

Syndicat Mixte
de l'Argens

VAR

PGRE

PLAN DE
GESTION DE
LA RESSOURCE
EN EAU

DES ÉCHANGES D'EAU ONT-ILS LIEU ENTRE LES AQUIFÈRES* DU MASSIF D'AGNIS ET LA GALERIE SOUTERRAINE DU CANAL DE PROVENCE ?

RÉSULTATS D'ÉTUDES

**Aquifères : ensemble rocheux capable de stocker des nappes d'eaux souterraines.*



LE CANAL DE PROVENCE

LE MASSIF D'AGNIS

Il se situe à l'est de la Sainte-Baume.
Vaste massif calcaire, il constitue le château d'eau du bassin versant Caramy-Issole.



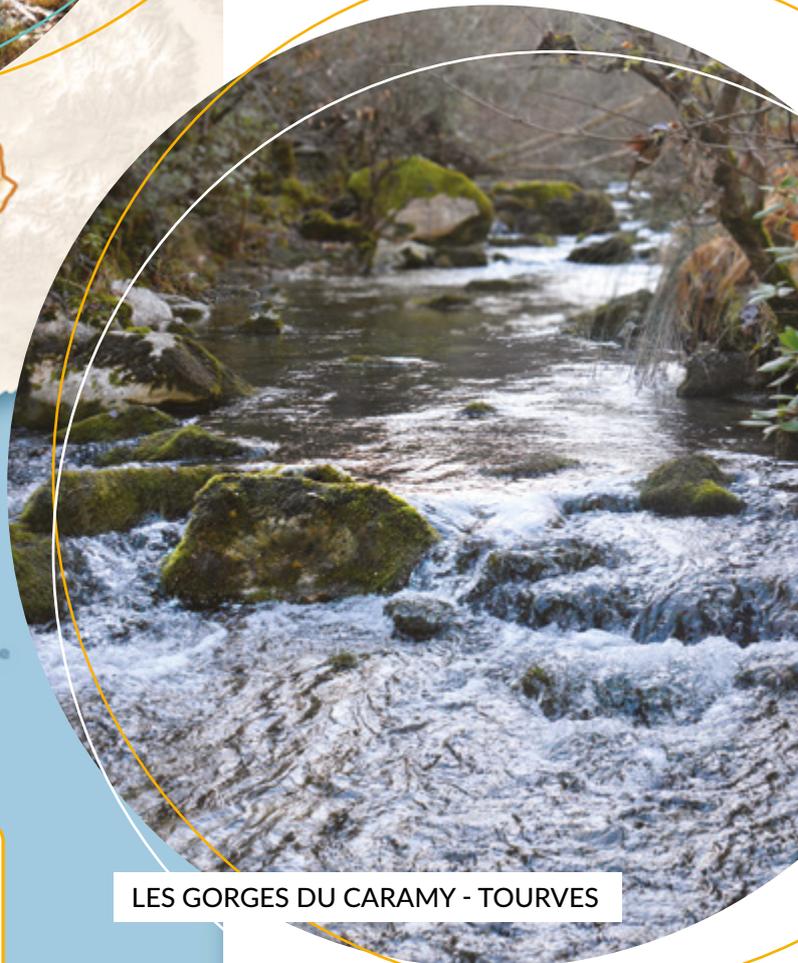
GALERIE DU CANAL DE PROVENCE

LE CANAL DE PROVENCE

Il transporte les eaux du Verdon et les distribue dans les départements du Var, des Bouches-du-Rhône, des Alpes-de-Haute-Provence et du Vaucluse.



LE MASSIF D'AGNIS



LES GORGES DU CARAMY - TOURVES

CARACTÉRISTIQUES DE LA GALERIE SOUTERRAINE DU CANAL DE PROVENCE QUI TRAVERSE LE MASSIF

CONSTRUCTION : PERCEMENT DE 1966 À 1971

LONGUEUR : 13,3 KM

SECTION : 8 M²

DIAMÈTRE INTÉRIEUR : 3,20 À 3,10 M

ÉPAISSEUR DE BÉTON ÉTANCHE : 30 CM EN SEMELLE,
20 À 30 CM EN PÉRIPHÉRIE SELON LA NATURE DU TERRAIN

ALTITUDE : 330 À 315 M NGF

DÉBIT TRANSITABLE : 15 M³/S

UN PEU D'HISTOIRE

Les ressources en eau de la Durance et du Verdon ont de tout temps été convoitées par les départements littoraux déficitaires. Mais ce n'est qu'à partir de 1955, avec l'aménagement hydroélectrique de la chaîne Durance Verdon rendant disponibles les eaux du Verdon, qu'un ouvrage majeur de transfert d'eau peut voir le jour : le canal de Provence. Sa construction débute en 1964. **Son but : alimenter en eau du Verdon les départements déficitaires du Var et des Bouches-du-Rhône, et sécuriser l'approvisionnement de la ville de Marseille.**

Des années de travaux s'annoncent pour construire l'ouvrage gravitaire qui délivrera le littoral de la pénurie d'eau.

Mais la région de Toulon souffre cruellement de manque d'eau, notamment lors de la sécheresse exceptionnelle qui a sévi l'hiver 1967/1968. La ville ne peut attendre des années l'arrivée des eaux du Verdon. Des solutions sont alors à trouver en urgence.

Parallèlement la construction du canal de Provence se poursuit. De 1966 à 1971, le massif d'Agnis est percé pour faire passer le canal en souterrain dans une galerie. Les travaux révèlent l'abondance d'eau dans ce massif et une mesure est proposée : **la Société du Canal de Provence (SCP) dépose, en 1970, un projet d'alimentation en eau provisoire de la zone côtière de l'ouest varois à partir des eaux de la Sainte-Baume auprès de la Préfecture du Var.**

Concernant Mazaugues, dont la ressource en eau potable a été perturbée par les travaux de percement de la galerie, la SCP propose d'alimenter le village pour compenser la diminution des débits de sa source haute.

Le 21 janvier 1971, ce projet est reconnu d'utilité publique et la SCP obtient par arrêté préfectoral, **l'autorisation de dériver 50 l/s depuis les eaux souterraines du plateau de Mazaugues et du massif d'Agnis, entre le 15 mars et le 15 octobre, à titre provisoire, jusqu'à l'arrivée de l'eau du Verdon.**

Ces prélèvements sont effectifs durant 4 ans, de 1971 à 1975. **En 1975, le raccordement par les eaux du Verdon est opérationnel. Comme prévu par l'arrêté préfectoral, les équipements temporaires placés dans les galeries de Mazaugues et de Signes sont enlevés et les orifices des forages de captage des eaux souterraines du massif bouchés.** Une campagne d'injection de consolidation finit de rendre étanche la galerie pour rendre à la Sainte-Baume ses caractéristiques hydrogéologiques.

L'alimentation définitive de la commune de Mazaugues se fait en eau du Verdon, par pompage dans un puits de la galerie souterraine du canal de Provence.

La Société du Canal de Provence a été créée en 1957 par les départements des Bouches-du-Rhône, du Var et la Ville de Marseille pour alimenter en eau la Provence orientale et côtière. La Région Provence-Alpes-Côte d'Azur entre au capital en 1983. Aujourd'hui, en tant que concessionnaire de la Région Sud, la SCP gère un patrimoine hydraulique régional important avec notamment son ouvrage à buts multiples : le canal de Provence, qui transfère les eaux du Verdon vers le sud.



CONSTRUCTION DE LA GALERIE DE MAZAUGUES

Cinquante ans plus tard, des interrogations demeurent sur le territoire et certains pensent toujours que la galerie du canal de Provence continue de collecter les eaux souterraines locales lors de sa traversée du massif d'Agnis. De nouvelles études sont lancées pour corroborer ou démentir ces allégations.

SEUIL EN AMONT DU LAVOIR, COMMUNE DE FLASSANS/ISSOLE

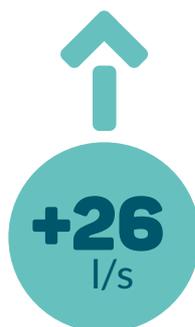


Une première étude en 2017 basée sur des mesures de débits

Des jaugeages des débits entrants et sortants de la galerie ont été effectués de 2017 à 2021, auxquels se sont ajoutés des jaugeages des rivières Caramy et Issole en 2020.

Ces mesures ont fait apparaître des variations, différentes selon les années.

Pour la campagne de mesures faite en conditions de **basses eaux**, la différence entre les débits jaugés en entrée et sortie de la galerie, de -78 l/s, indiquerait **une perte théorique d'eau du canal de Provence**



Pour la campagne de mesures faite en conditions de **hautes eaux**, la différence entre les débits jaugés en entrée et sortie de la galerie, de +26 l/s, indiquerait **un apport théorique d'eau du massif vers le canal de Provence**

Les différences de mesures entre l'entrée et la sortie de la galerie suggèreraient des échanges d'eau : en basses eaux, un apport d'eau pour le massif d'Agnis, et en hautes eaux, l'inverse. Mais pas de façon systématique : le plus souvent, les mesures indiquaient que la galerie perdait de l'eau à l'avantage du massif d'Agnis.

À savoir

Deux points de prélèvements d'eau existent :

- un pour l'alimentation de Mazaugues (pompage de 8,3 l/s) ;
- l'autre au niveau du brise charge de Signes où la station de pompage prélève 43 l/s et la "CCSB" de 0 à 40 l/s à la demande.

Ces deux prélèvements ont contribué à accroître l'incertitude de la méthode.

EN CONCLUSION

Ces différences cumulées de mesures, que l'on peut qualifier d'incertitudes, sont liées à la méthode et aux deux prélèvements d'eau existants dans la galerie. Elles n'ont pas permis d'apporter de réponses précises sur de possibles échanges entre les eaux du Verdon transportées par le canal de Provence et les eaux souterraines du massif d'Agnis.



Une nouvelle étude en 2020

Entre 2020 et 2021, une nouvelle méthode est proposée pour vérifier si un mélange s'opère dans la galerie entre les eaux du Verdon et les eaux du massif. Elle consiste à **caractériser la géochimie des sources les plus proches de la galerie et la comparer à celle des eaux du canal** et, dans le cas où les eaux sont différentes entre l'entrée et la sortie de l'ouvrage, quantifier des mélanges théoriques.

Cette méthode scientifique permet d'analyser précisément la composition des eaux et ainsi de tracer leur provenance, car chaque eau a sa propre signature : **les eaux transportées dans la galerie, provenant du Verdon, ont une chimie réputée spécifique et relativement constante**. Cette caractéristique laisse penser que les outils chimiques sont adaptés à définir d'éventuels échanges entre les eaux souterraines du massif et les eaux du Verdon dans la galerie.

Un prestataire unique a été identifié pour réaliser les analyses chimiques pour le compte du SMA et de la SCP. Cela a permis d'éviter le biais de deux méthodes analytiques différentes et ainsi d'étudier la variabilité de la signature de l'eau pour chacun des huit points prélevés. Ce prestataire est C2S, courtier en analyses chimiques (Accréditation iso 17025 sur toutes les prestations).

Pour l'interprétation des résultats, le SMA a mandaté le bureau d'études Rivages Environnement et la SCP l'a confiée à C2S. Les eaux du massif ont été prélevées et analysées en six points d'eau naturelle, ainsi qu'en entrée et en sortie de la galerie. Deux campagnes de prélèvements ont été réalisées, une en période de basses eaux (septembre 2020) et l'autre en hautes eaux (décembre 2021), avec, à chaque fois, un double échantillonnage pour s'assurer de la fiabilité des résultats.

POURQUOI RÉALISER DES CAMPAGNES EN HAUTES EAUX ET EN BASSES EAUX ?

En fonction des différentes hauteurs d'eau des sources et des rivières, le sens de drainage des eaux peut s'inverser. Ainsi, pour s'assurer que le canal ne draine aucune eau de source ou de cours d'eau présente sur le territoire traversé, des prélèvements ont été effectués à des périodes différentes en fonction des débits des cours d'eau et des niveaux des nappes.



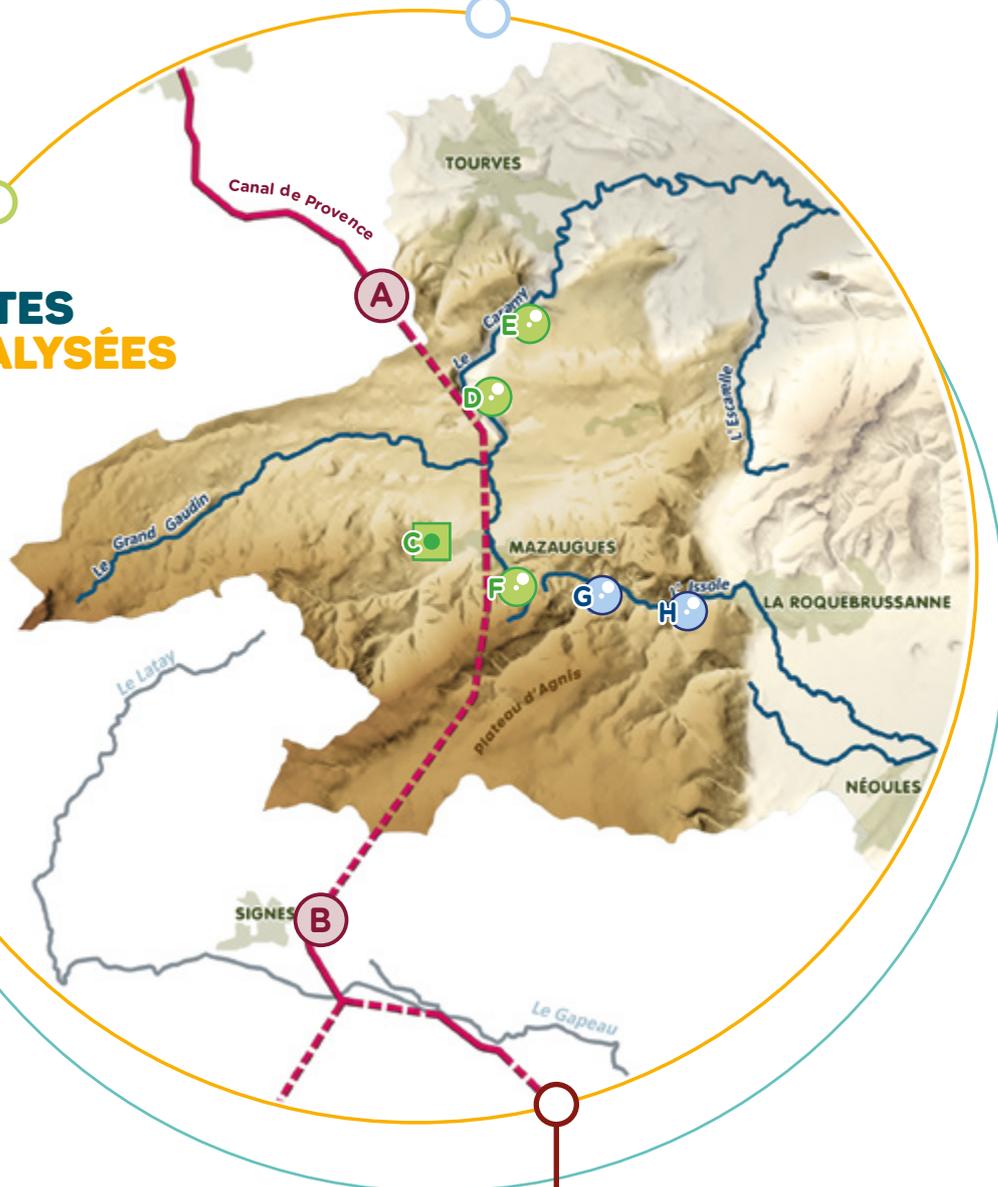
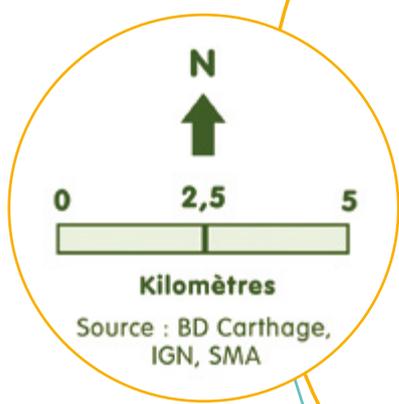
SUR LE BASSIN DU CARAMY, QUATRE PRÉLÈVEMENTS D'EAU :

- F L'eau de la source Haute à Mazaugues
- C L'eau d'un forage privé à Mazaugues, dans la nappe du crétacé (profondeur estimée ~ 60m)
- D L'eau de la source de la Figuières à Tourves
- E L'eau de la source des Lecques à Tourves

SUR LE BASSIN DE L'ISSOLE, DEUX PRÉLÈVEMENTS :

- G L'eau de la source de l'Issole à Mazaugues
- H L'eau du captage des Neufs Fonts à la Roquebrussanne

LES DIFFÉRENTES EAUX ANALYSÉES



SORTIE DE LA GALERIE À SIGNES (POINT DE PRÉLÈVEMENT B)

POUR LES EAUX DE LA GALERIE SCP, DEUX PRÉLÈVEMENTS :

- A L'eau en entrée de galerie
- B L'eau en sortie de galerie

Les analyses suivantes ont porté sur la comparaison entre, d'une part les eaux de la galerie du canal de Provence et, d'autre part, les eaux du massif d'Agnis

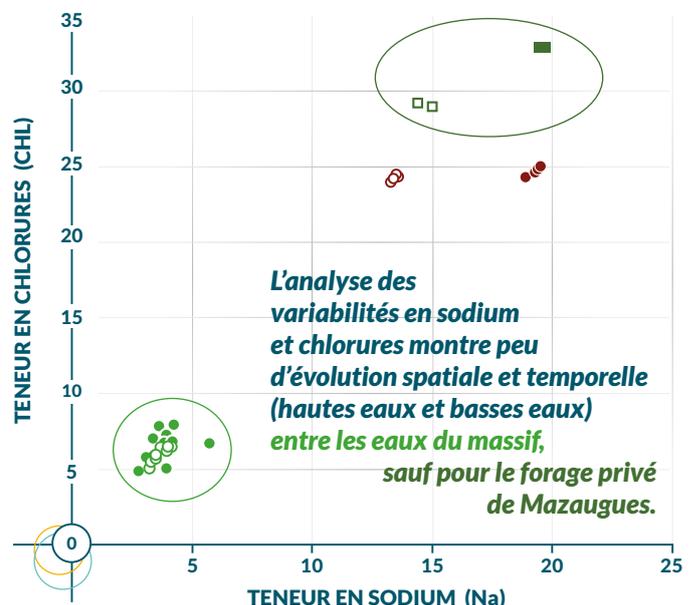
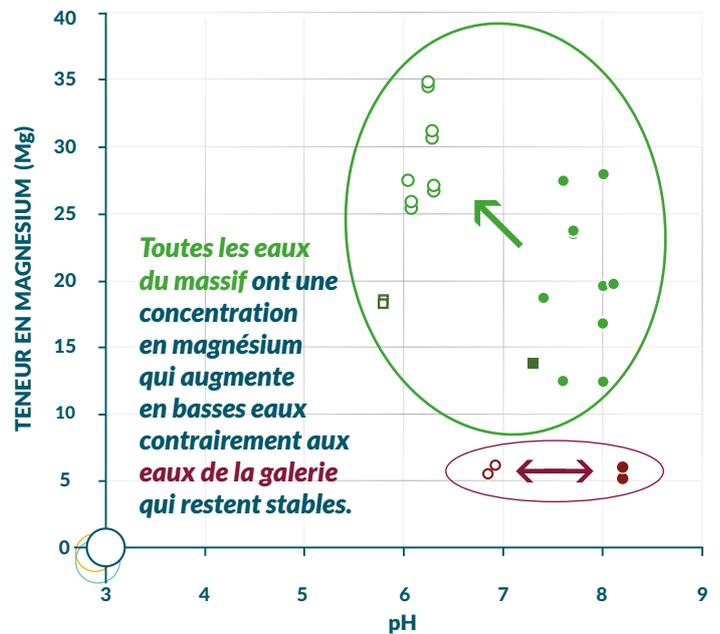
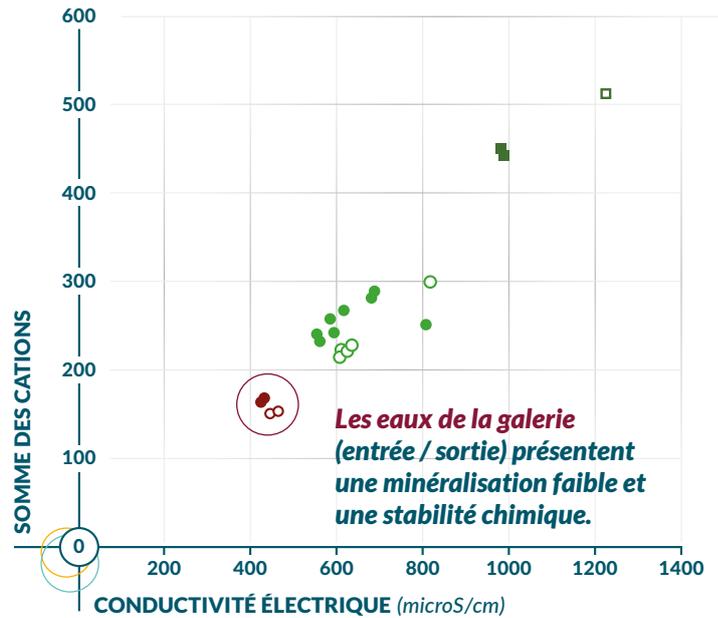
Les analyses physico-chimiques, traces de l'histoire des eaux

Elles permettent de déterminer différents paramètres qui caractérisent ou composent une eau. En effet, l'eau ne contient pas que des molécules d'H₂O mais plusieurs autres éléments. Chaque eau a ainsi une signature physique et chimique qui lui est propre : dureté, conductivité, pH, sels minéraux (calcium, fer, magnésium, potassium...).

Plusieurs paramètres ont été mesurés dans le cadre de cette analyse :

- les différents paramètres physico-chimiques : le pH, la conductivité électrique, la température, l'oxygène dissous, le potentiel redox, la turbidité ;
- les principaux éléments chimiques portant des charges électriques positives (cations) et ceux portant des charges négatives (anions).

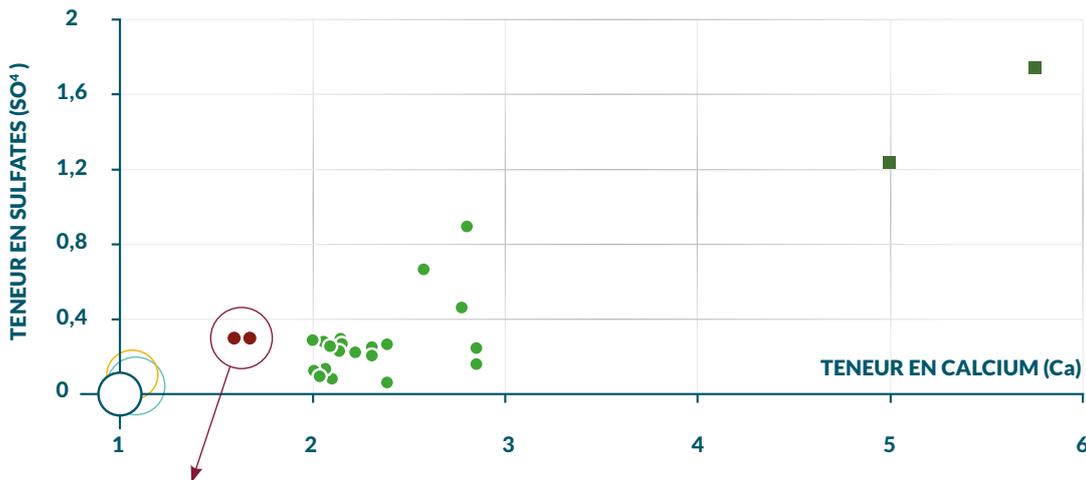
Quelques résultats du SMA par Rivages Environnement



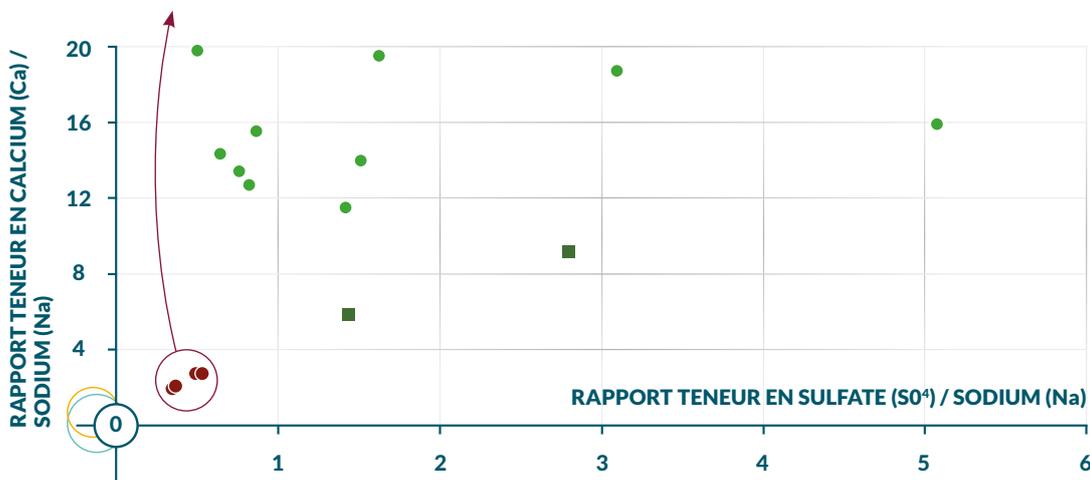
LÉGENDE

- Galerie du canal de Provence en hautes eaux
- Galerie du canal de Provence en basses eaux
- Sources du massif en hautes eaux
- Sources du massif en basses eaux
- Forage privé de Mazaugues en hautes eaux
- Forage privé de Mazaugues en basses eaux

Quelques résultats de la SCP par C2S



La chimie des eaux de la galerie évolue très peu entre l'entrée et la sortie du canal.



Trois signatures distinctes ont été mises en évidence :

H₂O *Les eaux de la galerie du canal de Provence* : eaux très peu minéralisées avec une faible conductivité.

H₂O *Les eaux du bassin du Caramy et de l'Issole* : eaux présentant une signature proche en hautes eaux et très proche en basses eaux.

À noter : les eaux de la source haute de Mazaugues sont un peu plus minéralisées, notamment en magnésium, que les autres sources du Caramy.

H₂O *Les eaux issues du forage privé de Mazaugues* : eaux très minéralisées, riches en chlorures, sulfates et calcium (car circulant probablement dans les formations géologiques du Trias). Ces eaux évoluent à l'inverse des autres eaux du bassin en condition de basses et de hautes eaux.

EN CONCLUSION

Les eaux de la galerie présentent toujours une signature géochimique spécifique. Elles ont une chimie différente de celles des eaux du massif et elles évoluent peu entre les campagnes en basses eaux et en hautes eaux.

Toutes les analyses concluent à l'absence d'échanges significatifs entre les eaux du massif d'Agnis et la galerie du canal de Provence.

Les analyses des isotopes, marqueurs de l'origine des eaux

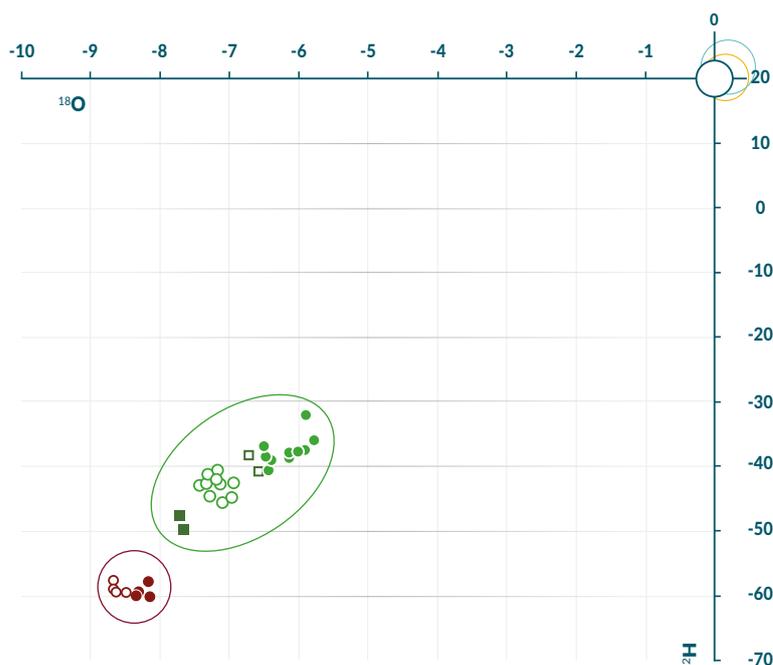
Toutes les molécules d'eau sont constituées d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (H₂O). Mais, alors que la plupart des atomes d'hydrogènes sont constitués d'un seul proton, certains, plus rares, sont alourdis par un neutron, ce qui rend certaines molécules d'eau plus lourdes que d'autres.

La proportion de molécules lourdes dans l'eau s'appelle la composition isotopique de l'eau. En mesurant la proportion d'isotopes lourds et d'isotopes légers, il est possible de déterminer l'origine et le parcours de l'eau. L'hydrologie isotopique se fonde à la fois sur les isotopes stables et les isotopes instables, dits aussi radiogéniques car ils émettent des rayonnements.

Dans cette étude, les isotopes utilisés comme traceurs sont les isotopes de la molécule d'eau (l'oxygène 18, $\delta^{18}\text{O}$ et le deutérium $\delta^2\text{H}$, isotopes stables ainsi que, pour la datation des eaux, le tritium ^3H , isotope radiogénique) et ceux du strontium $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (isotope stable).

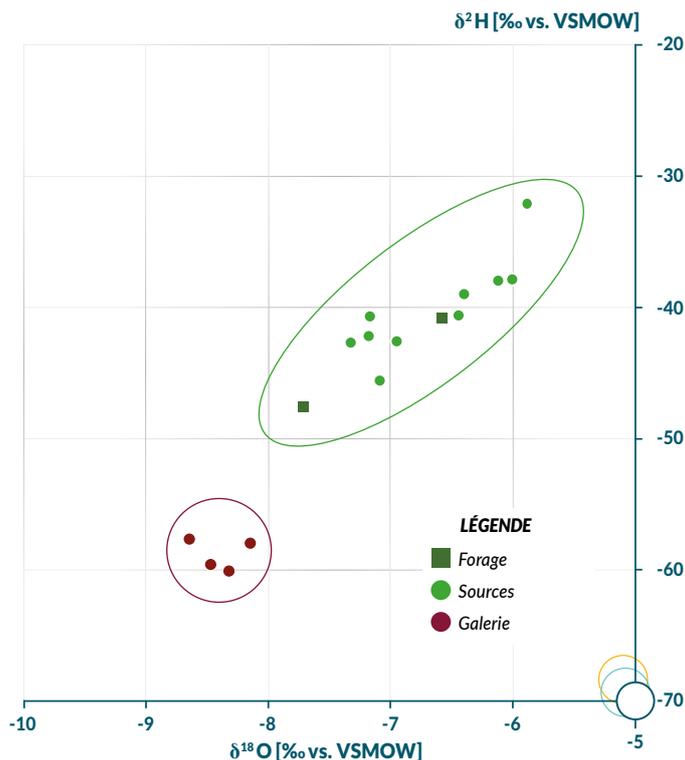
RÉSULTATS DES ISOTOPES STABLES

Quelques résultats du SMA par Rivages Environnement



Les isotopes de la molécule d'eau présentent un contraste entre les eaux du massif et les eaux de la galerie (Deux groupes d'eau distincts, indiquant une origine distincte). De plus, il n'y a pas d'évolution du signal isotopique entre l'entrée et la sortie de la galerie (tous les points rouges sont rassemblés).

Quelques résultats de la SCP par C2S



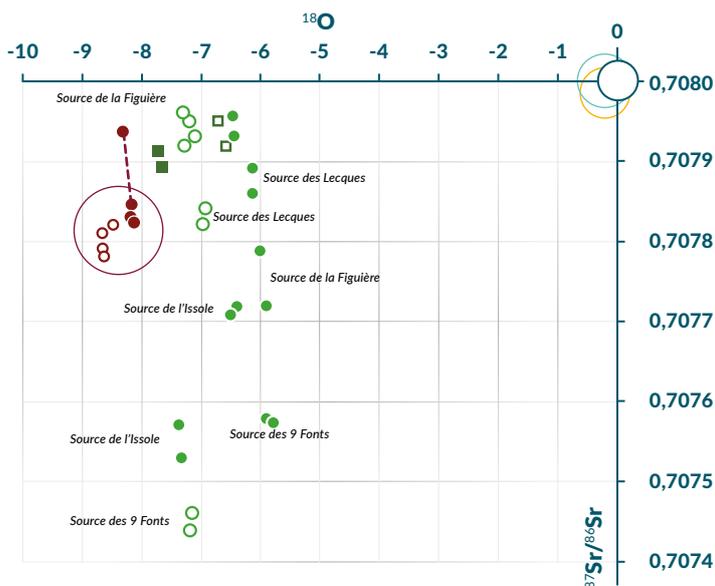
EN CONCLUSION

Les eaux à l'entrée et à la sortie de la galerie présentent une composition isotopique identique, contrairement aux eaux du massif qui ont une composition très différente. Donc, les isotopes stables démontrent qu'il n'y a pas d'échanges d'eau souterraine entre la galerie et son environnement naturel.

RÉSULTATS DES ISOTOPES RADIOGÉNIQUES

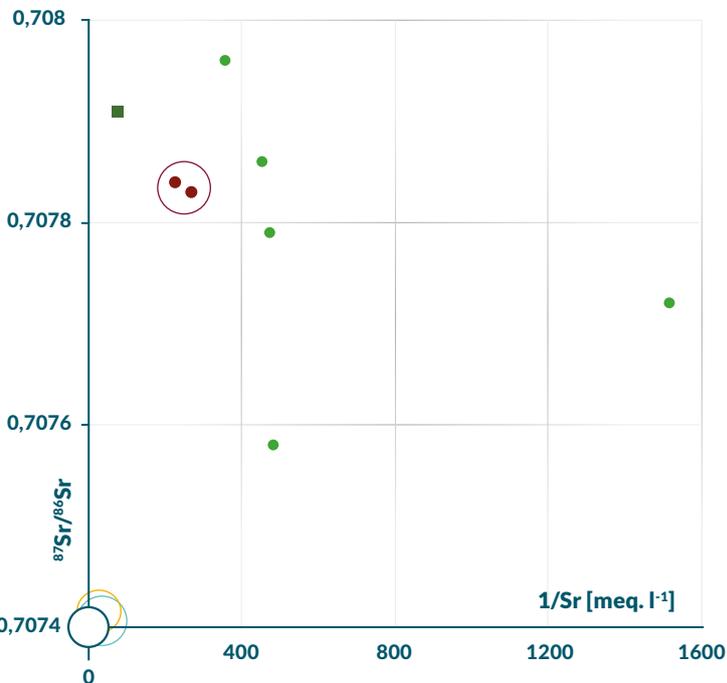
Quelques résultats du SMA par Rivages Environnement

Ce diagramme permet de discriminer les différentes sources entre elles mais également les eaux de la galerie.



Cette analyse confirme la stabilité des isotopes du strontium en entrée comme en sortie de la galerie (tous les points rouges sont rassemblés).

Quelques résultats de la SCP par C2S



Les valeurs à l'entrée et à la sortie sont similaires (tous les points rouges sont rassemblés).

EN CONCLUSION

Toutes les interprétations d'analyses corroborent qu'aucun mélange significatif n'existe entre les eaux de la galerie et celles des bassins versants du Caramy et de l'Issole. Les analyses isotopiques confirment les analyses des éléments majeurs et des paramètres physico-chimiques.

LÉGENDE

- Galerie du canal de Provence en hautes eaux
- Galerie du canal de Provence en basses eaux
- Sources du massif en hautes eaux
- Sources du massif en basses eaux
- Forage privé de Mazaugues en hautes eaux
- Forage privé de Mazaugues en basses eaux

CONCLUSION GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE

LES RÉSULTATS GÉOCHIMIQUES PERMETTENT DE DÉMONTRER QU'IL N'EXISTE PAS D'ÉCHANGES ENTRE LES EAUX TRANSITANT DANS LA GALERIE DU CANAL DE PROVENCE ET LES EAUX SOUTERRAINES DES PRINCIPALES SOURCES DU BASSIN VERSANT CARAMY-ISSOLE.

Le **SYNDICAT MIXTE DE L'ARGENS** porte le **Plan de Gestion de la Ressource en Eau (PGRE) Caramy-Issole** dont l'objectif est d'assurer le partage de cette précieuse ressource. Cette étude, réalisée par les bureaux d'étude Rivages Environnement et C2S, concerne l'action S05 - Amélioration de la connaissance des échanges aquifères du massif d'Agnis.

Le SMA, un acteur public au service des populations et des milieux aquatiques

2014 CRÉATION DU SMA
2 750 KM² BASSIN VERSANT
74 COMMUNES
330 000 HABITANTS
PRÈS DE
600 KM DE COURS D'EAU



Groupement l'agence Mars - Maison régionale de l'eau - Cénope © S. Pons, Droits réservés-Médiathèque SCP, Moleric