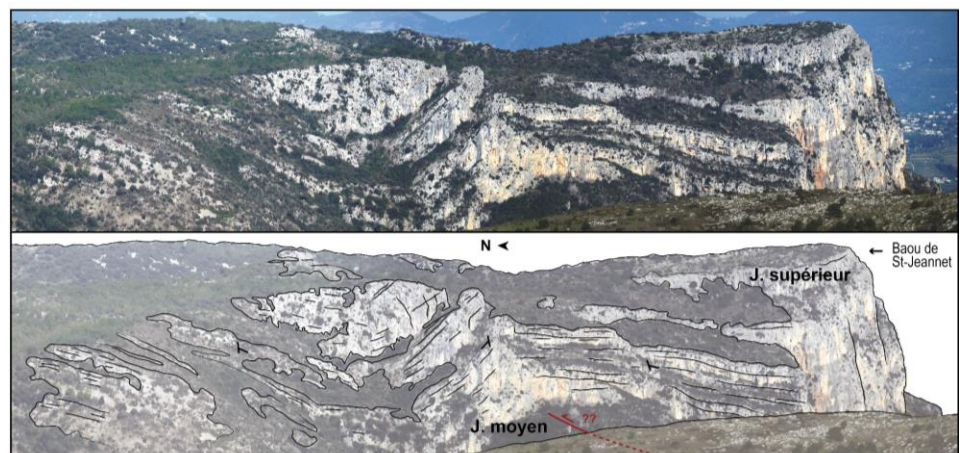


Projet HYRKAAM

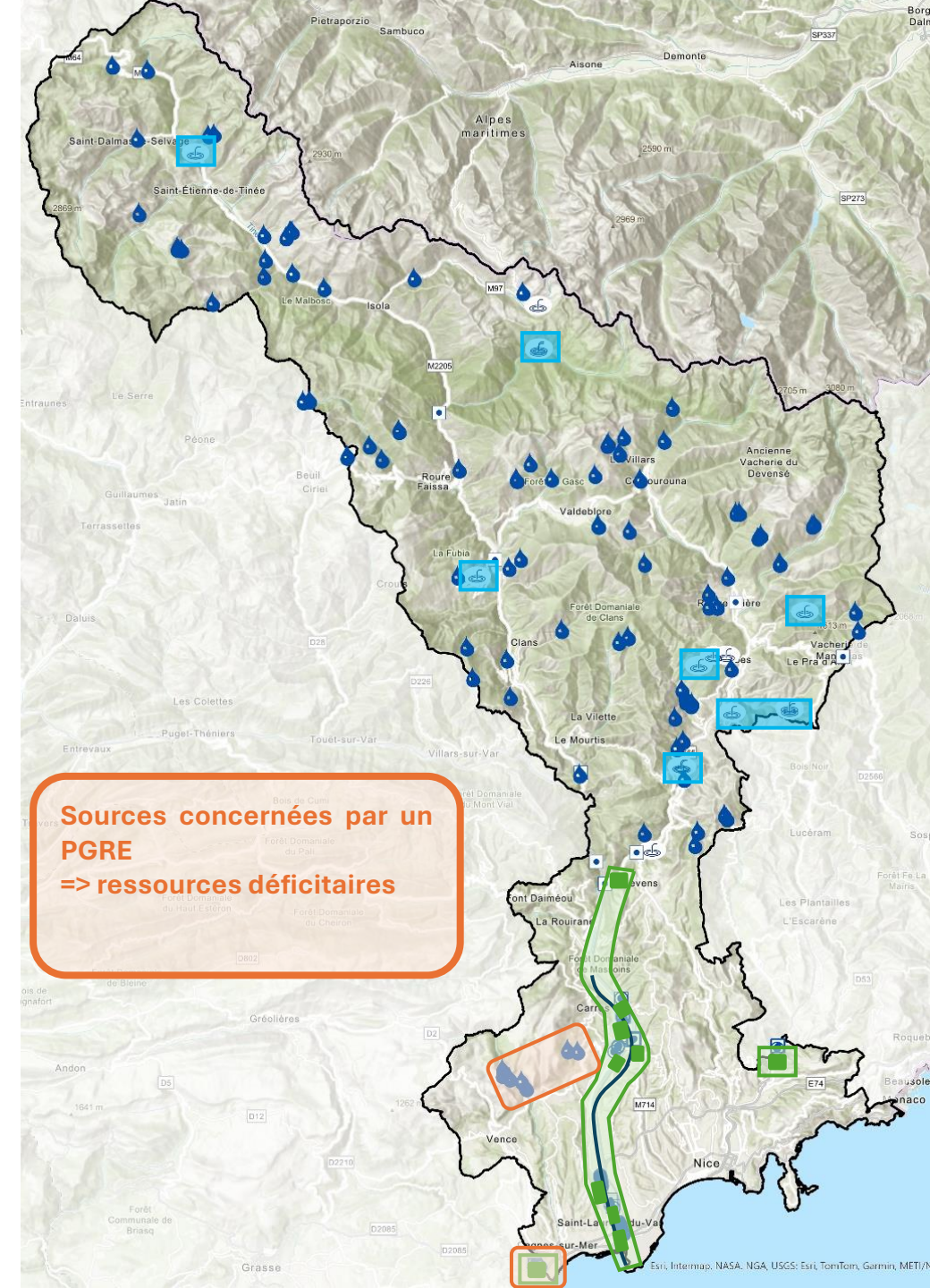
HYdrogéologie des Réservoirs KARstiques entre les préAlpes et la Méditerranée

Caractérisation pluridisciplinaire des réservoirs, des circulations et de la vulnérabilité de la ressource.



☐ EAU d'AZUR :

- Régie publique (EPIC) eau potable et assainissement
- 51 communes - 550 000 habitants et 176 000 abonnés AEP
- De la montagne à la mer... de 3 143 m à 0 m d'altitude
- 130 points de captage
- 63 millions de m³ prélevés en 2024



❑ Disponibilité et Qualité des ressources en eau dans les Alpes méditerranéennes

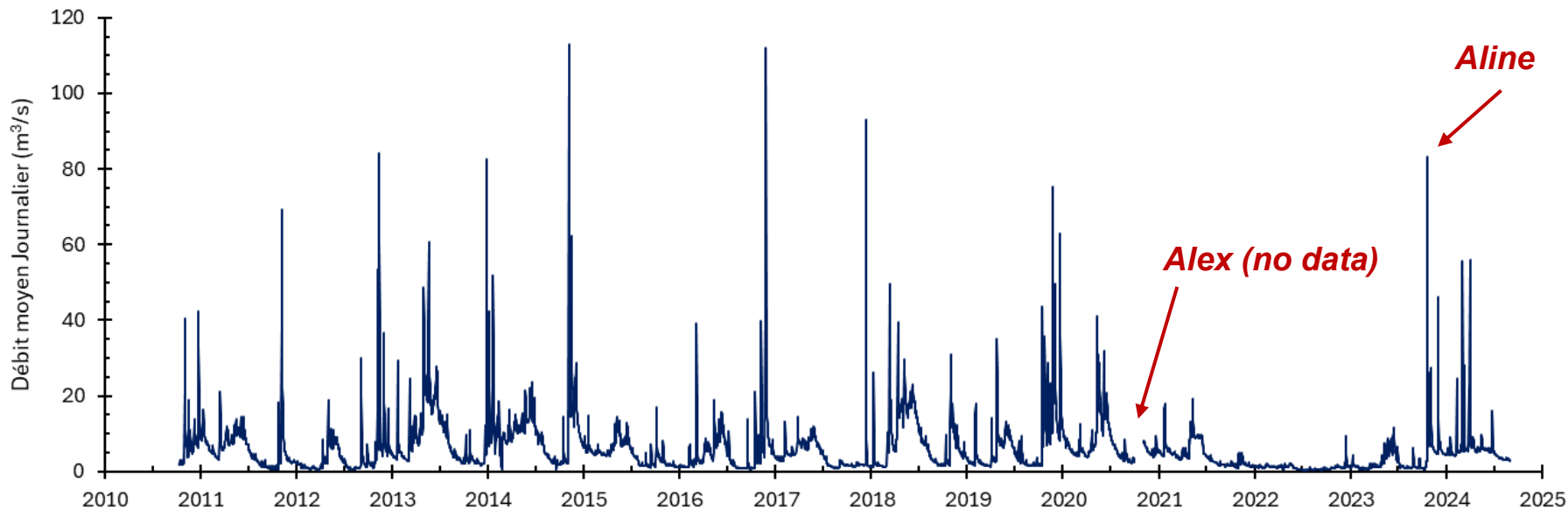
➔ Ressources en eau de surface (e.g. Vésubie)

Forte **vulnérabilité face aux évènements hydrologiques extrêmes**

- **Crues avec de forte charge sédimentaire :**
→ Obstruction des prises d'eau sur rivière



Saint-Martin-Vésubie (10/10/2020): après la tempête Alex. (DYLAN MEIFFRET / MAXPPP)



□ Disponibilité et Qualité des ressources en eau dans les Alpes méditerranéennes

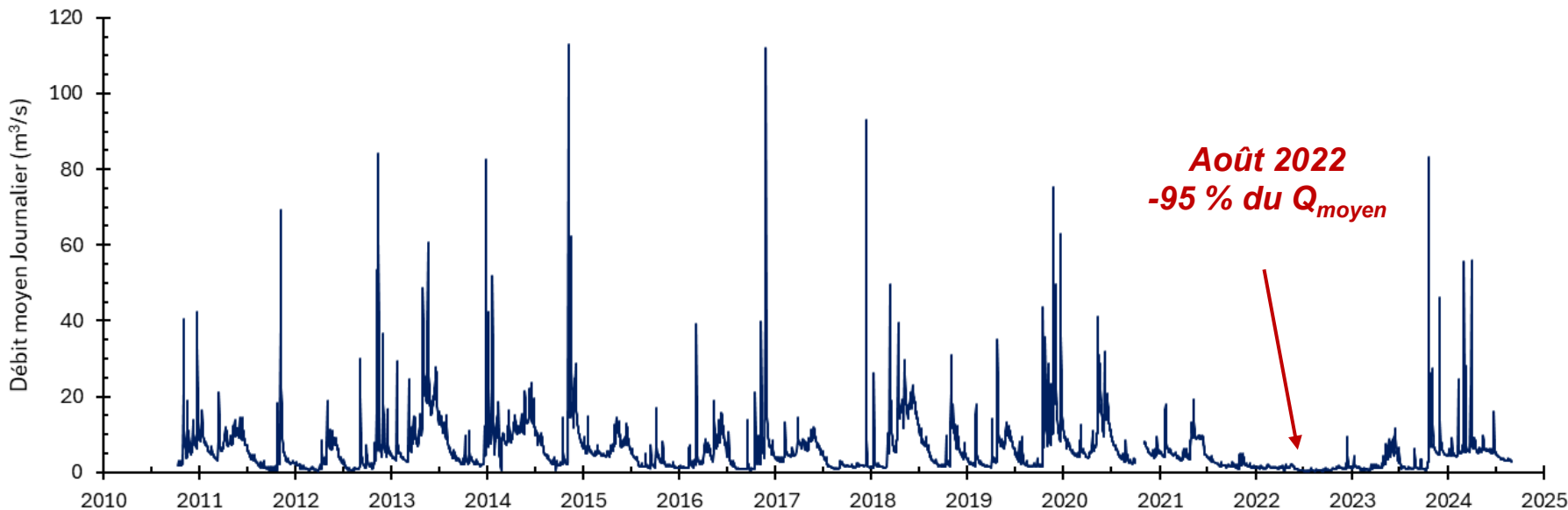
➔ Ressources en eau de surface (e.g. Vésubie)

Forte **vulnérabilité face aux événements hydrologiques extrêmes**

- **Crues avec de forte charge sédimentaire :**
➔ Obstruction des prises d'eau sur rivière
- **Sécheresse sévère :**
➔ Baisse du débit et disparition de la ressource superficielle

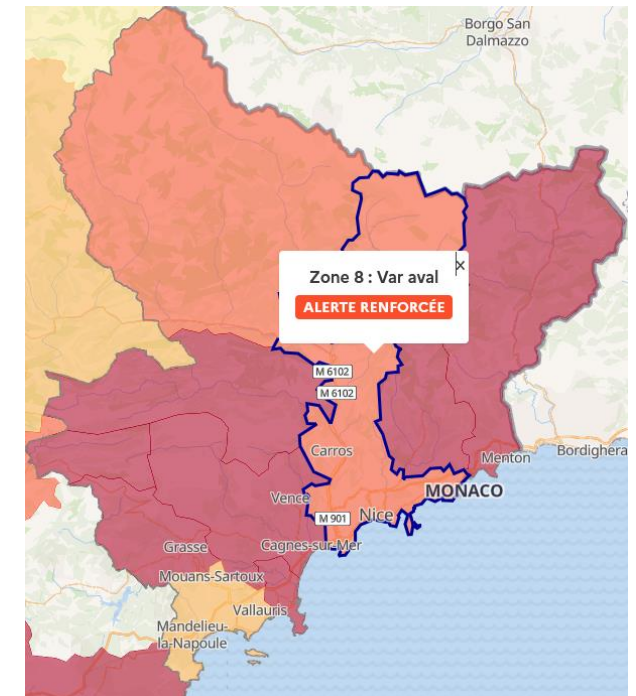


Lac du Broc - novembre 2022



Data Banque Hydro (La Vésubie à Utelle)

Restriction fin août 2022



<https://vigieau.gouv.fr/donnees/carte-historique>

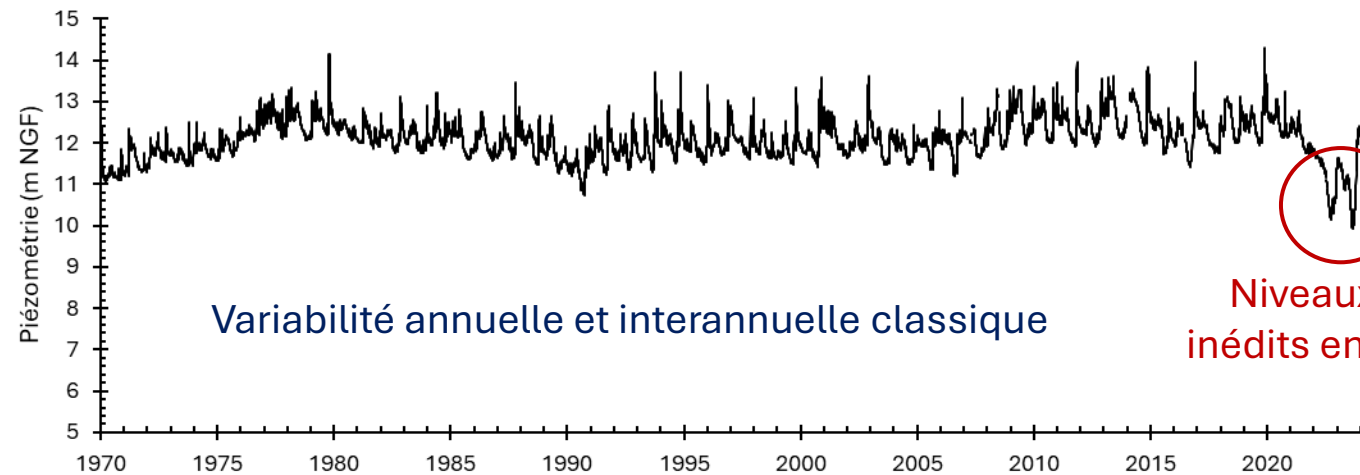
□ Disponibilité et Qualité des ressources en eau dans les Alpes méditerranéennes

➔ Ressources en eau souterraine

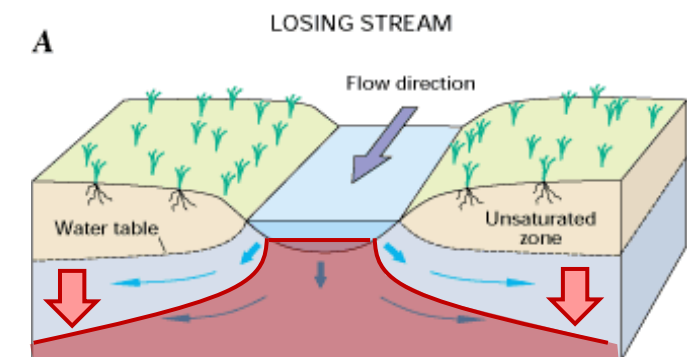
Par nature, moins vulnérables aux sécheresses, mais

- **Aquifère alluvial Quaternaire de la Basse Vallée du Var**

Niveau statique - Piézomètre NICE - STADE DES ARBORAS (P4B)



Interactions rivière → nappe



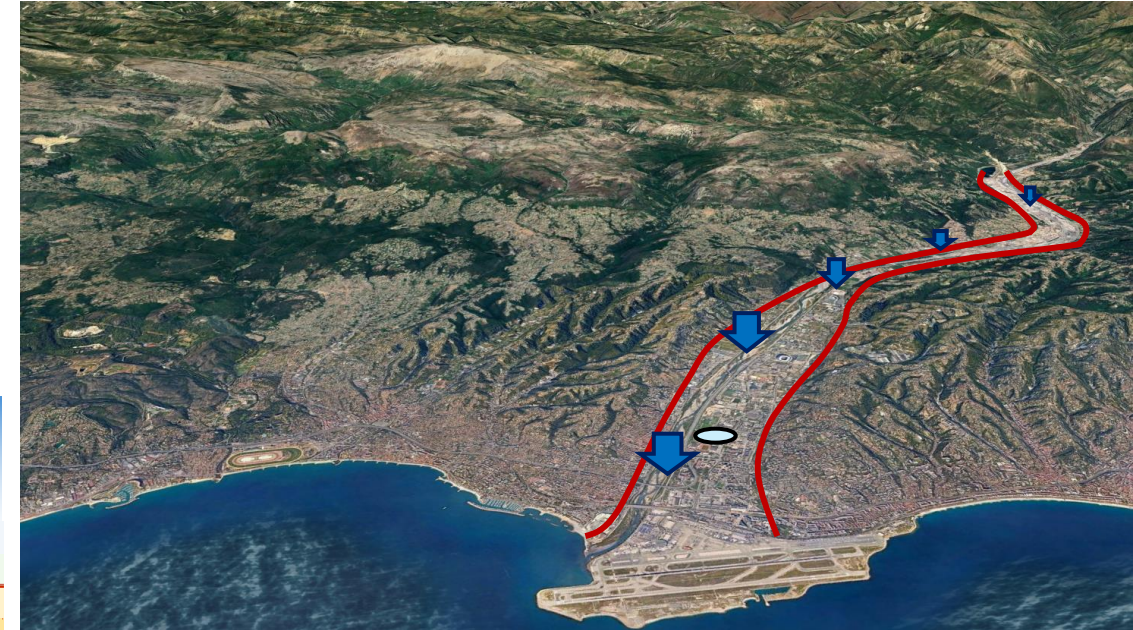
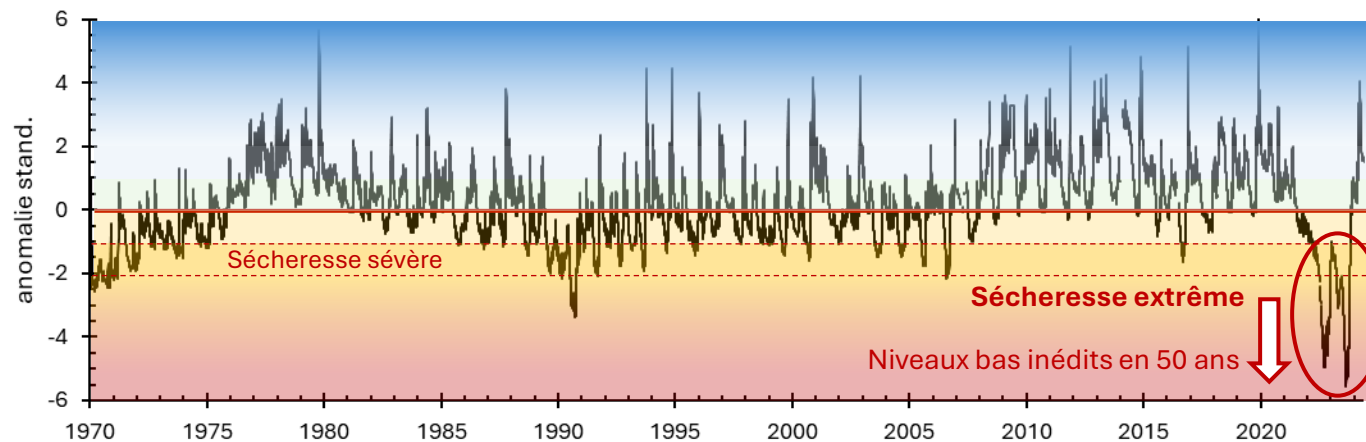
□ Disponibilité et Qualité des ressources en eau dans les Alpes méditerranéennes

➔ Ressources en eau souterraine

Par nature, moins vulnérables aux sécheresses, mais

- **Aquifère alluvial Quaternaire de la Basse Vallée du Var**

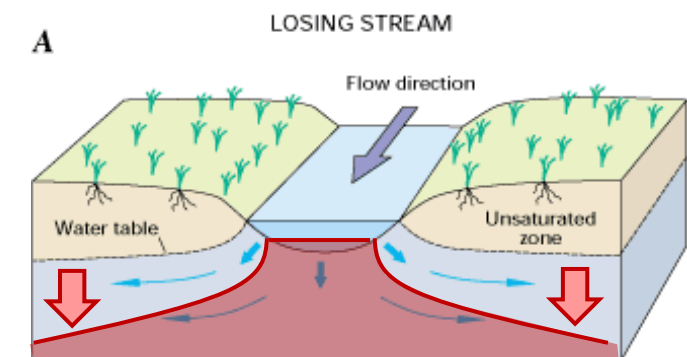
Anomalie Standardisée (vs 1980-2010 period) - Piézomètre NICE - STADE DES ARBORAS (P4B)



Baisse brutale de la disponibilité de la ressource en eau souterraine

➔ forte vulnérabilité face aux sécheresses extrêmes et pluriannuelles

Interactions rivière → nappe

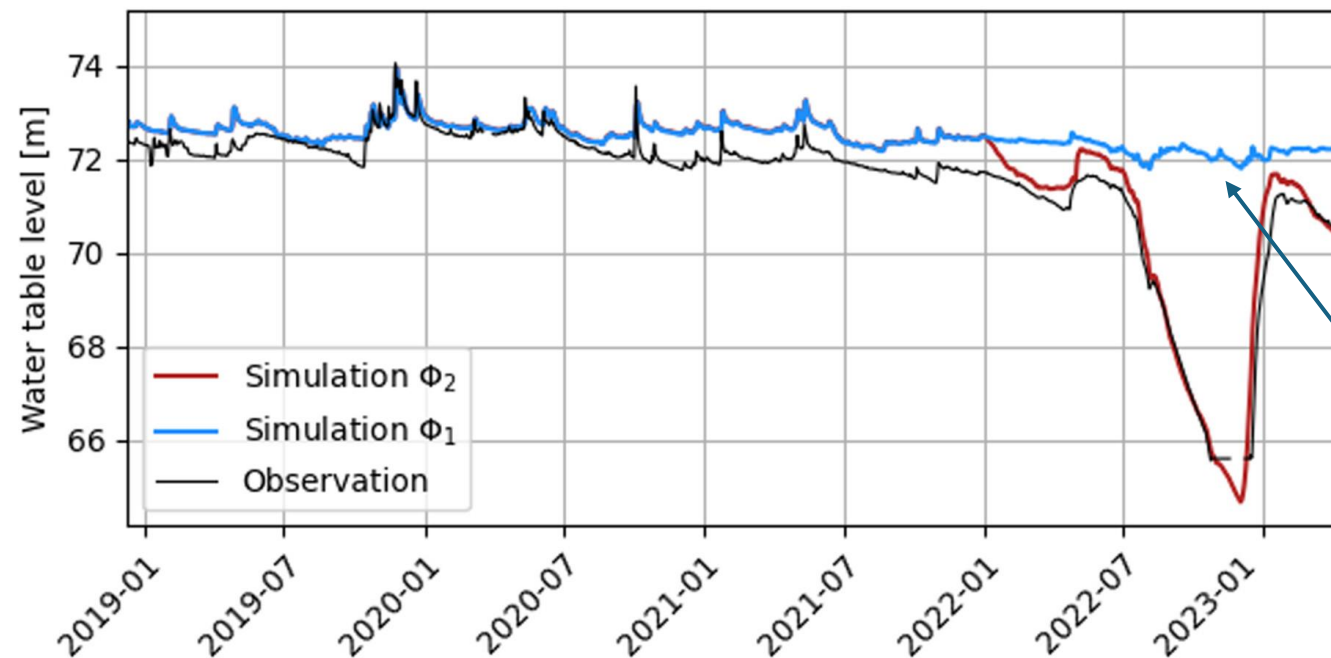


□ Disponibilité et Qualité des ressources en eau dans les Alpes méditerranéennes

➔ Ressources en eau souterraine

Par nature, moins vulnérables aux sécheresses, mais

- Aquifère alluvial Quaternaire de la Basse Vallée du Var



Picourlat et al. 2025



Modélisation AquaVAR (Du, 2016; Ma, 2018):

Les principaux mécanismes de recharge modélisés, opérant pour des niveaux « normaux », n'ont pas permis de reproduire la chute brutale des niveaux d'eau.

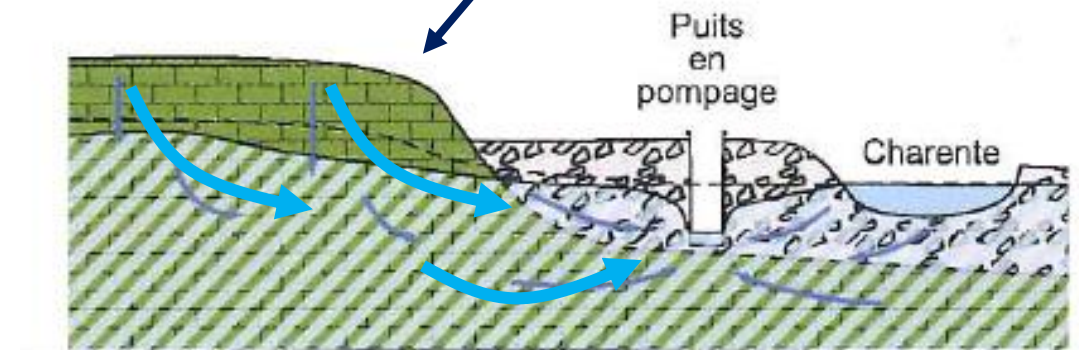
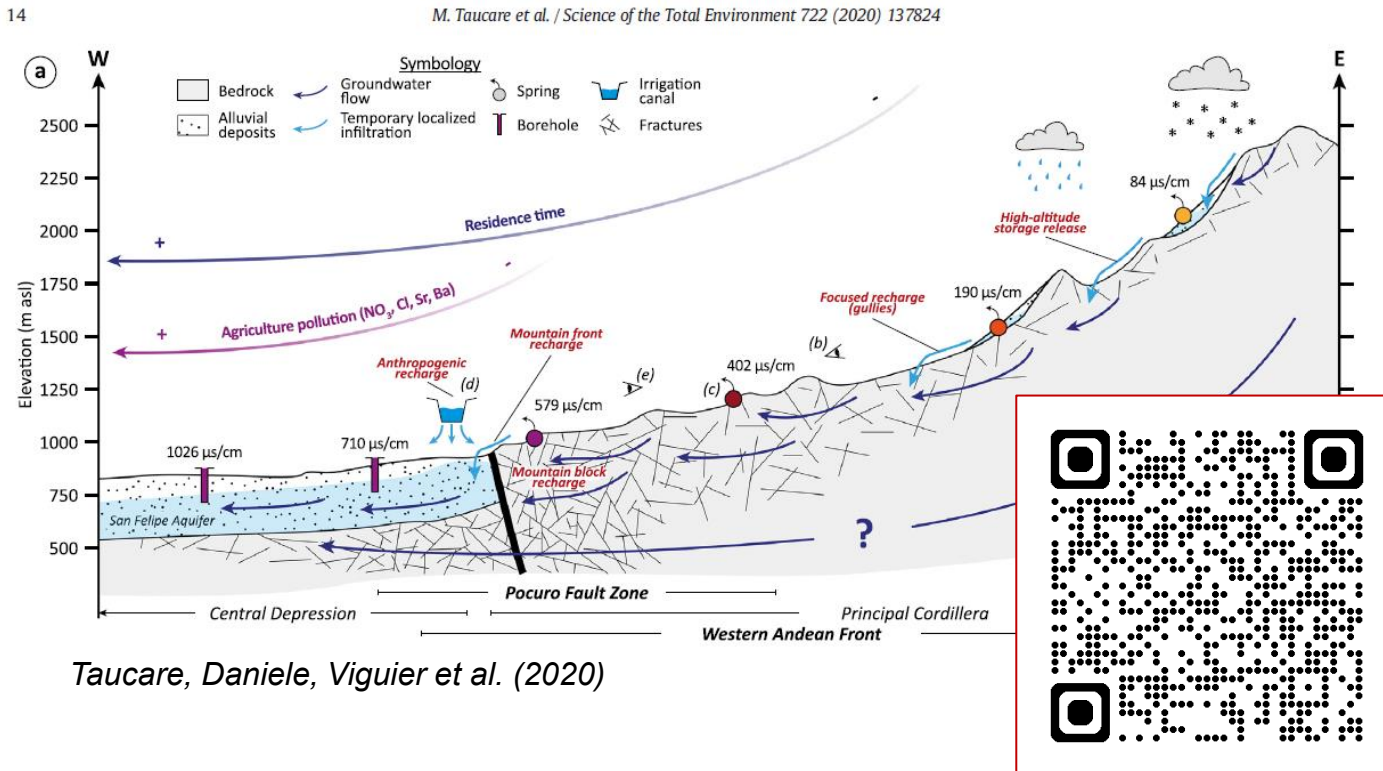
[échange rivière-nappe → projet AIO (ADEME)]

➔ Quels sont les autres mécanismes de recharge pouvant contribuer au renouvellement de la recharge des nappes ?

□ Disponibilité et Qualité des ressources en eau dans les Alpes méditerranéennes

Mécanismes de recharge via les réservoirs montagneux adjacents: *Mountain Block Recharge*

Littérature internationale : e.g. Wilson and Guan, 2004; Markovich et al., 2019; Walter et al., 2019 ; Taucare et al., 2020; Figueroa, R., Viguiet, B., et al., 2021

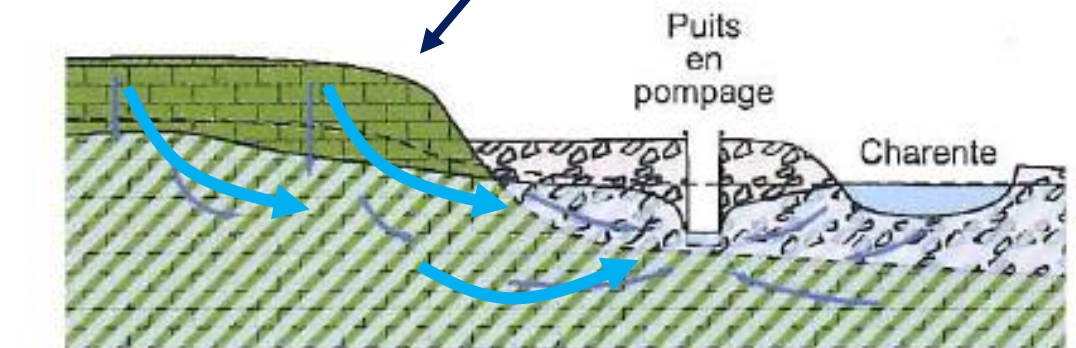


□ Disponibilité et Qualité des ressources en eau dans les Alpes méditerranéennes

Mécanismes de recharge via les réservoirs montagneux adjacents: *Mountain Block Recharge*

Littérature internationale : e.g. Wilson and Guan, 2004; Markovich et al., 2019; Walter et al., 2019 ; Taucare et al., 2020; Figueroa, R., Viguiier, B., et al., 2021

- **moins sensible** à la variabilité climatique, provient des transferts souterrains depuis le compartiment montagneux.
- Circulations souvent **écartées des modèles hydrogéologiques** en raison de flux « invisibles » depuis la surface et de la **complexité des réservoirs** dans les chaînes de montagne (aquifères hétérogènes complexes).
- Peuvent représenter jusqu'à 50 % de la recharge des nappes adjacentes.



□ Disponibilité et Qualité des ressources en eau dans les Alpes méditerranéennes

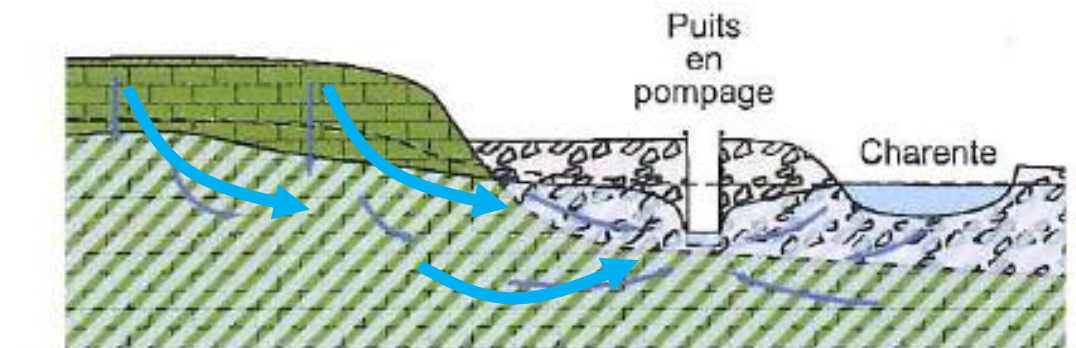
Mécanismes de recharge via les réservoirs montagneux adjacents: *Mountain Block Recharge*

□ Dans la Basse Vallée du Var :

Guglielmi et al. (1998), Potot (2011) : importance des systèmes hydrogéologiques latéraux dans le renouvellement des ressources en eau des plaines alluviales quaternaires

→ Contribution $\approx 20 - 30 \%$

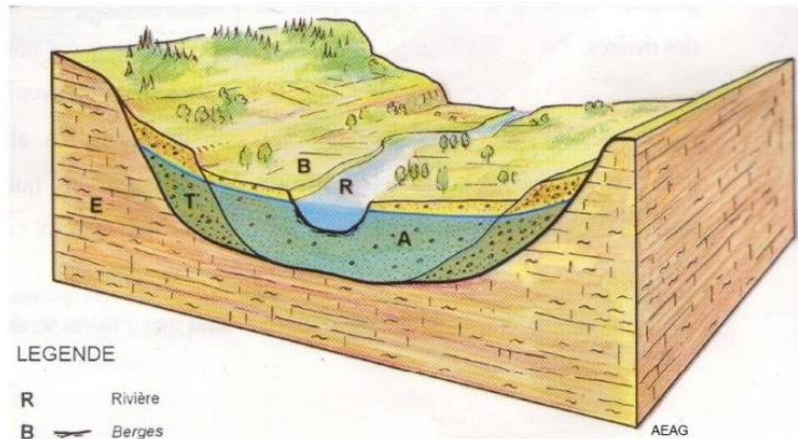
→ En période de sécheresses prolongées... % supérieur ?



❑ Verrou scientifique et perspectives de recherche appliquée :

➔ Quelle interconnectivité des réservoirs aquifères ??

- Aquifère alluvial Quaternaire (Basse Vallée du Var, Loup etc.)

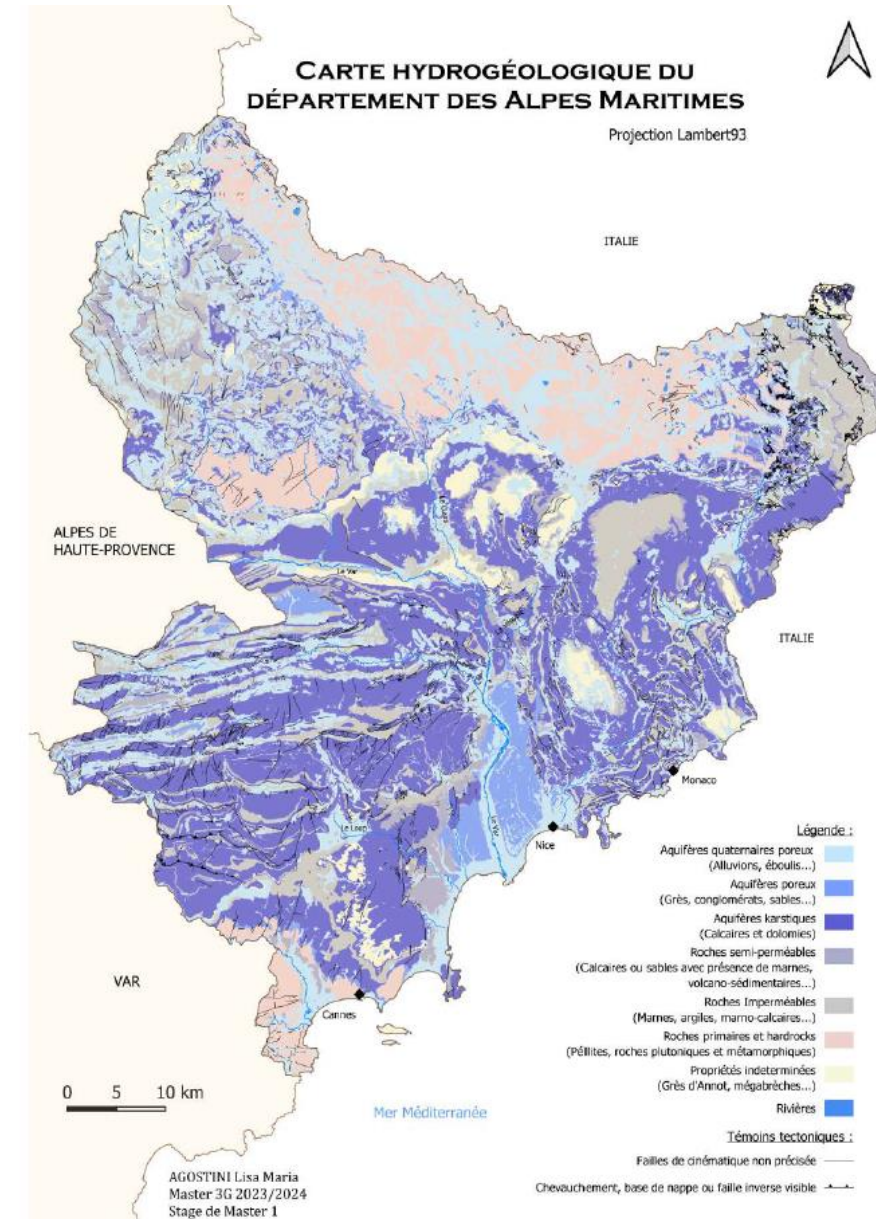


LEGENDE

- R Rivière
- B Berges
- A Alluvions
- T Terrasses
- E Terrains encaissants



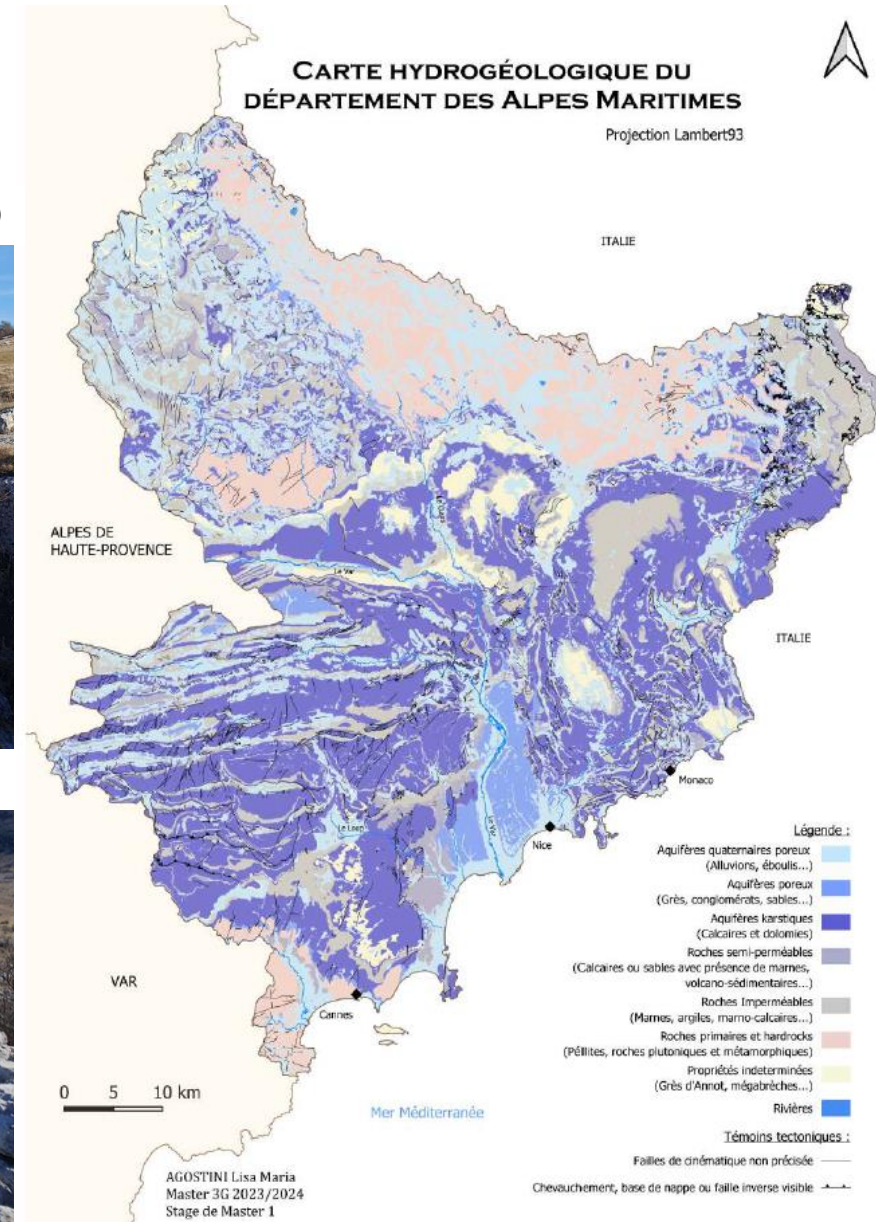
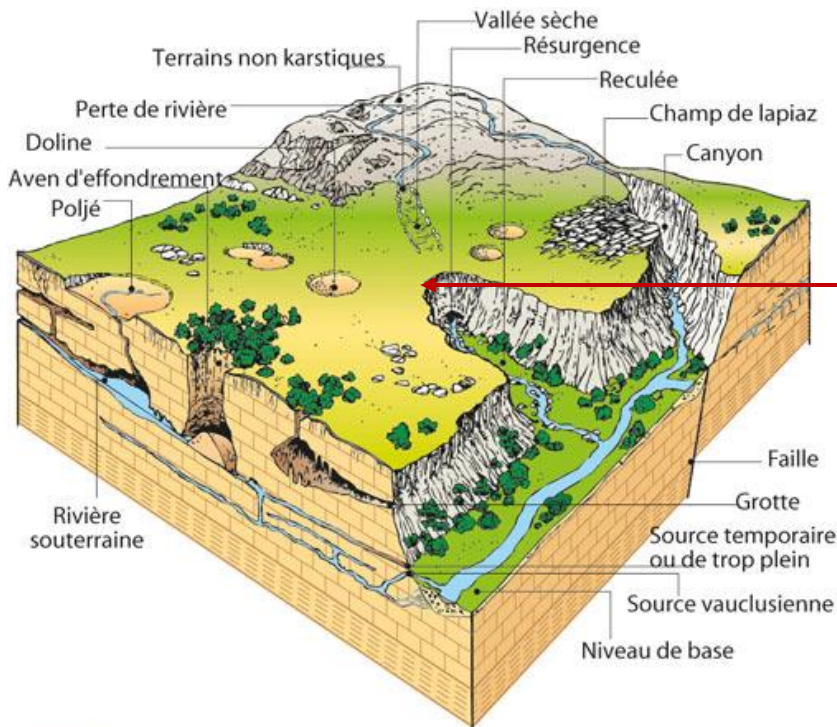
Lac du Broc dans le lit sédimentaire du Var



❑ Verrou scientifique et perspectives de recherche appliquée :

➔ Quelle interconnectivité des réservoirs aquifères ??

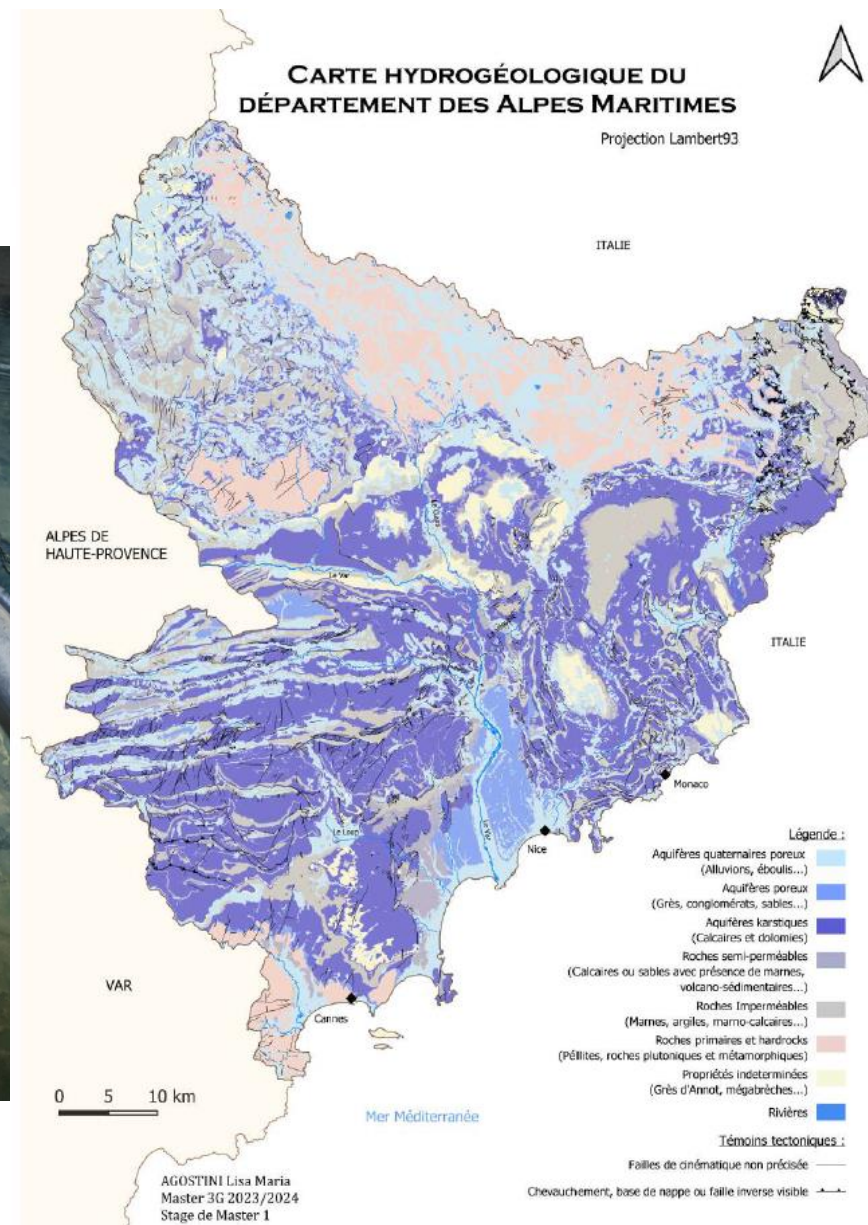
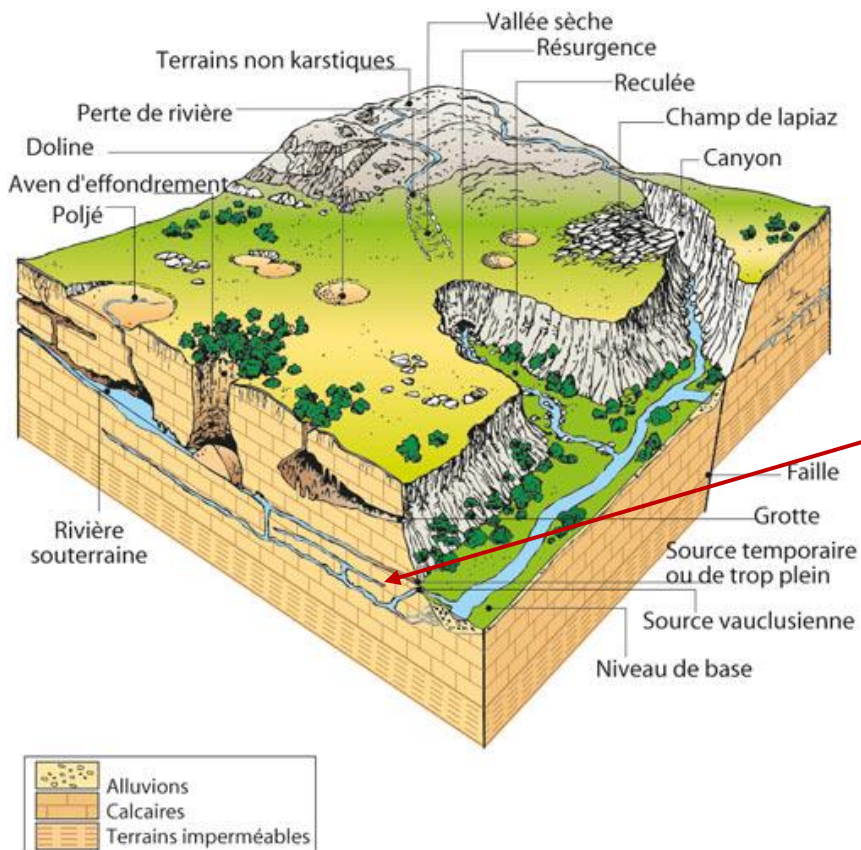
• **Le Karst :**



❑ Verrou scientifique et perspectives de recherche appliquée :

➔ Quelle interconnectivité des réservoirs aquifères ??

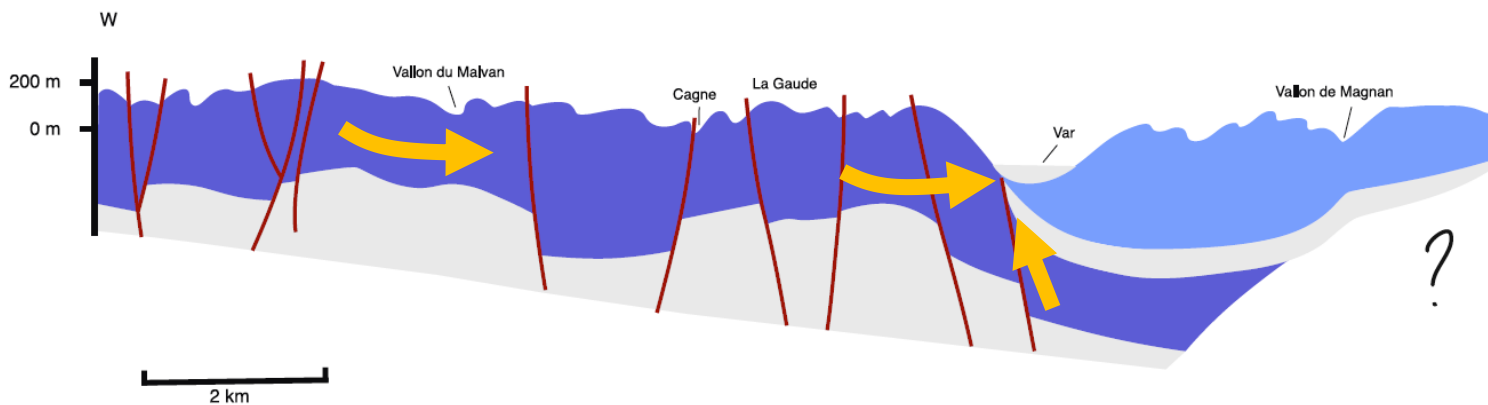
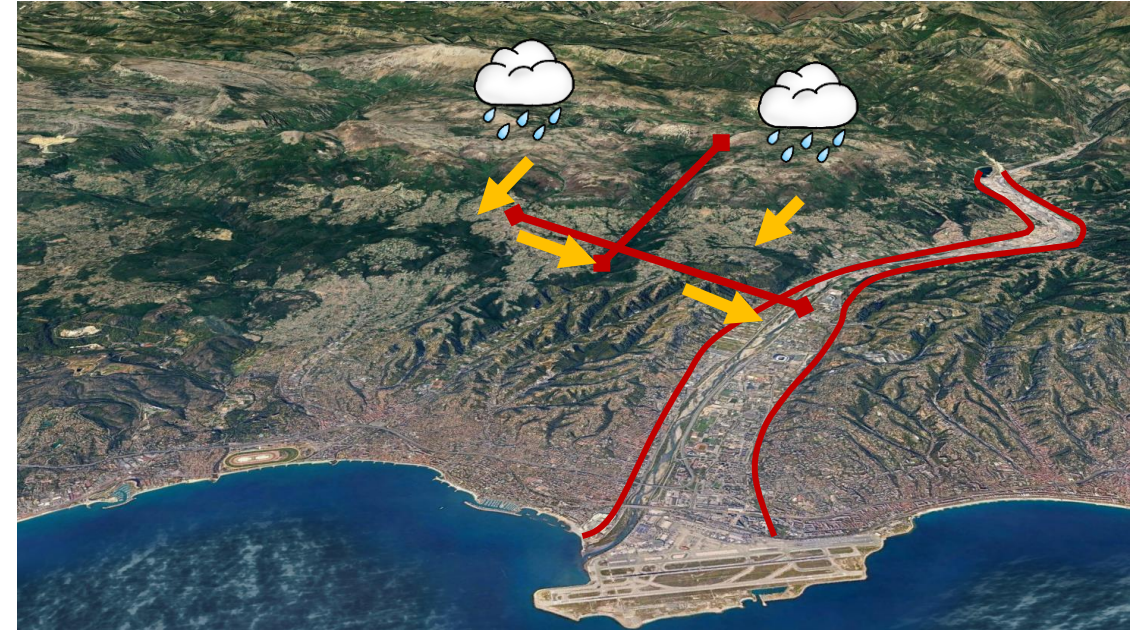
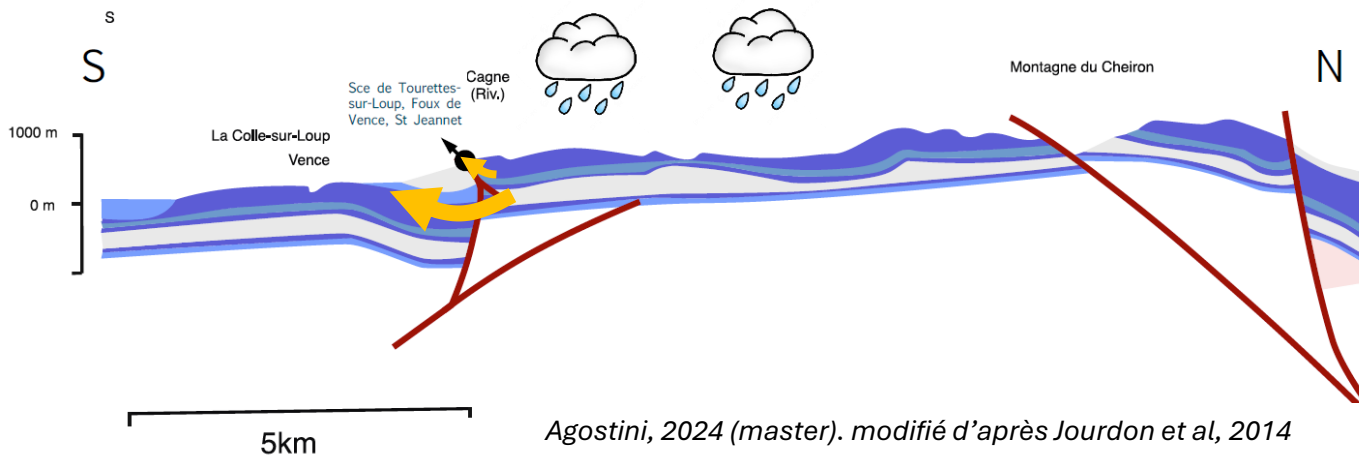
• **Le Karst :**



□ Verrou scientifique et perspectives de recherche appliquée :

→ Quelle interconnectivité des réservoirs aquifères ??

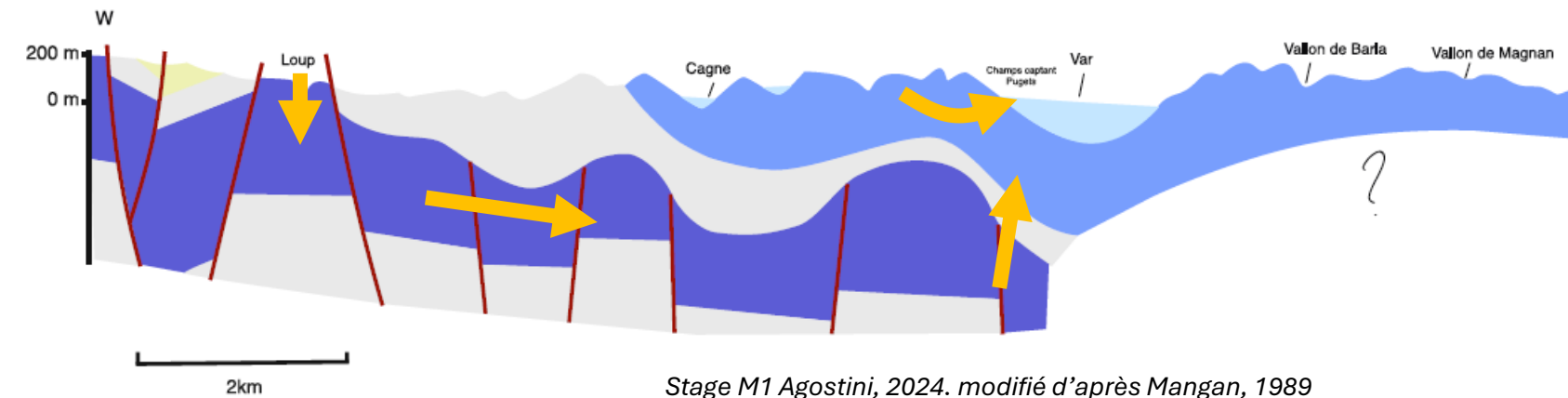
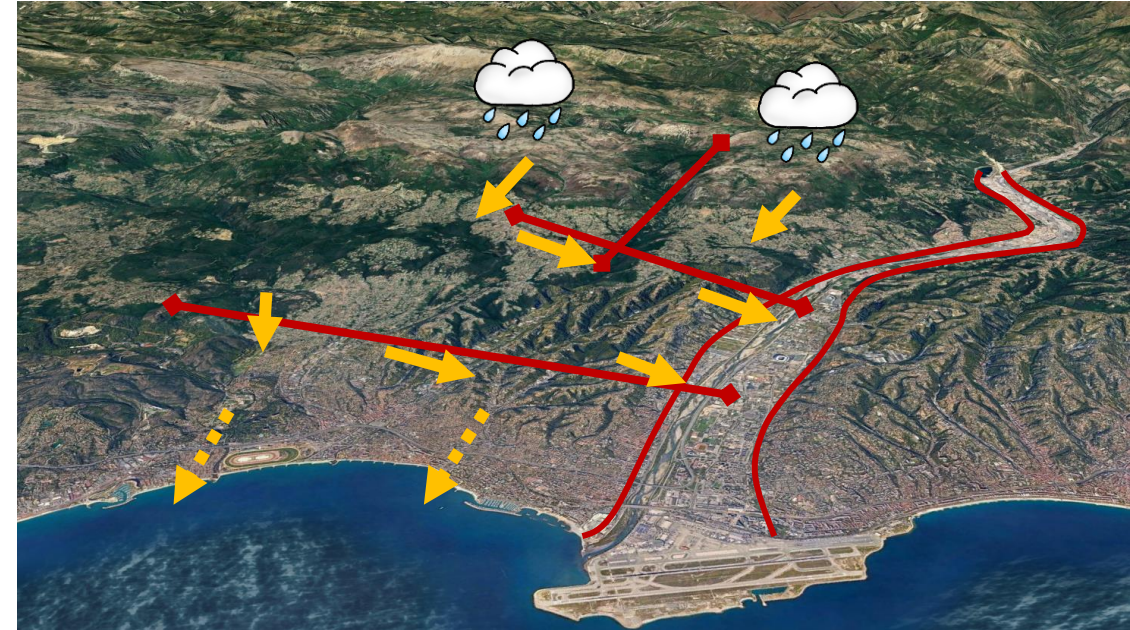
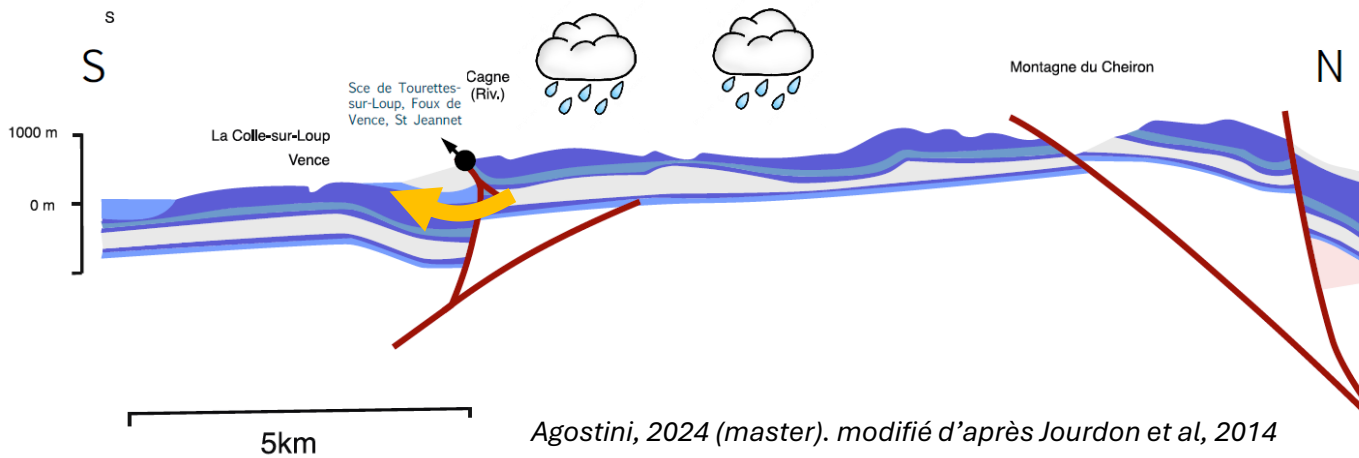
- Connexion entre moyen pays et avant pays



□ Verrou scientifique et perspectives de recherche appliquée :

→ Quelle interconnectivité des réservoirs aquifères ??

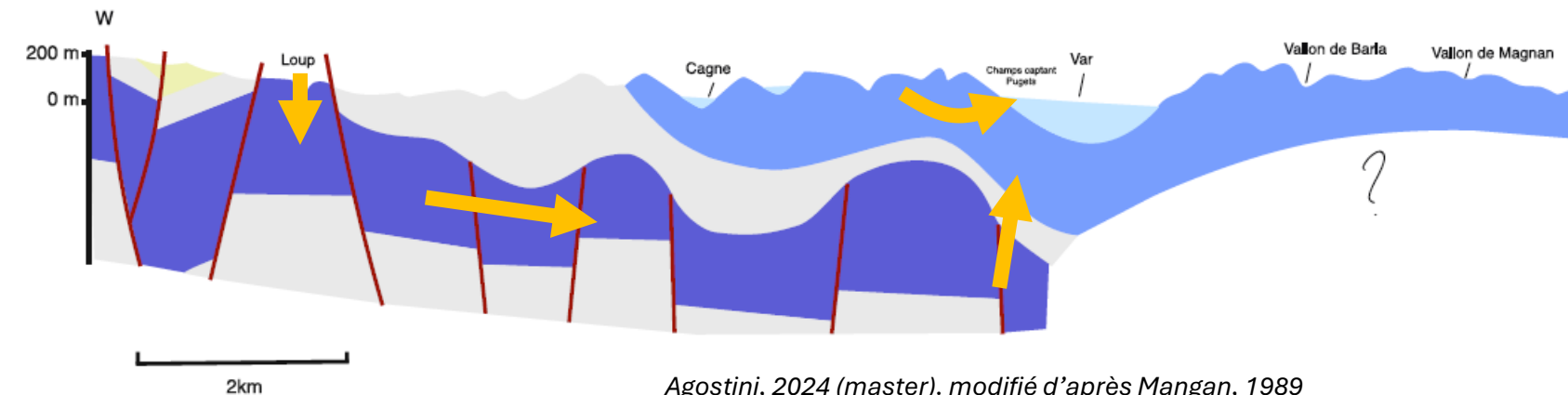
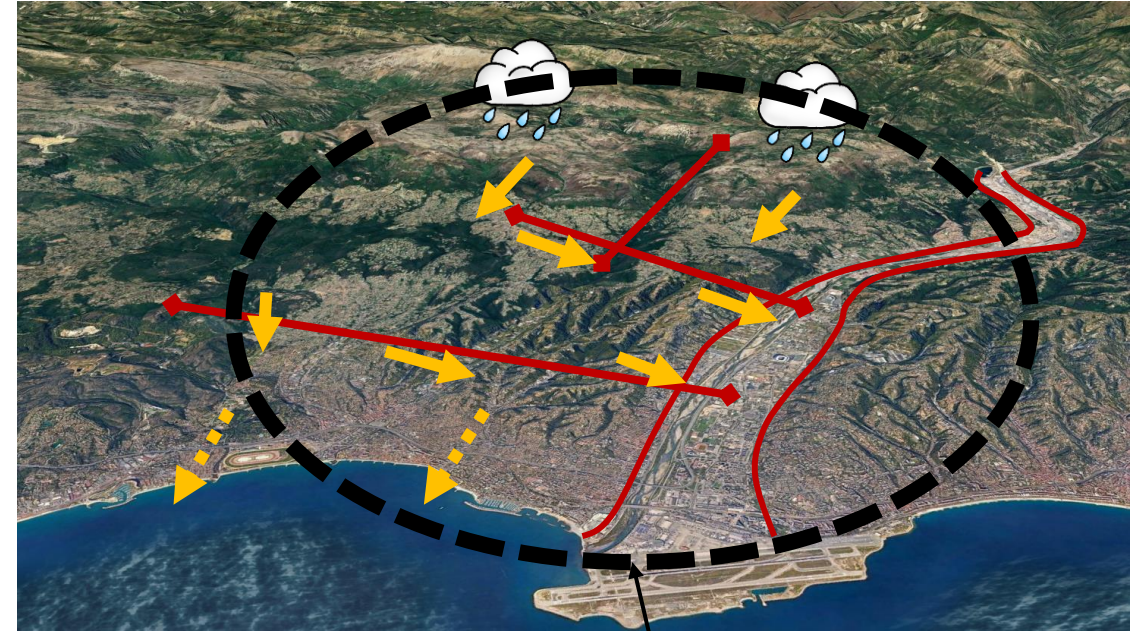
- Potentielles connexion entre moyen pays et avant pays



❑ Verrou scientifique et perspectives de recherche appliquée :

➔ Quelle interconnectivité des réservoirs aquifères ??

- Connexion entre moyen pays et avant pays ?
- ➔ Améliorer les connaissances sur la géométrie et l'organisation des réservoirs.
- ➔ La recharge et l'origine des circulations d'eaux souterraines profondes.



Agostini, 2024 (master). modifié d'après Mangan, 1989

➔ Bassin d'alimentation potentielle des captages

➔ Inclus périmètre AquaVar et AquaCagne

Lancement en octobre 2025

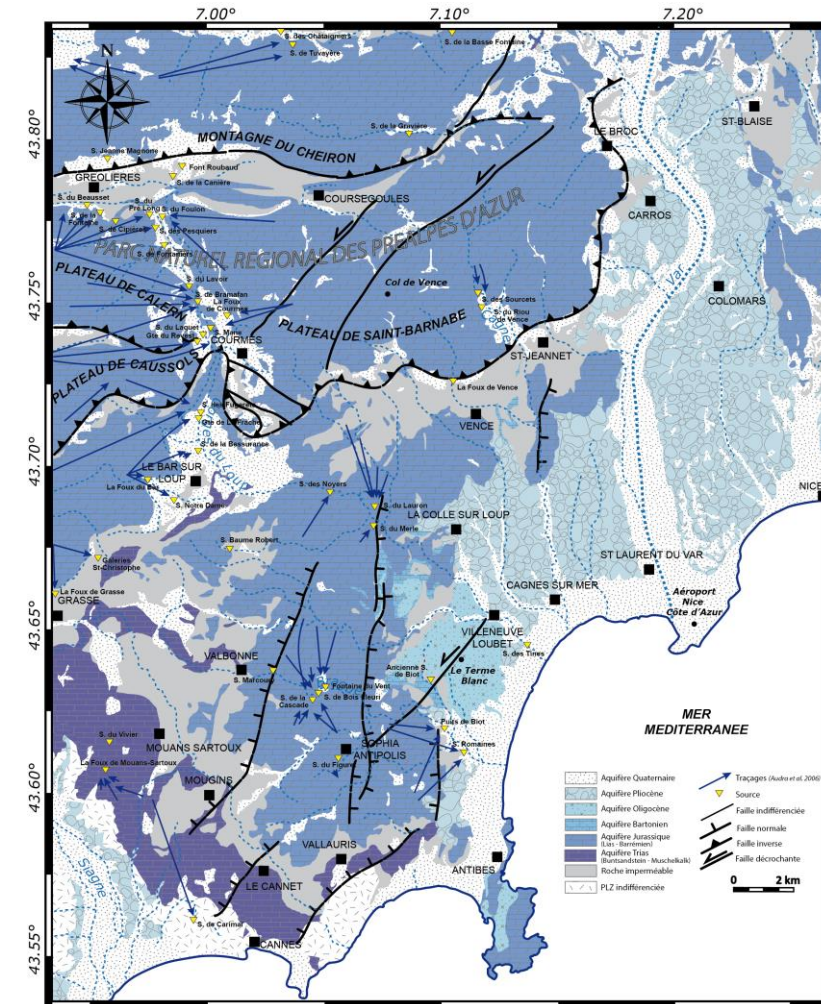
Hydrogéologie des Réservoirs Karstiques entre les préAlpes et la Méditerranée

Caractérisation pluridisciplinaire des réservoirs, des circulations et de la vulnérabilité de la ressource.

Objectif: Identifier et caractériser les mécanismes de recharge et les transferts depuis les plateaux karstiques du « moyen pays » jusqu'aux aquifères karstiques et alluviaux adjacents de « l'avant pays » et de la basse vallée du Var

→ Proposer un **modèle conceptuel intégratif des mécanismes de recharge et des circulations des eaux souterraines** sur le périmètre des bassins d'alimentation hydrogéologique

- **Apports inédits de connaissances** qui permettront d'améliorer les modèle numériques (AquaAzur) et la gestion quantitative et qualitative des ressources en eau (→ PGRE)



Portage et coût du projet HYRKAAM

○ Régie EAU d'AZUR

Coûts : **286 k€ HT**

Subvention AERMC : **143 k€ HT**

- **Séverine ALTSCHULER** : responsable service Ressources en eau (REA)
- **Nicolas FANTINO** : hydrogéologue chargé d'étude ressources en eau (REA)

○ Université Côte d'Azur (UniCA) / GéoAzur

Coûts : **488 k€ HT**

- **Benoit VIGUIER** : Responsable projet Hydrogéologue, MCF UniCA (Geoazur)
- **Oriane PARIZOT** : Géologue / Chercheure postdoctorale
- **Christophe RENAC** : Géochimiste, Pr. UniCa (Geoazur)
- **Aurélié BARATS** : Hydrochimiste, MCF UniCA
- **Nicolas ESPURT** : Géologue structuraliste MCF UniCA (Geoazur)
- **Morgan ABILY** : Hydraulicien, MCF UniCA (Geoazur)
- **Philippe AUDRA** : Karstologue, Pr. UniCa (Polytech'Lab)
- **Christophe Matonti** : Géologue structuraliste MCF UniCA (Geoazur)

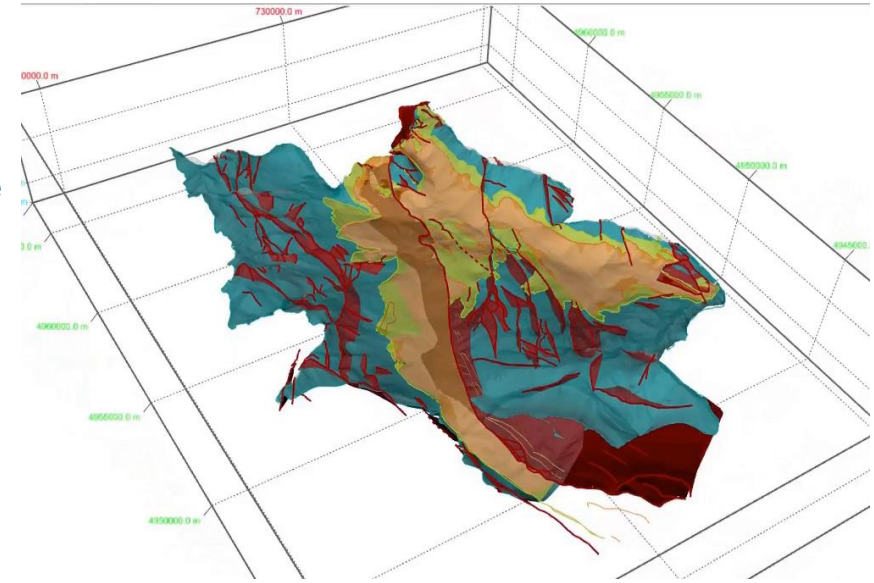
UNE ÉQUIPE PLURIDISCIPLINAIRE

**Total du projet : 774 k€
sur 3 ans**

→ Lancement en octobre 2025
→ 1^{ère} Réunion publique et ouverte avec les opérationnels (13 novembre 2025)

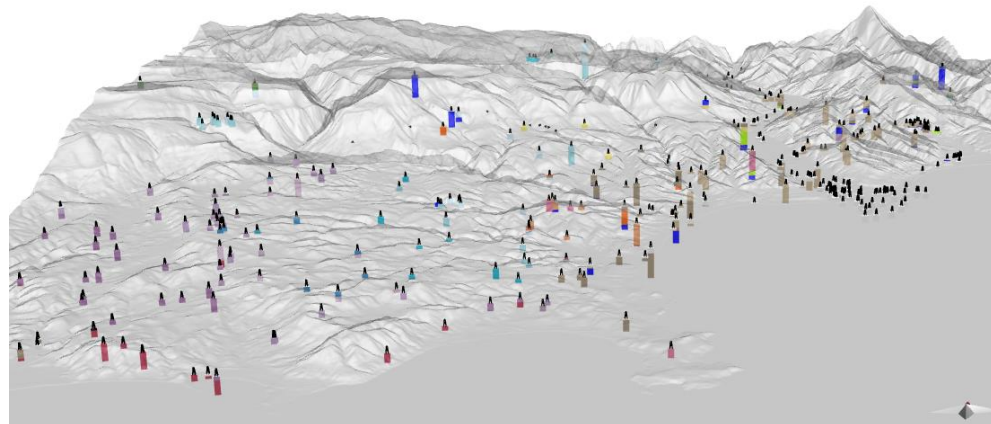
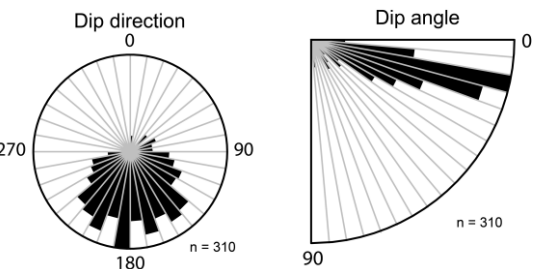
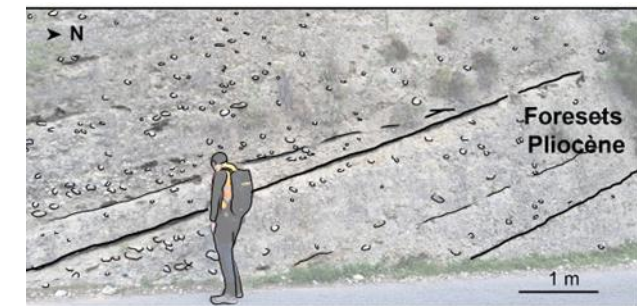
1) **Modéliser la géométrie des réservoirs aquifères et des structures géologiques.**

- **Acquisition sur le terrain de nouvelles données géologiques**
- **Reconstruction de la géométrie et de l'évolution 3D des réservoirs (logiciel d'analyse et de modélisation structurale MOVE (® Petex).**
- **Cartographie et analyse multi-échelle des réseaux de fractures et karstiques**
- **Investigations géophysiques.**

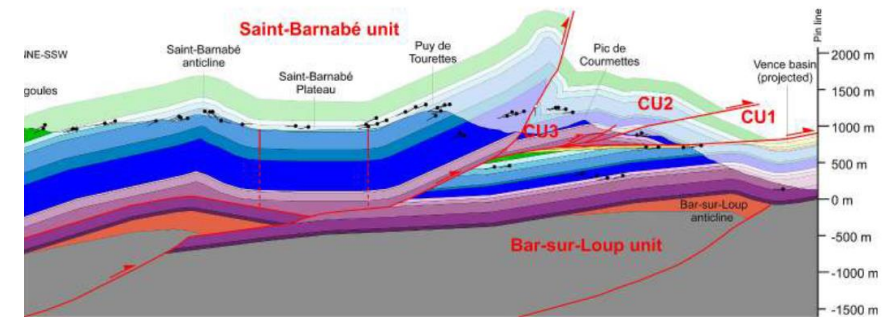


Modele Géologique Dévoluy), Parizot et al 2025

Organisation foresets dans les Poudingues



Synthèse des données de forage (n: 368)



Coupe Géologique : Tigroudja et al. (2025)

- 1) Modéliser la géométrie des réservoirs aquifères et des structures géologiques.
 - 2) Caractériser la recharge et les échanges et les circulations entre les différents compartiments et réservoirs (outils traceurs environnementaux) :
- Tracer les circulations et le stockage des eaux dans les différents compartiments et réservoirs (interactions eaux-roches) et l'impact des activités anthropiques (e.g. contaminations)
 - définir des processus hydrologiques à l'origine des circulations (altitude de recharge, évaporation, mélanges) : *analyse des isotopes stables de la molécule d'eau ($\delta^{18}O$ et δ^2H)*.
 - Quantification des temps de résidences des eaux souterraines (*approches isotopiques*)

Prélèvements Hydrochimiques Source
Karstique (St Jeannet)



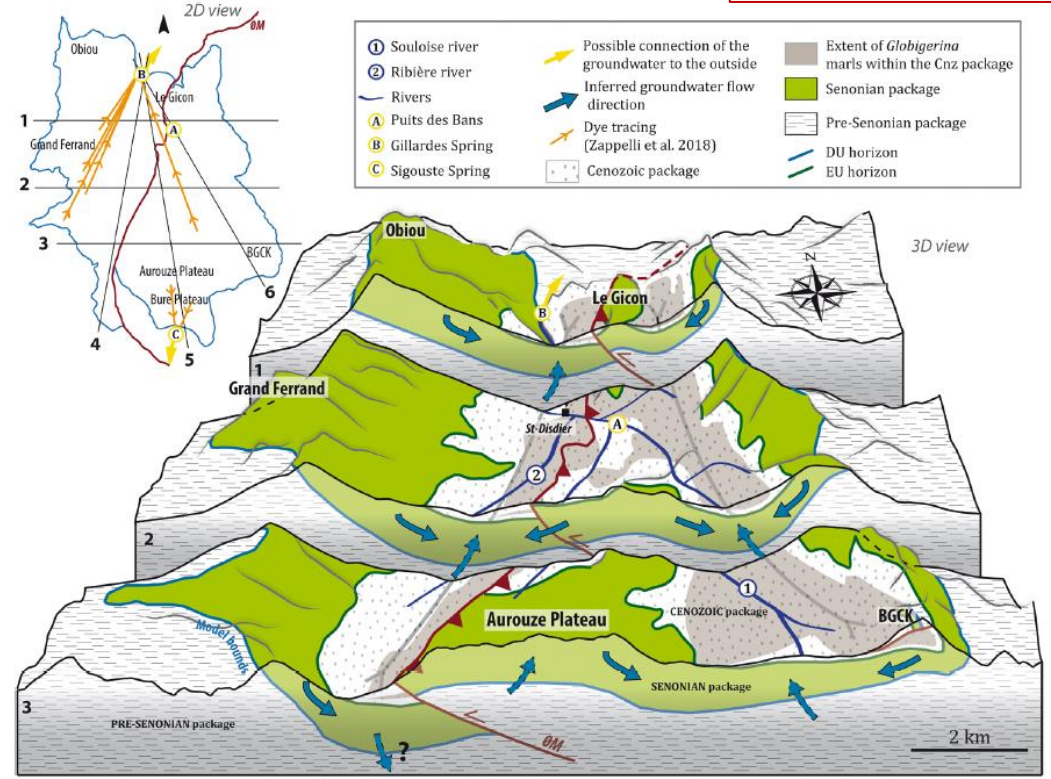
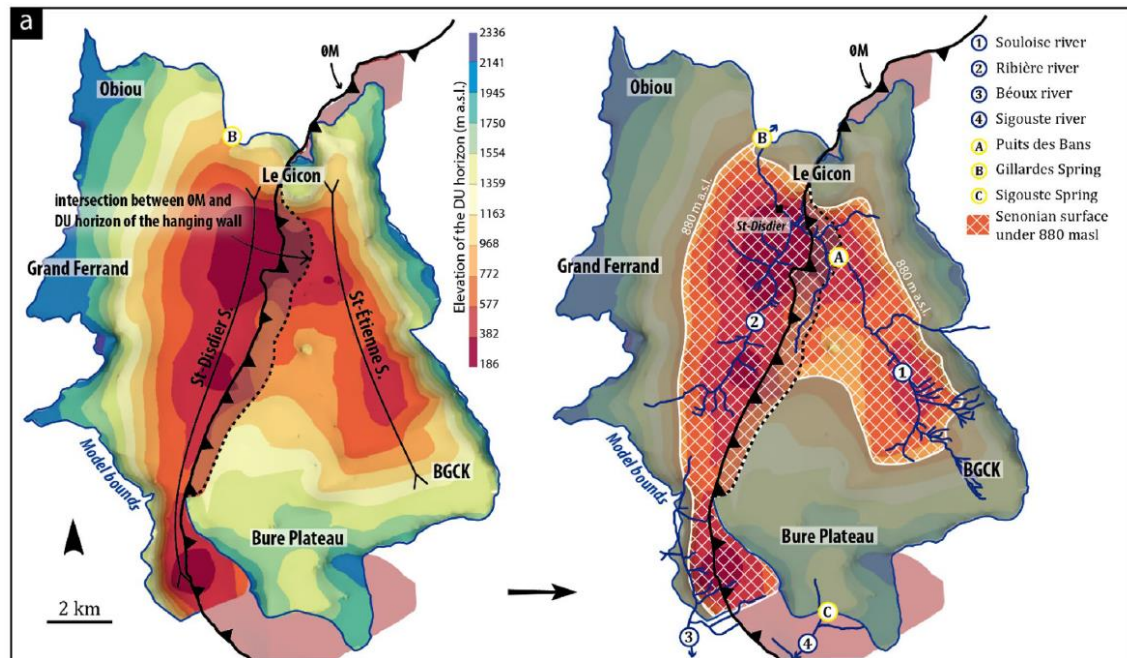
chromatographie ionique à Géoazur (J. Molina Mejia, 2026)



Collecteur isotopique des
précipitations à Calern
(GEOAZUR / SNO
RENOIR)

Projet HYRKAAM

- 1) Modéliser la géométrie des réservoirs aquifères et des structures géologiques.
- 2) Caractériser la recharge et les échanges et les circulations entre les différents compartiments et réservoirs (outils traceurs environnementaux) :
- 3) **Caractérisation de l'aquifère et modèle conceptuel hydrogéologique :**
 - **Définition du modèle conceptuel du fonctionnement hydrogéologique**
Transposition des conditions aux limites et des nouvelles connaissances acquises pour intégration dans les outils de modélisation numérique existants (AquaVar et AquaCagne)



Livrables d'éléments pour l'Opérationnel

□ Perspectives pour l'exploration, l'estimation des volumes disponibles et la gestion des ressources

1. Modèle numérique 3D des réservoirs sur l'ensemble de la zone d'étude.

Implémenter la géométrie des réservoirs dans les outils numériques AquaAzur (AquaVar, AquaCagne etc.) où ces informations sont aujourd'hui manquantes ou partielles.

2. Modèle conceptuel de fonctionnement hydrogéologique, avec l'origine des écoulements et de la recharge.

Transposer les conditions aux limites, les mécanismes de recharge (localisation, magnitude, fréquence) et les écoulements pour les intégrer dans les outils numériques.

3. Volumes et qualités des ressources en eau souterraine profonde (réservoir karstique sous couverture).

Quantification de la disponibilité des eaux souterraines profondes, tels que les réservoirs karstiques sous couvertures dans la basse vallée du Var, leurs connexions hydrogéologiques avec les eaux de surface et les autres réservoirs, et leurs qualités hydro-chimiques (proximité avec les évaporites du Trias, contamination eaux de mer). Perspectives pour l'exploration.

4. Cartes de vulnérabilité quantitative et qualitative des ressources en eau souterraine.

Établir des cartes de la vulnérabilité intrinsèque des masses d'eau souterraine permettant d'établir des zones de protection.

→ **Amélioration des connaissances** du fonctionnement des sources captées et non captées permettant d'adapter le mode d'exploitation - apport de connaissances pour les discussions dans le cadre des PGRE

→ **Amélioration des outils de modélisation** par ajout des informations des aquifères périphériques et des liens entre les différents bassins versants hydrologiques (Var, Cagne, Loup) => permettra gestion prospective

Projet HYRKAAM

HYdrogéologie des Réservoirs KARstiques entre les préAlpes et la Méditerranée

Caractérisation pluridisciplinaire des réservoirs, des circulations et de la vulnérabilité de la ressource.

