Présentation de l'étude d'évaluation de l'impact actuel et futur de la production de neige de culture sur la ressource en eau et les MA

- Secteur Guillestrois Queyras

RÉGION SUD
PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

1/ Retour sur l'étude CLIM'SNOW (2021)

- Piloté par SMMA Région SUD en 2021 sur les 38 stations de PACA
- Outil développé par Météo France – INRAE - DIANEIGE
- Permet d'**apprécier les effets du CC sur les évolutions nivo-météorologiques et la fiabilité de l'enneigement (vision sur conditions exploitation stations)**
- Vision à **horizon 2023 et 2050**
- Basé sur projections climatiques, scénarios GIEC:
  - RCP 2.6 (forte réduction émission CO_2)
  - RCP 4.5 (stabilisation émission CO_2)
  - RCP 8.5 (poursuite forte émission CO_2)
- Se **base sur scénario** pessimiste mais réaliste (**8.5**)
- Déclinaison échelle mondiale à locale (GCM – Safran)

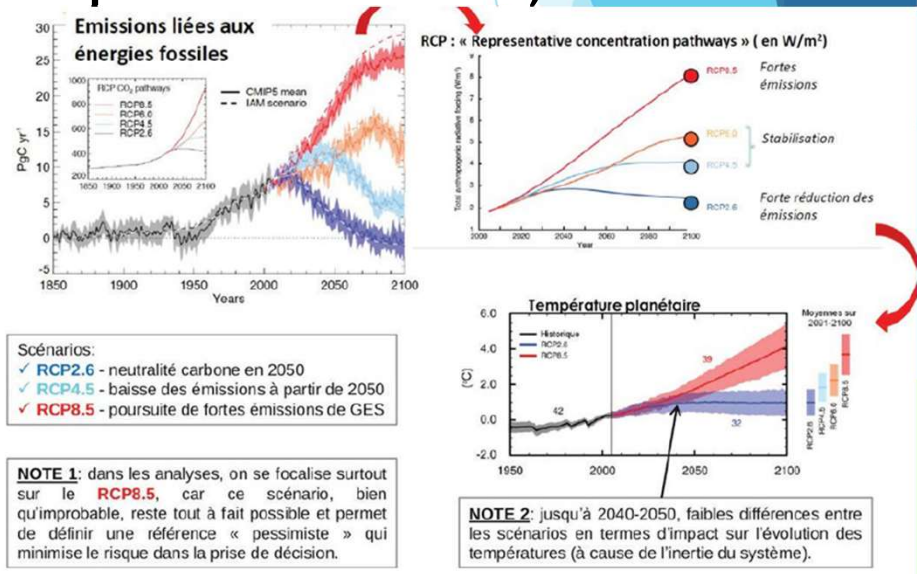


Figure 1 – Les projections climatiques dépendent des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre.

Méthodologie étude CLIM'SNOW (2021)

- Modélisation enneigement:
  - Neige culture: 600kg/m_3
  - Période enneigement de culture:
    - Du 01/11 au 15/12: sous-couche (15 cm)
    - Du 15/12 au 31/03: complément H_{neige}<60 cm
    - Arrêt prod° au 31/03
  - RCP 8.5 (poursuite forte émission CO_2)
- Modélisation tient compte: altitude, orientation, pente
- Donne indice de fiabilité enneigement
  - Surface domaine ac neige suffisante: 20cm neige damée

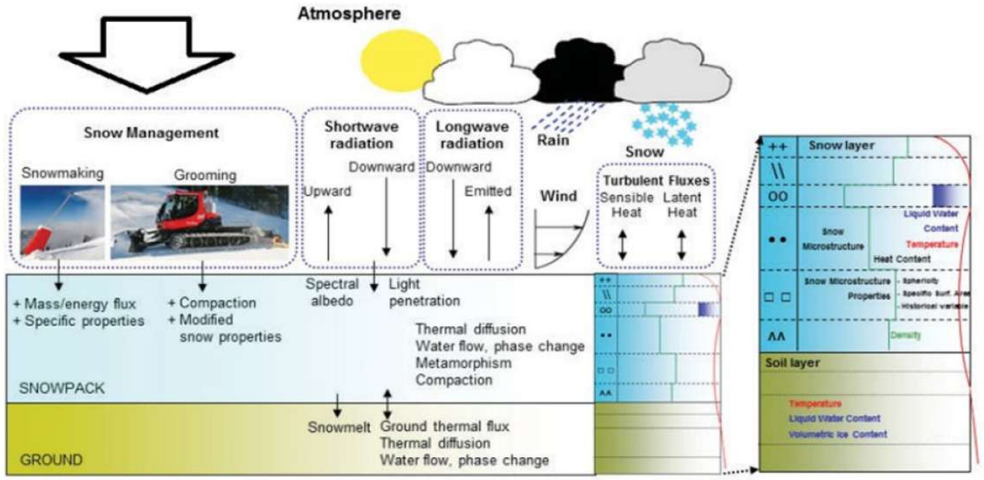
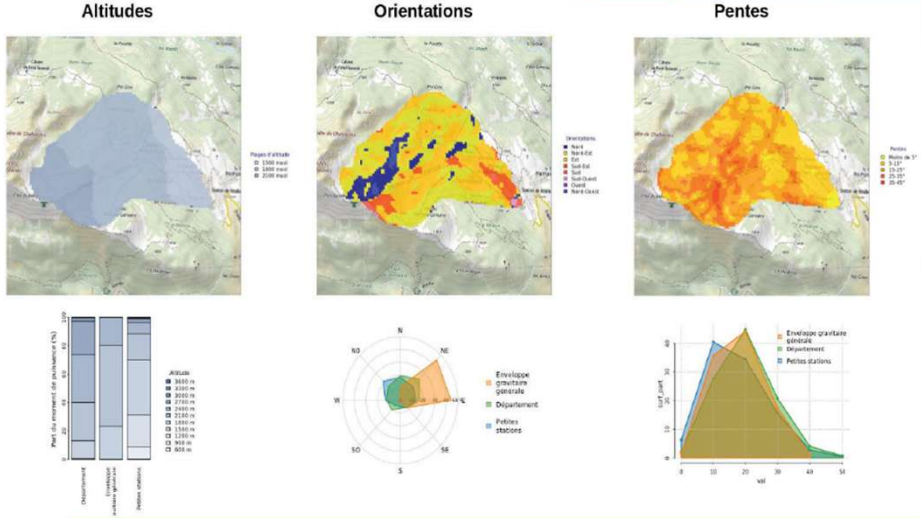
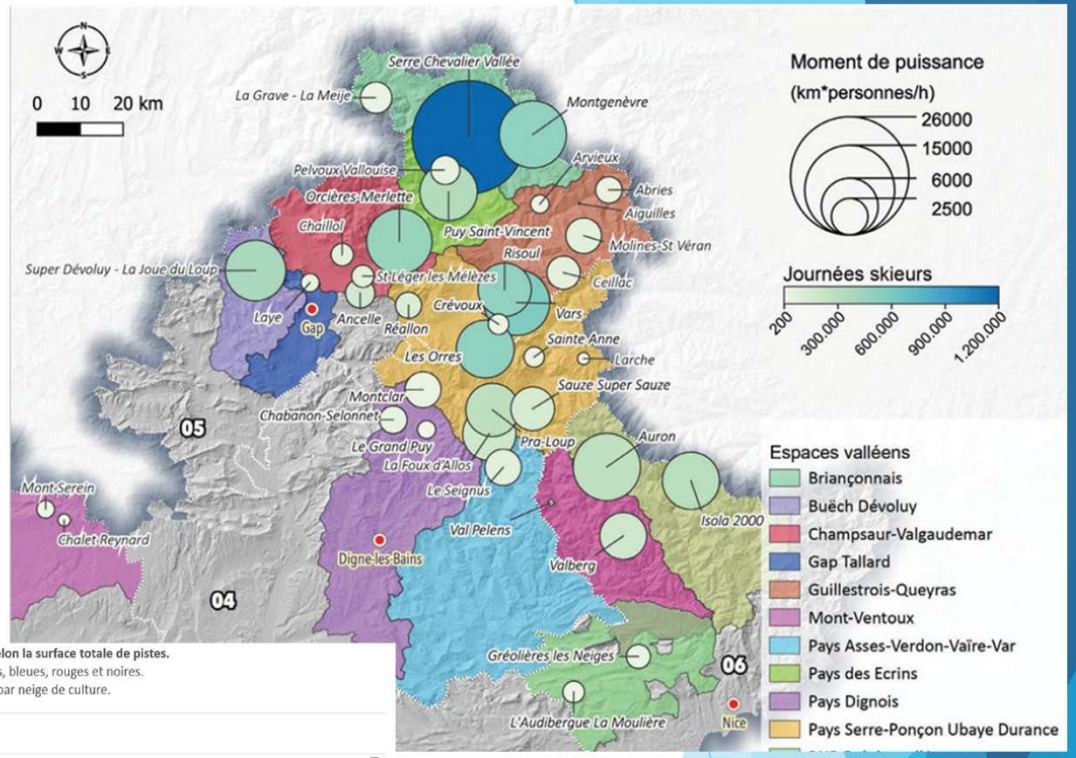


Figure 3 – Schéma du modèle de neige Crocus-Resort, intégrant la prise en compte de la neige de culture et du damage.



Réalisation étude CLIM'SNOW (2021)

- Entretien ac chaque station pr connaitre:
  - Caractéristiques domaines et pistes (Surf, long,..)
  - Installations neige culture (Surf couverte)
  - Volume annuel prélèvement pr neige culture
  - Conso énergétique
  - Projets futurs et plan investissement



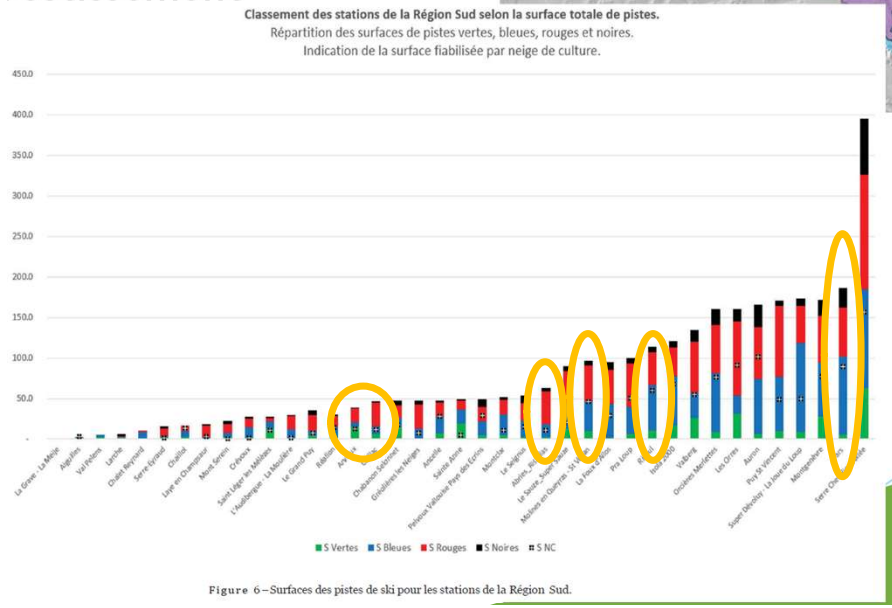


Figure 6 – Surfaces des pistes de ski pour les stations de la Région Sud.

Résultats: étude CLIM'SNOW (2021)

- Donne indice de fiabilité enneigement (basé sur RCP 8.5)

  = % domaine skiable ac neige suffisante (20 cm neige damée):

- Précisions données ac 3 types de scénarios
  - Mauvaise saison (Q_{20}: enneigement défavorable 1/5 année, basé sur historique 1986-2015)
  - Saison Moyenne(Q_{50}: enneigement moyen ac installations actuelles, centré sur 15 années autour de 2020)
  - Saison Moyenne(Q_{50}: enneigement moyen ac installations futures, centré sur 15 années autour de 2020)

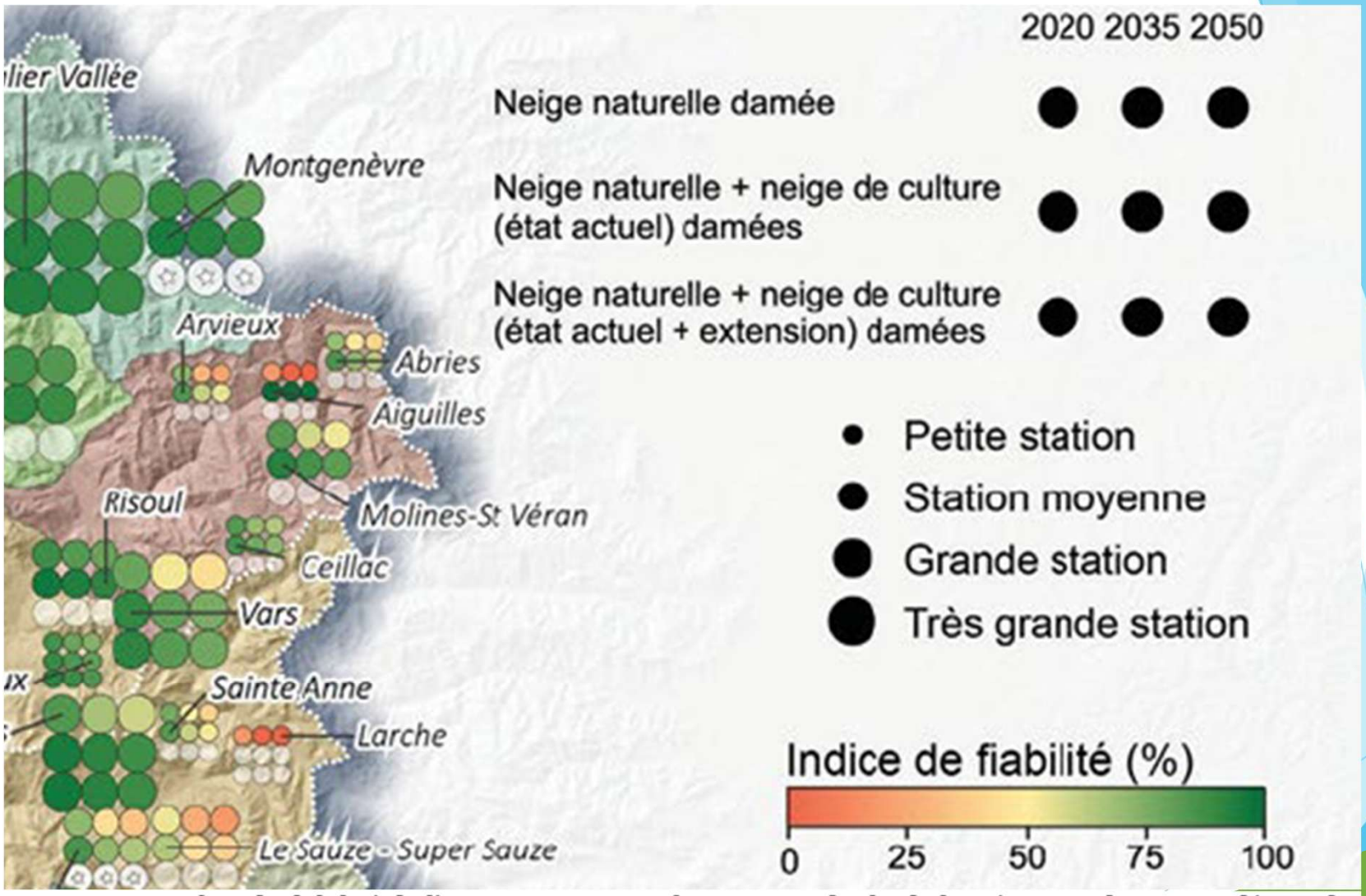


Figure 8 – Indice de fiabilité de l'enneigement pour les stations de ski de la Région Sud, en considérant des saisons moyennes (Q50) et en fonction des équipements et de la période future. Pour rappel, cet indicateur représente la fraction de surface de domaine skiable (entre 0% et 100%) disposant d'une quantité suffisante de neige pour la pratique du ski.

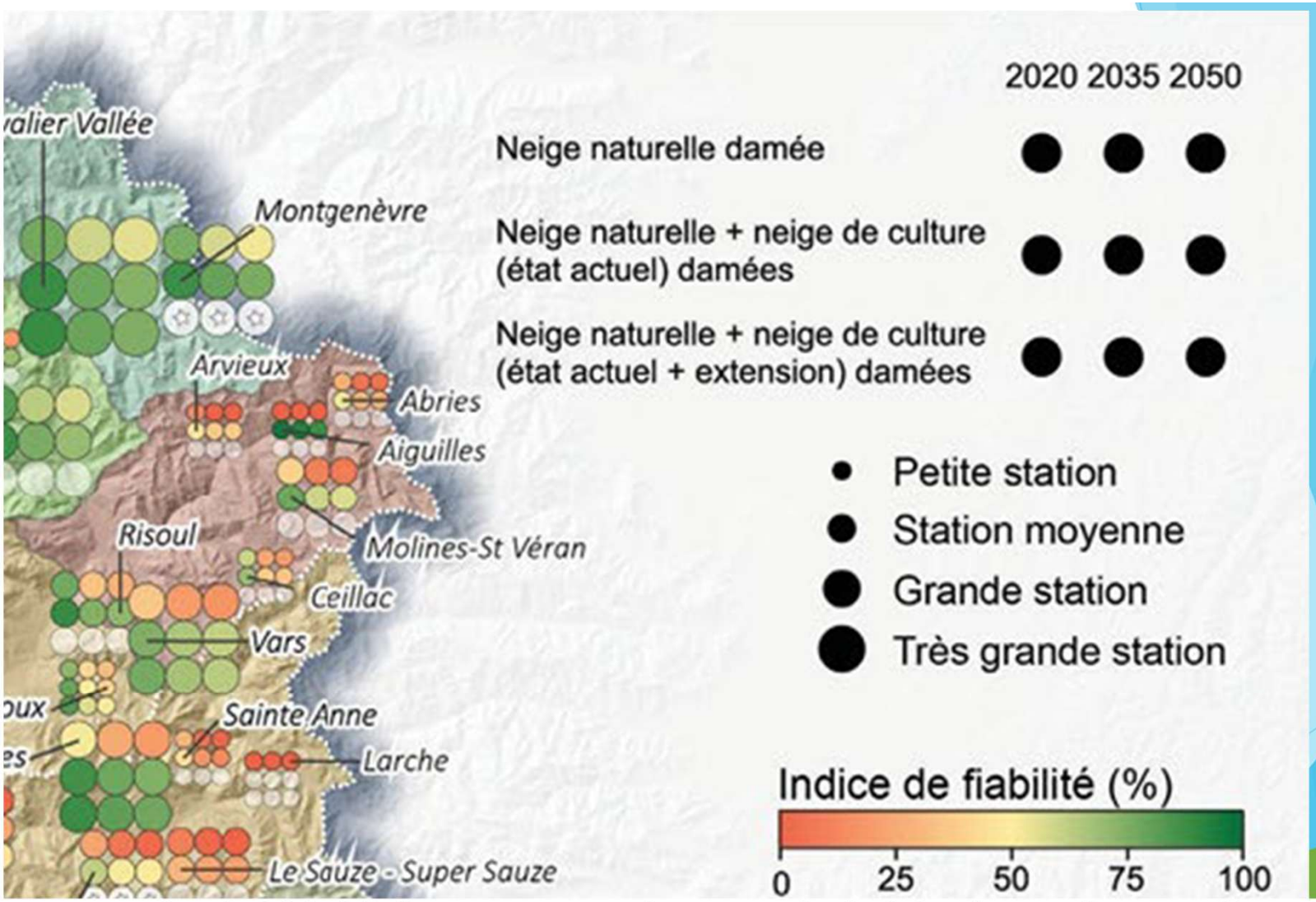


Figure 9 – Indice de fiabilité de l'enneigement pour les stations de ski de la Région Sud, en considérant des saisons mauvaises (Q20) et en fonction des équipements et de la période future. Pour rappel, cet indicateur représente la fraction de surface de domaine skiable (entre 0% et 100%) disposant d'une quantité suffisante de neige pour la pratique du ski.

Conclusions étude CLIM'SNOW (2021)

- Indique fiabilité enneigement pour chaque station (pistes) à horizon 2035, 2050
- La plupart des stations du Queyras auront un enneigement naturel difficile dès horizon 2035 et 2050
  - Difficile pour Arvieux, Abriès et Aiguilles
  - Tension pour station Molines-Véran et Ceillac
- Les stations du Vars et Risoul auront un enneigement naturel également ac tension dès horizon 2035 et 2050
  - **Mais OK si recours à la neige de culture !!!**
- **CLIM'SNOW n'évalue pas tension sur ressource en eau: dvpt outil CLIM'EAU**

Une étude prospective portant sur le devenir des Stations de montagne des Alpes du Sud.



ABEST

Evaluation de l'impact actuel et futur de la production de neige de culture sur la ressource en eau et les milieux aquatiques.

RÉGION SUD PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

agence de l'eau RHÔNE MÉDITERRANÉE CORSE

Document principal

Comité de pilotage final
3 avril 2026

Méthodologie étude CLIM'EAU (2026)

L'enjeu principal identifié lors du démarrage de cette étude est de permettre la mise en évidence des tensions éventuelles entre la ressource en eau disponible et son usage pour la production de neige de culture.

Afin de réaliser une étude pertinente et exhaustive sur la disponibilité de la ressource en eau sur ces territoires de montagne, il a été choisi d'étendre l'analyse à l'ensemble des usages anthropiques, avec une granularité mensuelle de la donnée.

3.1 : Collecte de données

- Collecte « déclarative » via des outils dédiés, globale à l'ensemble des sites : localisation des captages, débits réservés, données statistiques de consommation, prélèvement, instrumentation, distribution

3.2 : **Modélisation** hydro-climatique

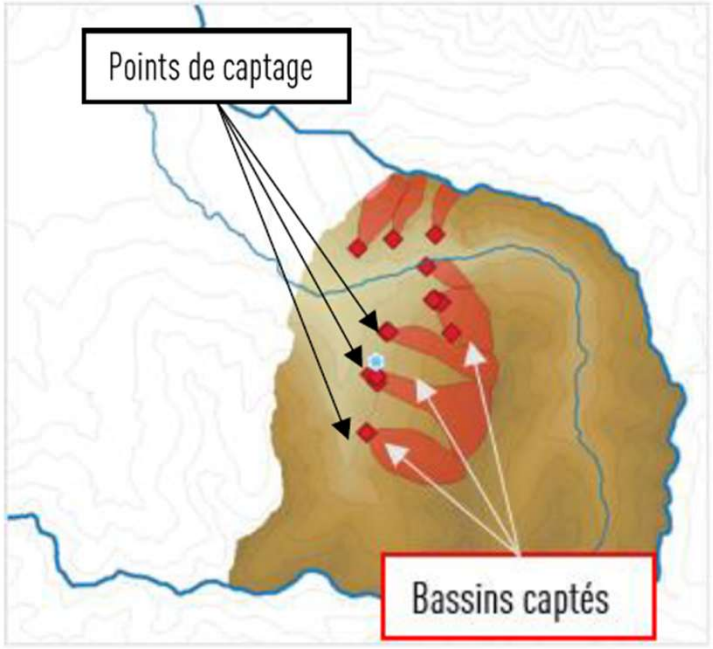
- Modélisation appliquée à des bassins versants importants
- Transposition aux bassins versants captés par ratios de surfaces

3.3 : Croisement BBNUR

- Croisement de la somme des besoins naturels et des usages avec la ressource disponible
- Mise en évidence d'éventuelles tensions

Méthodologie étude CLIM'EAU (2026)

Définition de la ressource en eau faisant l'objet de prélèvements



- Localiser les points de captage et leur bassin d'alimentation
- Evaluer la ressource naturelle par des calculs hydrologiques
- Compiler les données de prélèvements pour estimer le besoin
- Croiser la ressource avec le besoin pour identifier les éventuelles tensions

Trouver la bonne granularité pour avoir des résultats exploitables sur l'ensemble du périmètre de l'étude (38 stations)

→ Zones d'intérêt définis par bassin versant incluant une ou plusieurs stations

→ Rendu annuel et mensuel

Etude CLIM'EAU (2026) - Récolte données 2025-26

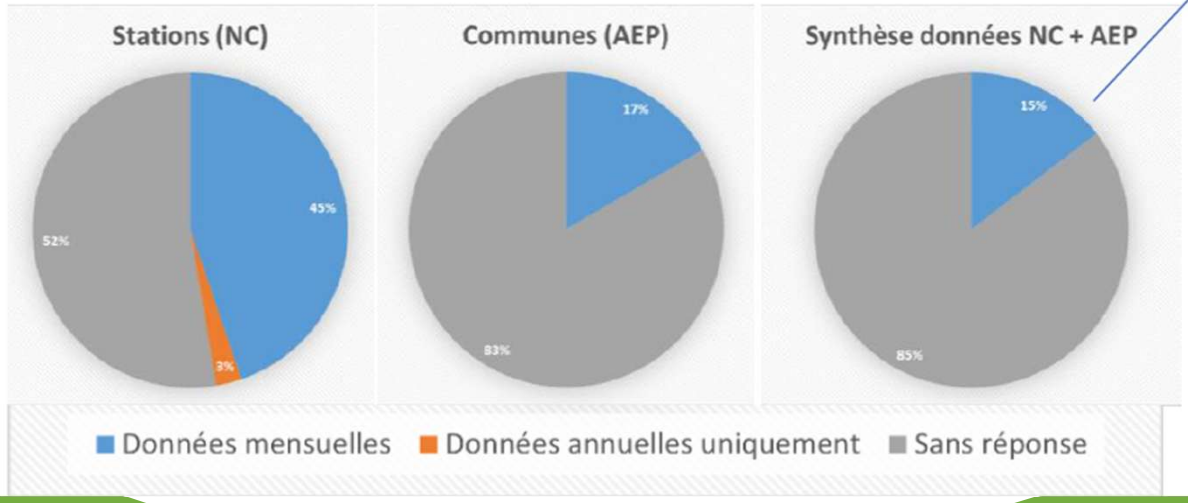
Résultats de la 1ère phase de collecte, de février à novembre 2025 :

- ❑ 3 usages anthropiques identifiés : eau potable (AEP), neige de culture (NC) et agriculture.
- ❑ réponses partielles et incomplètes, malgré les outils et les prises de contact en direct.
- ❑ Pas donnée de consommation pour l'agriculture. *CERPAM identifié tardivement comme détenteur de données potentiellement adaptées.*

	Stations (NC)	Communes (AEP)
Données mensuelles reçues	17	7
Données annuelles reçues	1	0
Sans réponse	20	35

Groupe 1 (AEP+NC mensuel)

7 communes



Etude CLIM'EAU (2026) - Récolte données 2025-26

RÉGION SUD PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

- Donnée suffisante
- Donnée partielle et insuffisante
- Donnée absente

Pour qu'une analyse mensuelle pertinente puisse être réalisée, chacune de ces données doit être indiquée en vert.

			AEP (Alimentation en Eau Potable)				Production de neige		
Groupe	Stations	Communes	Localisation des captages AEP	Arrêtés Préfectoraux AEP	Synoptique réseau AEP	Statistiques volumes distribués	Localisation des captages neige	Arrêtés Préfectoraux neige	Statistiques des volumes captés
A	Orcières - Serre Eyraud	Orcières	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A	Orcières Merlette 1850		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A	Puy Saint-Vincent	Puy-Saint-Vincent	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
B	Chaillol	Saint-Michel-de-Chaillol	✓	✓	✗	⚠	✓	✓	✓
B	Les Orres	Les Orres	✓	✓	✓	⚠	✓	✓	✓
B	Queyras - Ceillac	Ceillac	✓	✓	✓	⚠	✓	✗	✓
B	Saint-Léger-les-Mélèzes	Saint-Léger-les-Mélèzes	✓	✓	✓	⚠	✓	✓	✓

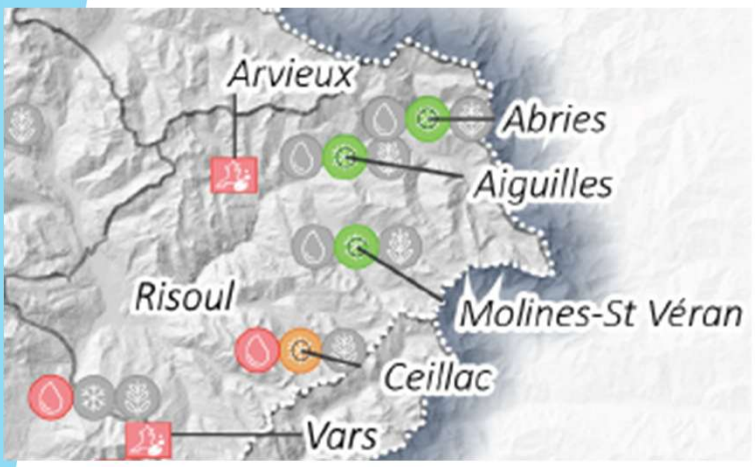




Tableau de synthèse des données collectées :

	Stations (NC)	Communes (AEP)	Synthèse données NC + AEP
Données mensuelles reçues	17	7	6
Données annuelles reçues	1	0	0
Sans réponse	23	48	35
TOTAL	41	55	41

		AEP (Alimentation en Eau Potable)				Production de neige		
		Localisation des captages AEP	Arrêtés Préfectoraux AEP	Synoptique réseau AEP	Statistiques volumes distribués	Localisation des captages neige	Arrêtés Préfectoraux neige	Statistiques des volumes captés
La Salle	les Alpes, Prelles, les Baths"	⚠	✓	✗	⚠	⚠	✓	✓
Réallon	Réallon	⚠	✗	✗	✗	⚠	✓	✓
Isola 2000	Isola	✗	✗	✓	⚠	⚠	✗	✓
Laye	Laye	✗	✗	✗	✗	⚠	✓	✓
Queyras - Abriès	Abriès-Ristolas	✗	✗	✗	✗	⚠	✓	✓
Queyras - Aiguilles	Aiguilles	✗	✗	✗	✗	⚠	✓	✓
Ancelle	Ancelle	✗	✗	✗	✗	⚠	✓	✓
Auron	Saint-Étienne-de-Tinée	✗	✗	✗	✗	⚠	✓	✓
Super Dévoluy	Dévoluy	⚠	✗	✗	⚠	⚠	✗	✓
Montclar	Montclar	⚠	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Queyras - Molines-St Véran	"Molines-en-Queras, Saint Véran"	✗	✗	✗	✗	⚠	✗	✓
Sauze-Super Sauze	Enchastrayes	✗	✗	✗	✗	⚠	✗	✓
Chabanon-Selonnet	Selonnet	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Risoul	Risoul	⚠	✗	✗	⚠	⚠	✗	✗
Montgenèvre	Montgenèvre	✗	✗	✗	✗	⚠	✗	⚠
Sainte-Anne	La Condamine-Châtelard	✗	✗	✗	✗	⚠	✗	⚠
Valberg	"Péone, Guillaume, Beuil"	✗	✗	✗	✗	⚠	✗	⚠
Mt Ventoux - Chalet Reynard	Bédoin	⚠	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Vars	Vars	✗	✗	✗	✗	⚠	✗	✗
Audibergue - Gréolières	Andon	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Crévoux	Crévoux	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Gréolières les neiges	Gréolières	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
La Colmiane	Valdeblore	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Larche	Val d'Oronaye	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Mt Ventoux - Mont Serein	Beaumont-du-Ventoux	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Pelvoux-Vallouise	Vallouise-Pelvoux	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Pra-Loup	Uvernet-Fours	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Queyras - Arvieux	Arvieux	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Roubion les Buisses	Roubion	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Saint-Paul-Sur-Ubaye	Saint-Paul-sur-Ubaye	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Etude CLIM'EAU (2026) - Récolte données 2025-26

Groupe A

Orcières
Serre-Eyraud
Puy-Saint-Vincent (*)

(*) compréhension du bassin versant et des différents réseaux jugés suffisante suite à la réunion en visioconférence

Application de la méthodologie adaptée :

A.1 : Compréhension exhaustive et fiable des besoins naturels et des usages
A.2 : Modélisation hydro-climatique fine sur des bassins versants précisément identifiés
A.3 : Croisement de la somme des besoins naturels et des usages avec la ressource disponible et mise en évidence d'éventuelles tensions (BBNUR)

BBNUR : Bilan (Besoin Naturel + Usages) - Ressource

Groupe B

Ceillac
Les Orres
Saint Michel de Chaillol
Saint Léger les Mélèzes

Application de la méthodologie initiale :

B.1 : Comparaison des Bassins Versants (BV) liés aux captages déclarés vs vérifiés
B.2 : Analyse qualitative des données reçues
B.3 : Modélisation de la ressource annuelle
B.4 : Préconisations pour permettre un niveau d'analyse a minima similaire au groupe A

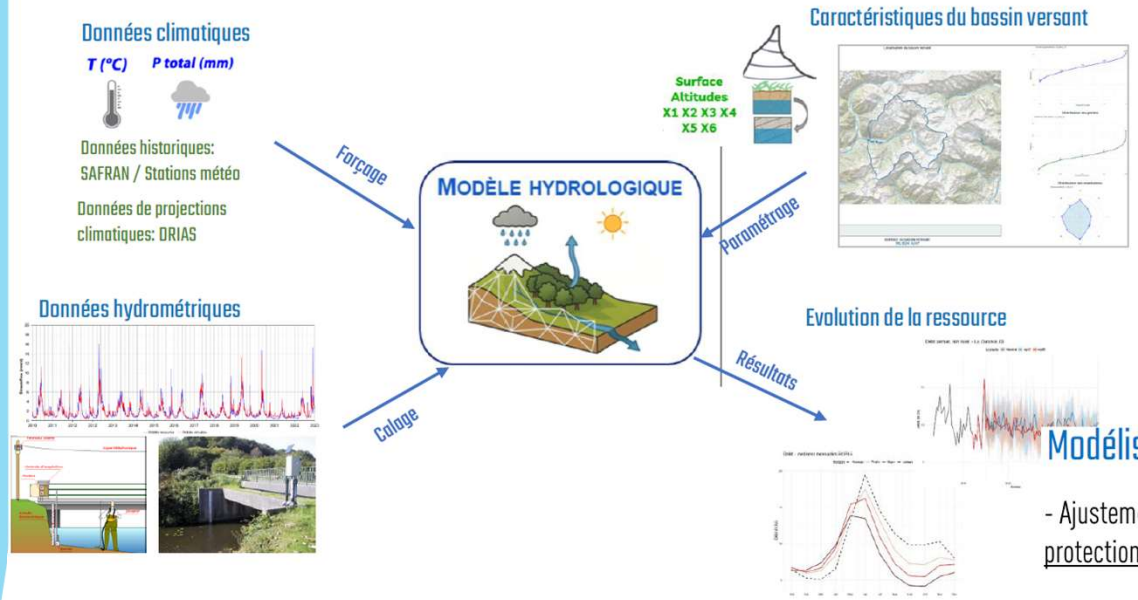
Groupe C

31 stations restantes

C.1 : Analyse qualitative des données reçues
C.2 : Préconisations pour compléter la collecte de données

Etude CLIM'EAU (2026) - Récolte données 2025-26

Présentation de la méthodologie appliquée à l'exemple du Drac

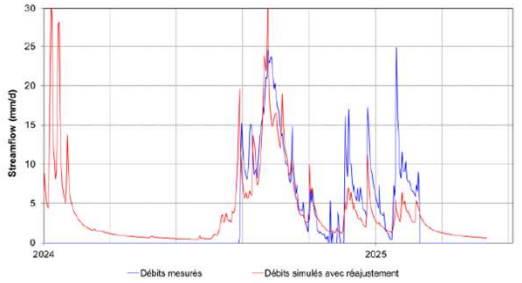


Modélisation locale pour groupe A

- Ajustement des surfaces captées avec localisation précise de chaque captage et prise en compte des périmètres de protection (via analyse des Arrêtés Préfectoraux)

- Modélisation appliquée aux surfaces captées avec prise en compte de l'altitude et des données climatiques locales

- Réajustement des paramètres selon les données mesurées disponibles (ex: stations de mesures, entrants des réservoirs...)



Recalage de la modélisation sur débits mesurés

Etude CLIM'EAU (2026) - Modélisation hydrologique

Résultats de la modélisation hydrologique

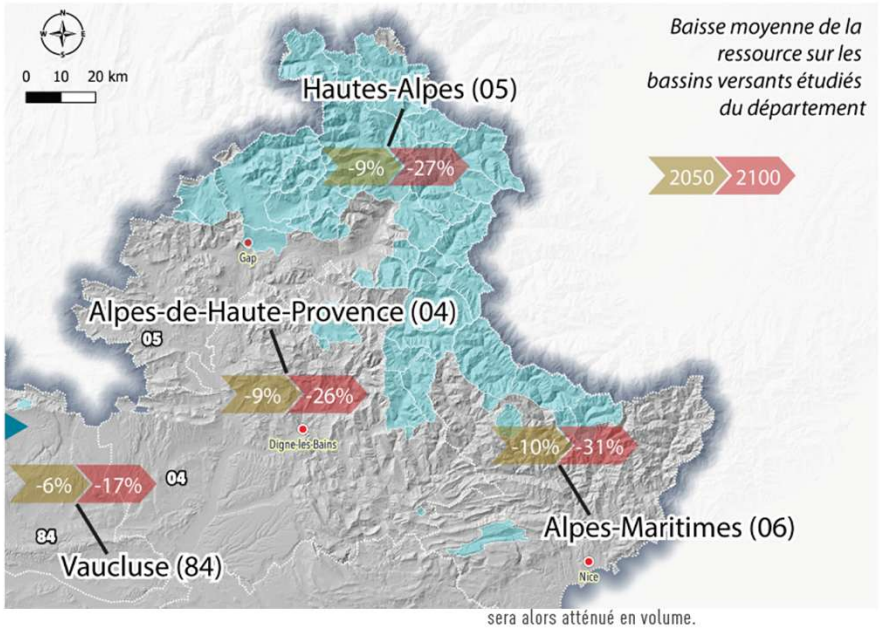
La disponibilité de la ressource en projection climatique, à différents horizons de temps, a été modélisée par la méthode GR4j – CemaNeige sur l'ensemble des bassins versants choisis pour cette étude.

Les horizons de temps retenus sont :



Des statistiques de disponibilité de la ressource en eau sont produites au pas de temps journalier.

L'analyse annuelle permet d'identifier des tendances globales d'évolution de la ressource par département, à partir des bassins-versants de montagne étudiés.

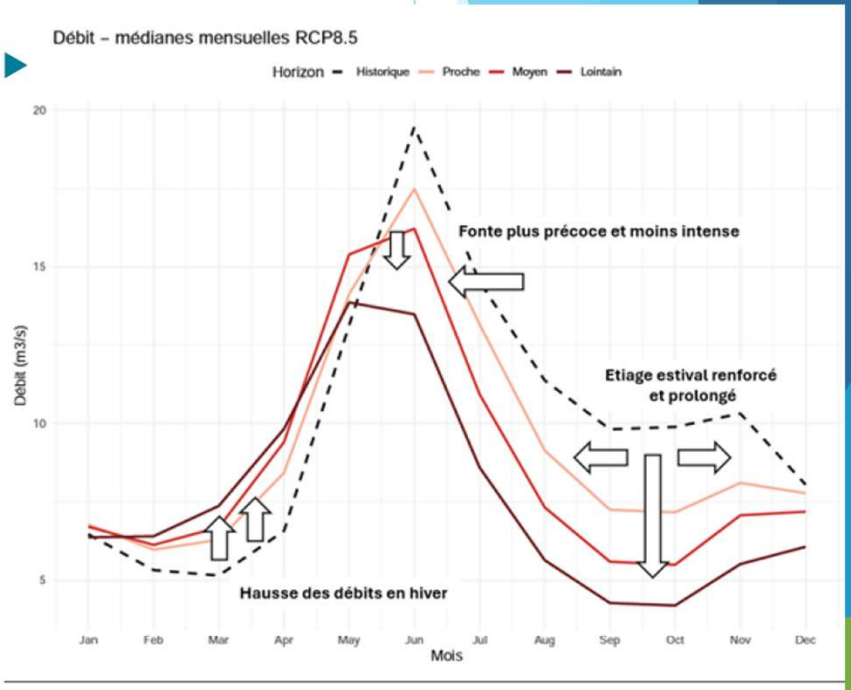


Baisse moyenne de la ressource sur les bassins versants étudiés du département

2050 2100

sera alors atténué en volume.

- En été, la combinaison entre réduction du stock nival, précocité de la fonte, augmentation de l'évapotranspiration, et diminution relative des précipitations, conduira à des déficits hydriques plus marqués et à des étiages plus sévères et prolongés.
- En automne, les débits remonteront progressivement avec les précipitations. Il s'agit d'une période de transition entre l'étiage prolongé et le retour des débits hivernaux.



PÉRIODE HIVERNALE

- Moins de stock de neige
- Débits hivernaux plus soutenus

PÉRIODE PRINTANIÈRE/ESTIVALE

- Fonte plus précoce du stock de neige
- Pic de crue plus tôt et moins important

PÉRIODE ESTIVALE/AUTOMNALE

- Déficits hydriques et sécheresse estivale plus importante
- Étiage prolongé et ressource disponible moins importante

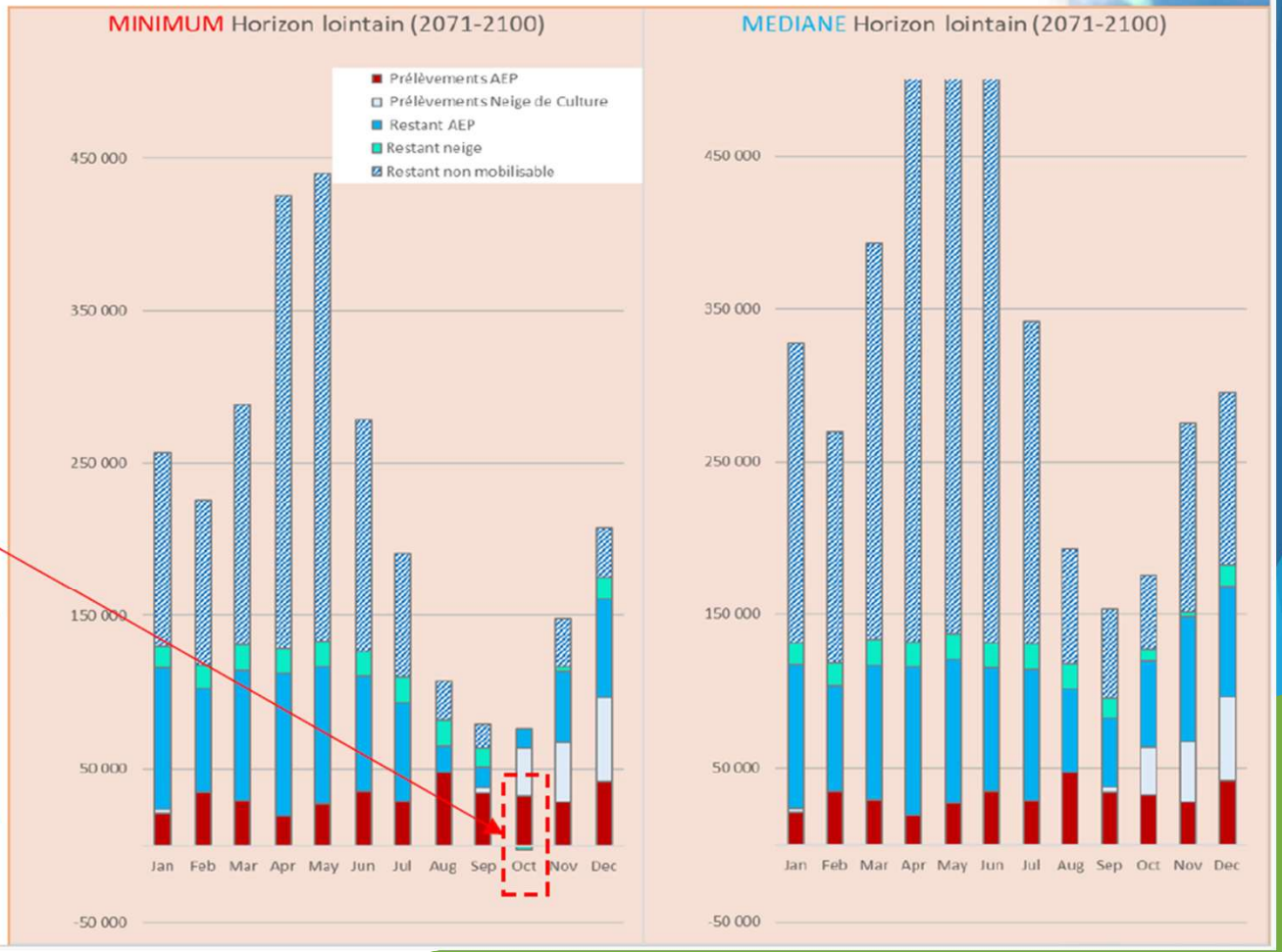
Etude CLIM'EAU (2026) - Croisement Bilan Besoin MA/Usages-Ressource

Croisement : exemple de croisement mensuel (groupe A)



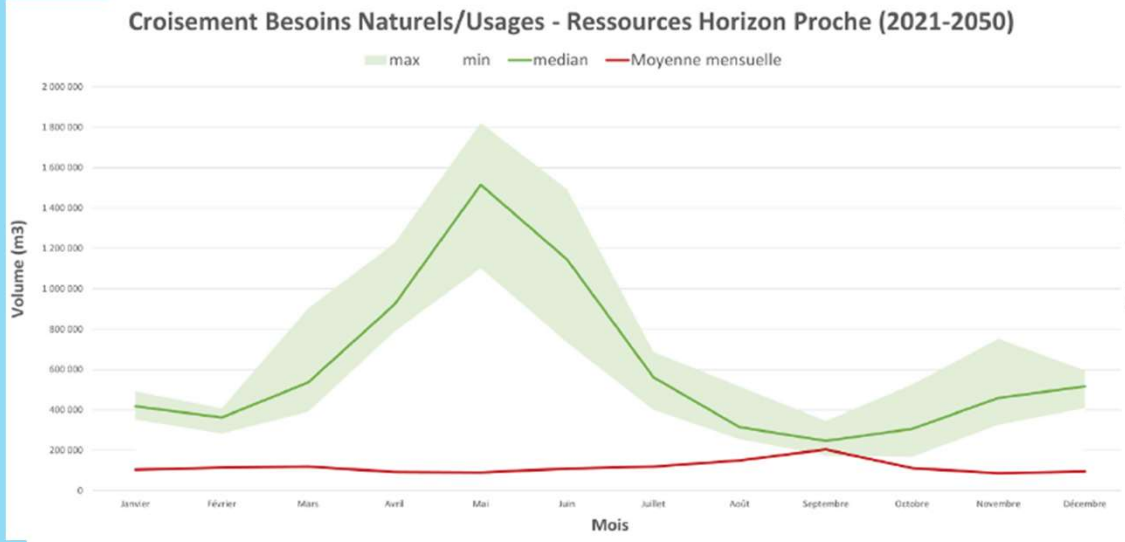
Apparition d'une tension liée à l'usage production de neige à horizon lointain.

Remarque : les limites imposées par les AP de prélèvement d'eau pour la production de neige ne laissent pas beaucoup de marge en cas de besoin supplémentaire.

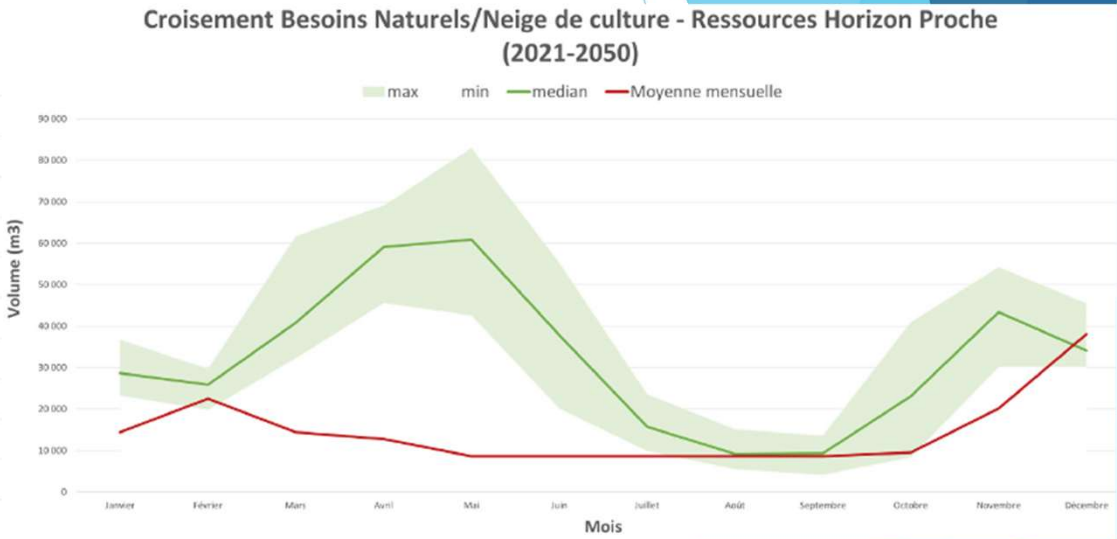


Etude CLIM'EAU (2026) - Résultats

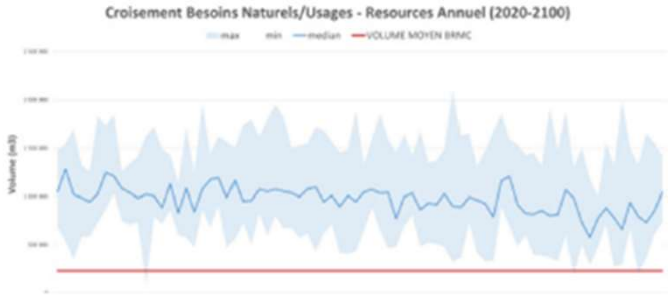
Groupe 1 – Prélèvements AEP et la Neige de culture



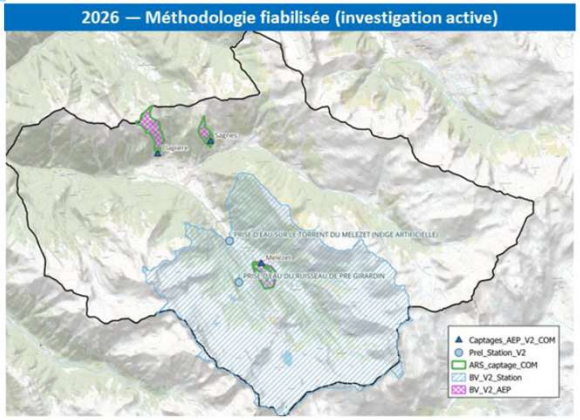
Groupe 2 - Prélèvements Neige de culture



Groupe 3 – aucune donnée reçue, utilisation de la base de données BRMC.



Etude CLIM'EAU (2026) - Résultats - Zoom Ceillac



Bassin versant	Surface AVANT (2025)	Surface APRÈS (2026)	Évolution
AEP (rose)	32,5 km²	1,1 km²	-97 %
Neige (bleu clair)	32,5 km²	32,5 km²	= 0 %

Conclusions pr Ceillac:

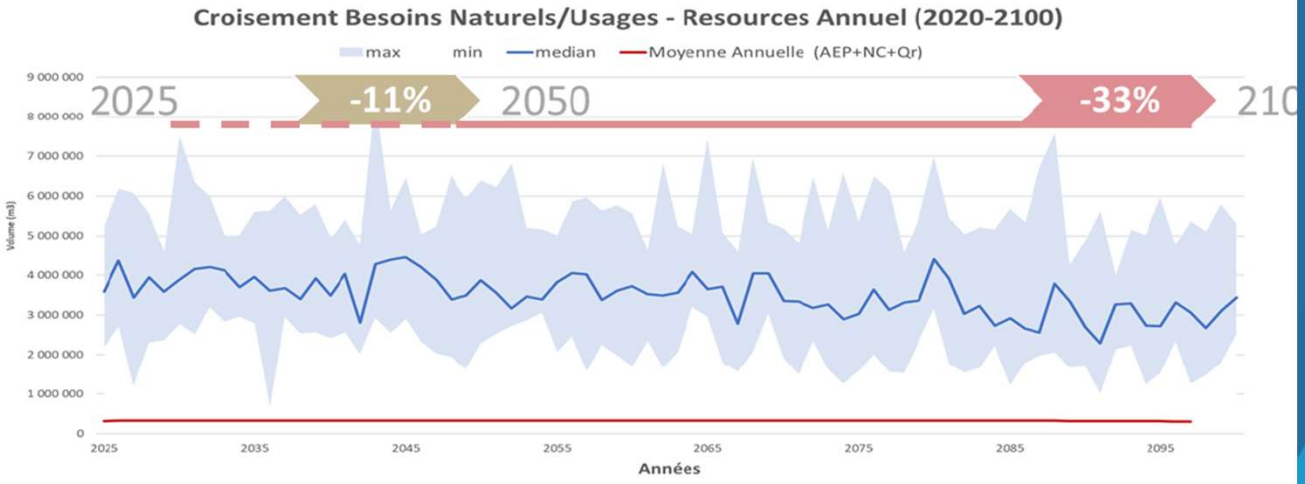
- Affiner la connaissance AEP, NC, Agri

Conclusions pr Arvieux, Molines, Vars, Risoul:

- Investiguer connaissances prélèvements AEP, NC, Agri

6.2.4.4. Ressource disponible annuelle

Ceillac présente la réduction de ressource la plus marquée des stations du Groupe B : –11 % à l'horizon 2050 et –33 % à l'horizon 2100. Ces projections résultent notamment de la situation géographique du bassin versant, exposé à des évolutions climatiques défavorables. Aucune tension n'est identifiable à l'échelle annuelle sur la base des données actuellement disponibles.



6.2.4.5. Préconisations

Usages	Préconisations
Eau potable	Collecter les données de distribution disponibles mensuellement depuis 2020.
Neige de culture	Prendre contact avec l'exploitant pour fiabiliser les données collectées.
Débit réservé	Prendre en compte les débits réservés identifiés dans les arrêtés préfectoraux, principalement pour les captages de surface.
Agriculture	L'usage agricole est avéré sur ce territoire, via une de l'aspersion et du pâturage. Pour l'aspersion, trouver les mesures de volumes prélevés s'ils existent, compléter l'instrumentation sinon. Pour le pâturage, déterminer le type et nombre de bêtes, leur consommation journalière et leurs périodes de présence.

Etude CLIM'EAU - Suites et perspectives

- Volonté de la Région SUD de poursuivre une phase 2 CLIM'EAU
- Limite de l'exercice CLIM'Eau: échelle étude; implication partenaires et acteurs locaux, meilleure définition des besoins milieux: pas que Qréservé, mais voir EVP…; intégration des besoins agricoles
- Etude à développer à échelle locale avec meilleure implication des partenaires locaux
- Choix de la Région SUD de cibler des territoires par priorité de moyen:
  - Site JOP2030
  - Stations prioritaires (dont Ceillac)
  - Poursuite diagnostic connaissances sur autres stations
- Besoin d'une connaissance fine des prélèvements/usages par territoire et suivi de la ressource en eau