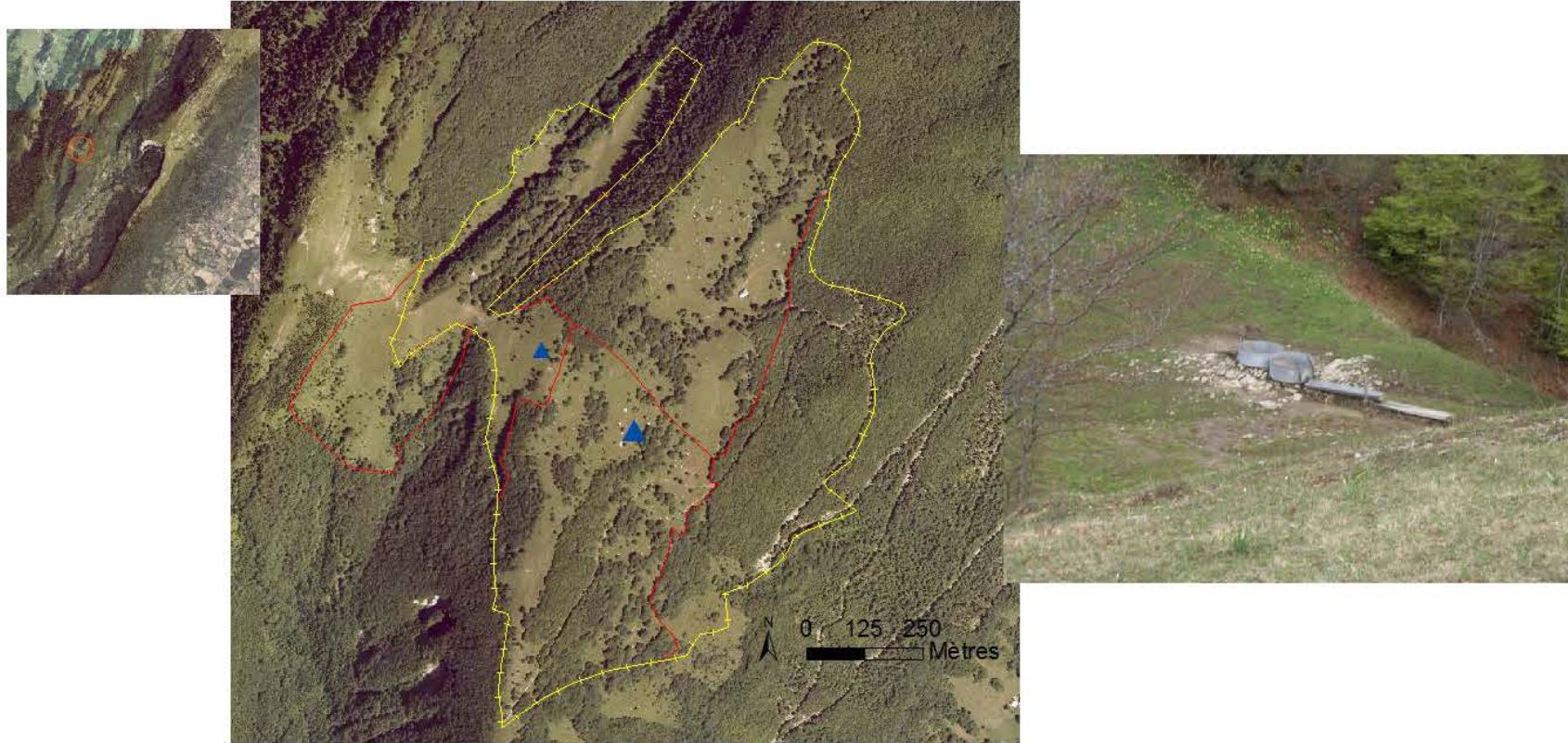
# Intégration paysagère et environnementale

## Enherber la bâche sur la partie haute - Le Fleyrard



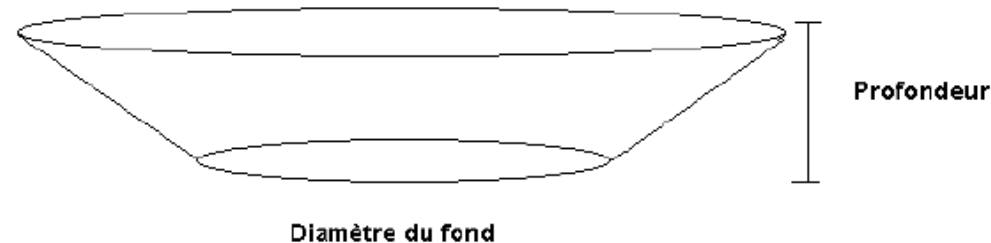
## Retour d'expérience – Crête de Chalam Présenté par la SEMA en avril 2024

# Expérimentation sur les alpages Sous Chalam - 2014



# Caractéristiques des plans d'eau

	Plan d'eau 1	Plan d'eau 2
<b>Volume</b>	325 m <sup>3</sup>	150 m <sup>3</sup>
<b>Profondeur</b>	1,8 m	1,5 m
<b>Pente</b>	45% avec structure pour retenir la terre végétale sur 1/3 de la pente	30% avec terre végétale sur 1/3 de la pente
<b>Diamètre surface</b>	19 m	16 m
<b>Diamètre fond</b>	11 m	6 m
<b>Autres</b>	+ Rampe faune + Clôtures périphériques + Crépine + Bacs d'abreuvement + Pompe d'amorçage	
<b>Coût final</b>	<b>15 750 € HT</b>	<b>10 520 € HT</b>



# Plan d'eau 1



# Plan d'eau 1



+ 3 mois



# Plan d'eau 2



# Bilan de l'expérimentation

- > Surcoût estimé à 20% par rapport à une réserve d'eau classique :
  - surface géotextile et géomembrane plus importante
  - mise en place du filet + terre végétale
  - mise en place système anti-noyade
  
- > Recul trop faible sur la dynamique de la végétalisation à long terme et sur l'intérêt écologique
  
- > Bénéfices naturels de la mise à disposition d'un réseau de milieux aquatiques dans les paysages karstiques du Jura : renforcement de « l'infrastructure écologique »





Figure 1. L'étang agroécologique de la Correntine (Bière, VD) six ans après sa construction. D'une capacité de rétention de 150 m<sup>3</sup>, il sécurise l'approvisionnement en eau de deux alpages voisins. Il accueille par ailleurs une diversité biologique remarquable à l'échelle régionale (flore, batraciens et libellules).



Figure 2. L'étang agroécologique des Bioles (Arzier-Le Muids, VD) une dizaine d'année après sa construction.

Figure 5 : Plans et coupe A-A' de l'étang agrécologique de la Correntine (Bière, VD). © MOSINI et CAVIESEL SA

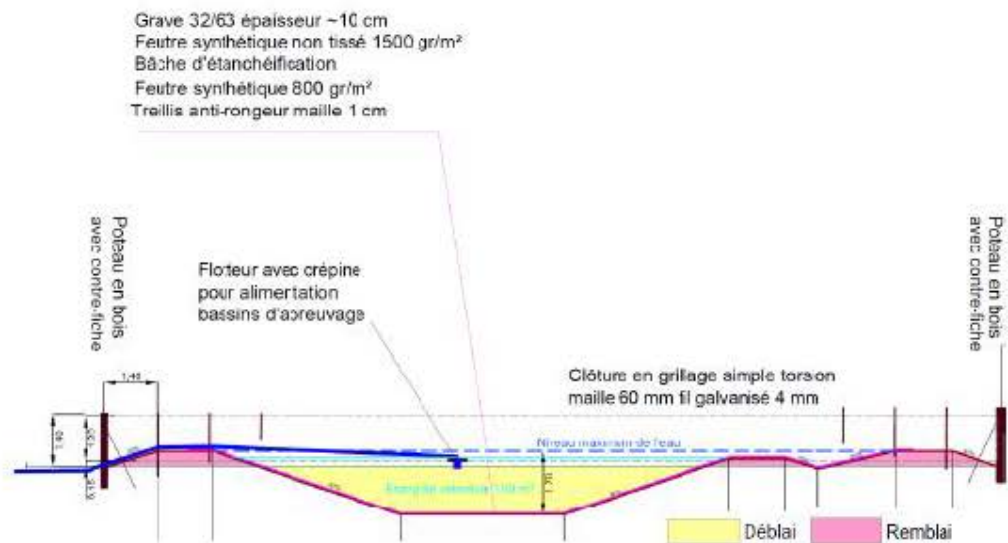
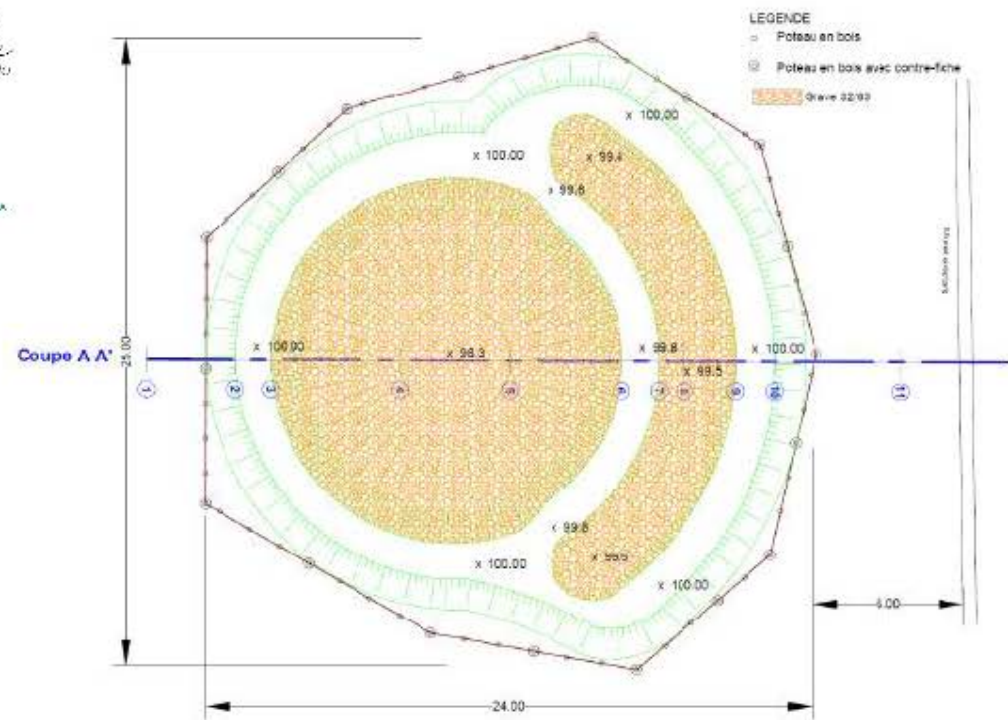


Figure 6 : Etapes de construction (Montois de Bière Derrière, Le Chenit (VD), propriété de la commune de Bière (VD))



a. Choix de l'emplacement (dans une légère dépression)



b. Creuse dans la masse



c. Couche de réglage (sable)



d. Treillis anti-rongeur



e. Imperméabilité (bâche entre deux géotextiles)



f. Couche de lestage (grave)

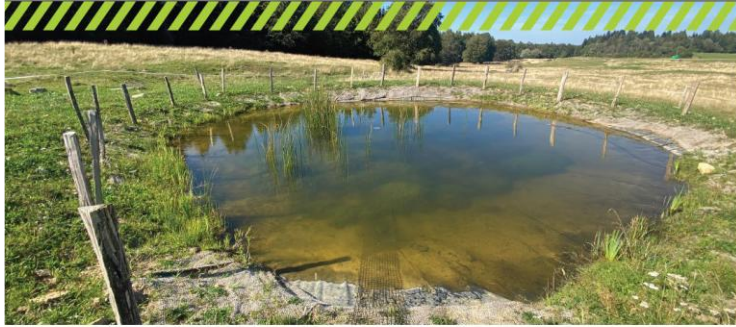


g. Clôture et aménagement de micro-structures



h. Etat final après les premières pluies





## TRAVAUX DE CRÉATION DE GOYA

Dans le cadre de sa compétence GEMAPI (GEstion de l'eau, des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations) - volet Gestion Quantitative de la ressource en eau, la communauté de communes Bugey-Sud a créé un goya, en lien étroit avec les exploitants agricoles/propriétaire(s), afin de récupérer l'eau de pluie et sécuriser la disponibilité en eau pour les usages agricoles liés. Bien qu'artificiel, ce goya constitue également un réservoir de biodiversité pour la faune et la flore.

[www.ccbugeysud.com](http://www.ccbugeysud.com)

[www.facebook.com/GemapiBUGEYSUD](https://www.facebook.com/GemapiBUGEYSUD)

Ce projet bénéficie du soutien financier de :



Maître d'ouvrage et maîtrise d'oeuvre :



Intérêt général du projet : continuités écologiques pour les amphibiens, les odonates

Justification par inventaires et suivis

Appel à projet « Eau et Biodiversité » de l'Agence de l'Eau



Au titre de la GEMAPI, la CC Bugey Sud a pris la maîtrise d'ouvrage d'un projet de création/réhabilitation de goyas à vocation agricole, mettant en avant un objectif de préservation des corridors écologiques

## Retour d'expérience – Suisse

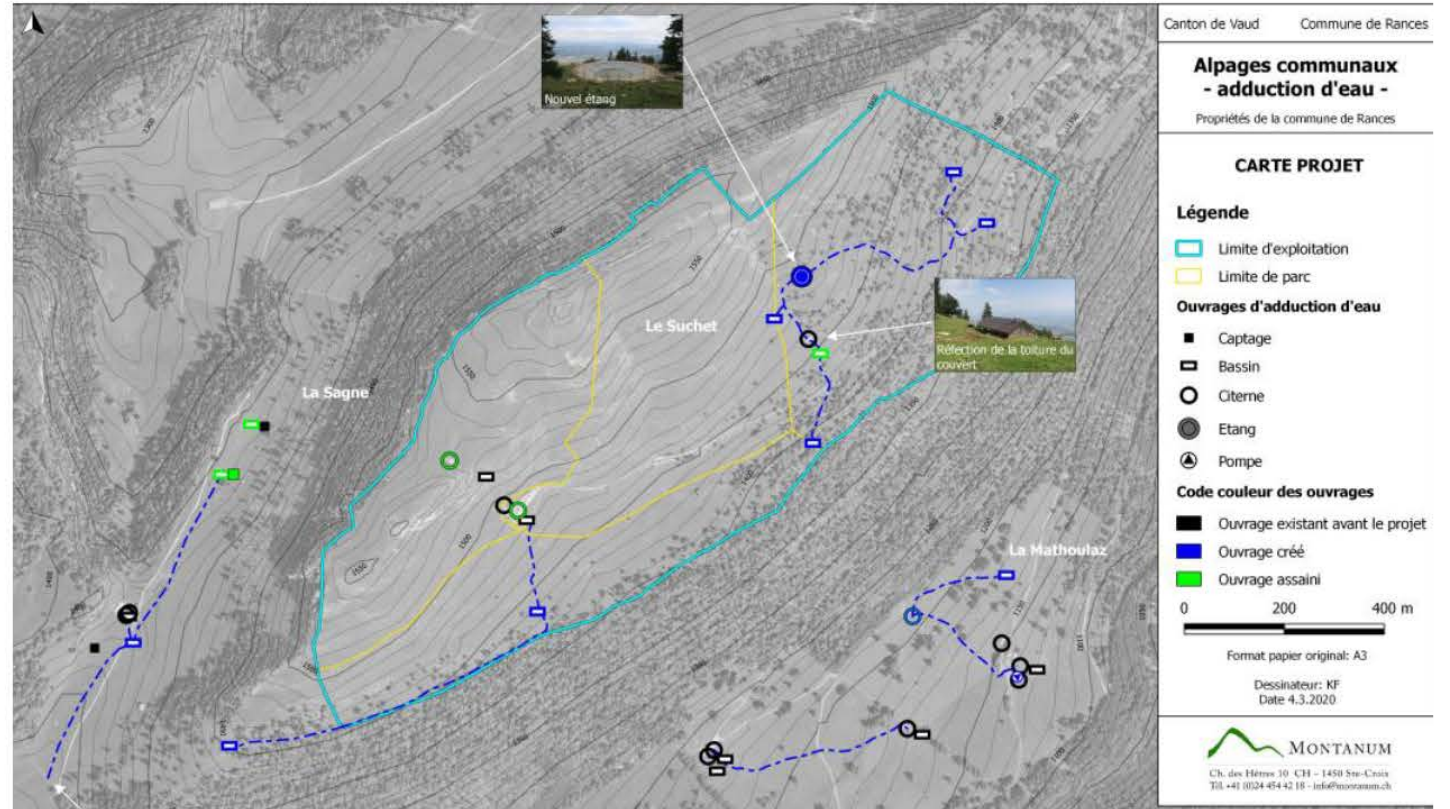


Bassin de stockage d'un volume de 250 m<sup>3</sup>

Photo: Jean-Bruno Wehrli

## Le Suchet – la steppe africaine de la Suisse

Économie alpestre et changement climatique  
Apprendre l'usage rationnel de l'eau



#### Fiche descriptive: projet d'approvisionnement en eau

<b>Investissement stockage:</b>	étang de 250 m <sup>3</sup> , surface 300 m <sup>2</sup> , renouvellement du toit de la citerne existante
<b>Investissement distribution:</b>	5 nouveaux abreuvoirs avec flotteurs, plus environ 3 km de nouvelles conduites d'eau, y compris le raccordement à l'alpage voisin de La Sagne
<b>Organisation:</b>	commune de Rances, bureau d'études Montanum. Canton de VD, Office des améliorations structurelles
<b>Coûts de planification et de mise en œuvre:</b>	300 000 CHF
<b>Parrainage/financement:</b>	commune 23 %, subventions pour les mesures d'amélioration structurelles 73 %
<b>Durée du projet:</b>	conception 2009, planification 2015-2017, réalisation 2017-2019, inauguration septembre 2019

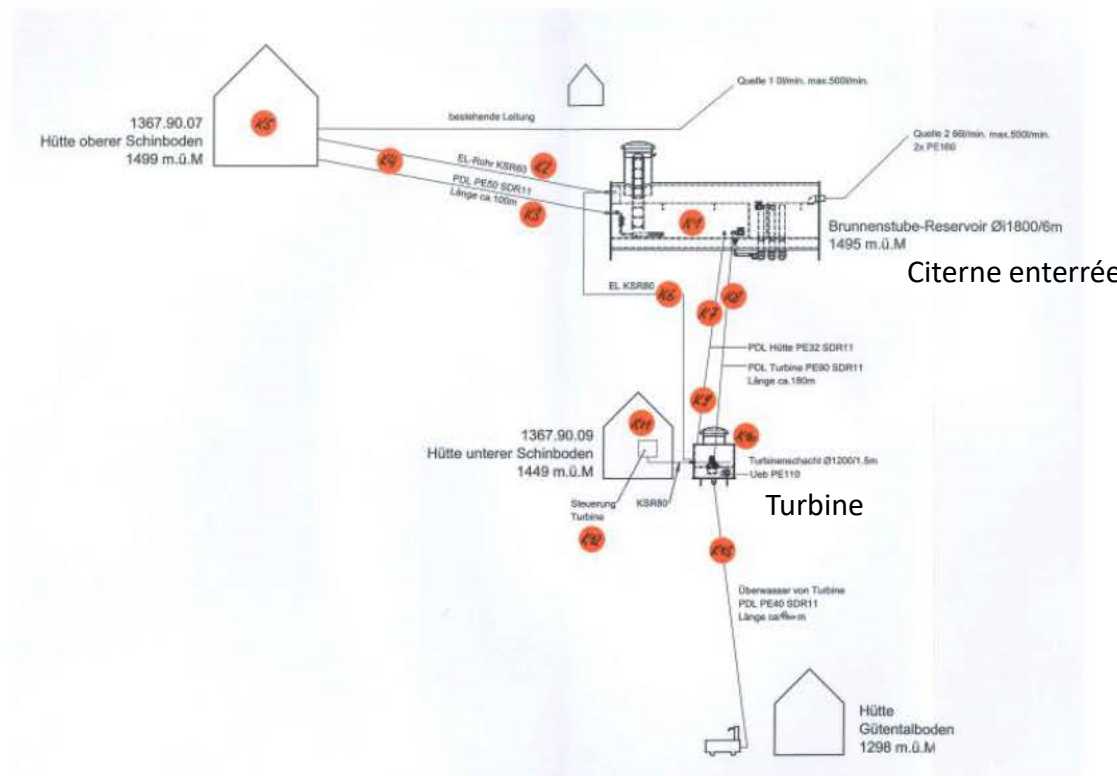


Zone d'alpages, montagnes de Schinboden

Photo: OAK, Karl Betschart

## Schinboden – distribution de l'eau dans l'esprit du bien collectif

Économie alpestre et changement climatique  
Apprendre l'usage rationnel de l'eau



Fiche descriptive : projet d'approvisionnement en eau	
Investissement stockage :	3 nouveaux réservoirs d'eau de 12 m <sup>3</sup> , 4 gouilles/étangs (réservoirs d'eau naturels)
Investissement distribution :	4 nouveaux captages d'eau, nouvelles conduites d'eau, divers abreuvoirs
Investissement énergie :	installation d'une pompe à eau (pompe électrique), batteries pour le stockage de l'électricité, nouvelle conduite d'acheminement pour la centrale hydroélectrique existante
Organisation :	OAK, Canton de SZ
Coûts de planification et de mise en œuvre :	CHF 220 000.–
Parrainage :	contributions pour les mesures d'amélioration structurelles au niveau fédéral 33 %, Canton 30 %, District de Schwyz 10 % (73 %). L'OAK paie 70 % des coûts résiduels (27 %), les propriétaires de chalets privés 30 %
Durée du projet :	conception 2015, planification 2016, réalisation 2018-2019



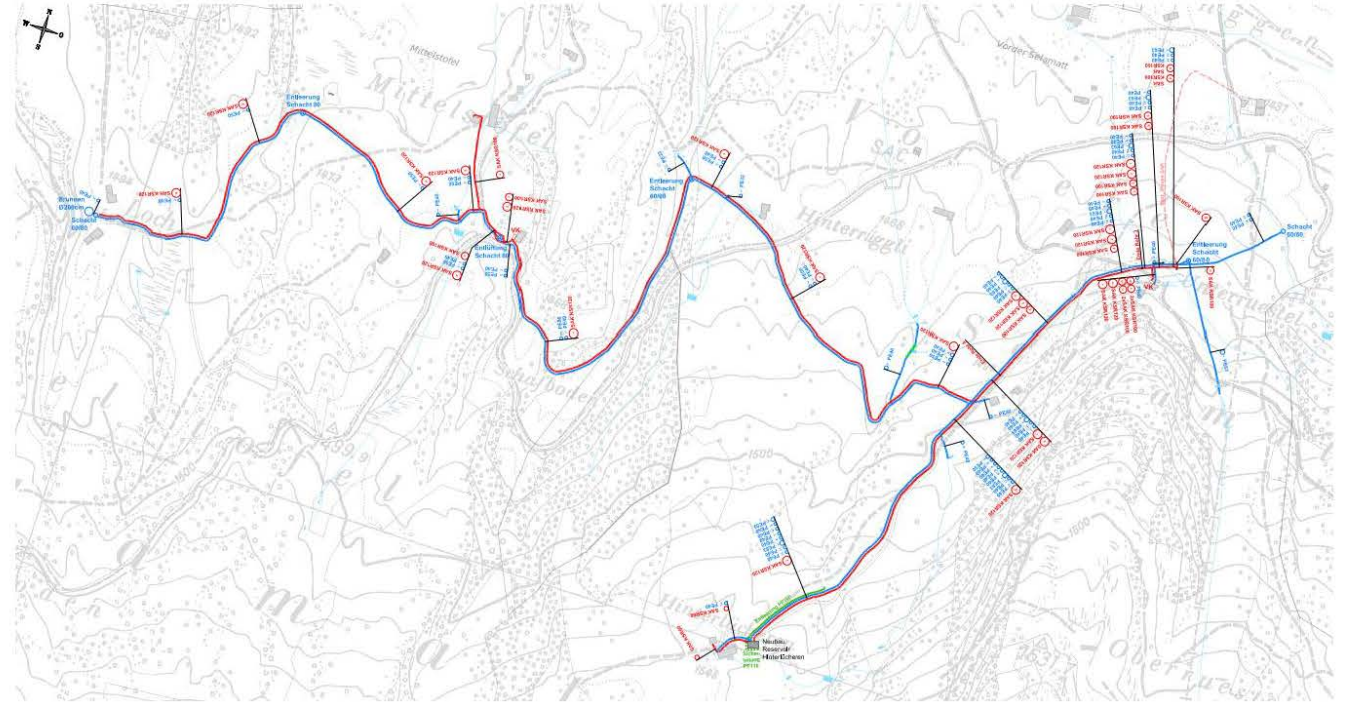


Selamatt

Photo: Elias Bichsel

## Selamatt – plan d’urgence grâce à une installation d’enneigement

Économie alpestre et changement climatique  
Apprendre l’usage rationnel de l’eau



### Fiche descriptive : projet d’approvisionnement en eau

**Investissement stockage :** 2 nouveaux réservoirs à eau d’un volume de 160 m<sup>3</sup> chacun

**Investissement distribution :** raccordement à l’alpage voisin de Breitenalp, raccordement d’eau direct au système d’enneigement du domaine skiable de Chäserrugg. Assainissement d’env. 6 km de conduites d’eau existantes et différents abreuvoirs

**Organisation :** corporation d’alpage Selamatt, gestion de projet par le bureau d’études Weger, Services de conseil agricole et d’améliorations structurelles du canton de SG

**Coûts de planification et de mise en œuvre :** CHF 1 Mio.

**Parrainage/ financement :** confédération et Canton (57 %), crédit d’investissement cantonal (20 %, remboursement par un fonds de contributions d’estivage), Aide suisse à la montagne (10 %), financement résiduel par des prestations propres

**Durée du projet :** 4 ans, 2012-2016, durée de mise en œuvre 2 x 2 mois (mi-août à mi-octobre)

## Retour d'expérience – Salève

## ASSOCIATION FONCIÈRE PASTORALE



Créée en 2012 à l'initiative du Syndicat Mixte du Salève (SMS) en collaboration avec le Département, l'Association foncière pastorale du mont Salève regroupe 464 propriétaires d'alpages et de forêts (1472 hectares) situés sur la partie sommitale du massif.

Pour conduire sa politique pastorale au Salève et celle de l'AFP, le SMS a signé un contrat avec la Région Auvergne-Rhône-Alpes en 2011, prévoyant sur 5 ans des travaux d'amélioration pastorale tels que : alimentation en eau du bétail, amélioration du logement des bergers, de l'accès pastoral, l'animation foncière et l'étude d'un plan de circulation des véhicules à moteur. La région Auvergne-Rhône-Alpes apportant 35 % de financements et **l'Europe 28 % (FEADER)**.



- création d'un impluvium de 300 m<sup>3</sup> (surface de 15 m x 25 m) desservant par un réseau de colonnes de 3 kilomètres les alpages de Chênex, du Petit Pommier, de Chavanne, des Crêches et des Communaux de La Croisette.
- captation de la source du Creux d'Ours, qui alimentera grâce à une pompe deux citernes de 30 m<sup>3</sup> enterrées juste à côté de la ferme de Chênex (commune du Sappey).
- coût du chantier : environ 250 000 €, dont 20 % à la charge des propriétaires et des fermiers des alpages concernés.

## Retour d'expérience – Val d'Aoste



## Objectifs du projet

- Augmenter la résilience des systèmes pastoraux alpins face au changement climatique.
- Réduire leur vulnérabilité par des mesures concrètes, participatives et territorialisées.
- Co-construction d'un plan stratégique basé sur la modélisation, les données terrain, la concertation multi-acteurs, et les scénarios climatiques

## 🔧 Mesures d'adaptation proposées (secteur d'expérimentation du Val d'Aoste)

🕒 **À court terme (pendant la saison) :** déplacement du pâturage vers des zones boisées ou secondaires, utilisation de la végétation grossière, pâturage en horaires adaptés, approvisionnement en fourrage, adaptation du circuit de pâturage pour assurer l'abreuvement.

🔧 **À moyen-long terme (structurel) :** restauration de zones pâturables abandonnées, implantation d'infrastructures (abris, réseaux d'eau – cf. note ci-dessous), inclusion d'arbres et bois pastoraux pour ombrage et confort animal, gestion rationnelle de l'eau : citernes, impluviums, restauration de "rus" (canaux), amélioration de la qualité des pâturages (rotation, fertilisation raisonnée, lutte contre les espèces indésirables).

🔧 **Organisation de la ferme :** révision du calendrier d'amontagnage/démontagnage, changement d'espèces ou races animales, stockage stratégique de fourrage en vallée, flexibilité et diversification de la conduite d'élevage

## 📋 Recommandations politiques

- Rendre les **règles plus souples et adaptatives au contexte local**
- Soutenir les **investissements agro-climatiques** : plans de pâturage, équipements hydriques, mobilité.
- Développer des **instances de gouvernance de l'eau par bassin versant**.
- Renforcer la **formation technique des bergers et éleveurs**.
- Favoriser la **multifonctionnalité pastoralisme-tourisme, la biodiversité et les coopérations territoriales**.

Note spécifique au territoire du Val d'Aoste : dans les territoires comme la Vallée d'Aoste ou le Parc National du Grand Paradis, le déploiement de solutions de gestion de l'eau (réseaux d'irrigation traditionnels, captages, citernes, impluviums) est largement facilité par la présence de réseaux hydrauliques préexistants, souvent anciens mais bien maillés (ex. : les rûs). Cette infrastructure constitue une base technique et culturelle qui rend les interconnexions entre systèmes de stockage non seulement possibles, mais souvent naturelles dans la logique d'aménagement.

⚠️ Ce n'est pas le cas sur des territoires comme la Haute Chaîne du Jura. Ainsi, la reproductibilité des dispositifs de stockage interconnectés promus dans certains projets alpins (ex. : BECCA, PastorAlp) doit être **adaptée au contexte local, et ne peut être envisagée sans une réflexion systémique sur la recharge hydrique à l'échelle du paysage, appuyée sur une cartographie précise des flux karstiques et des points de captation critiques**.