

Thèse « Fonctionnement hydrogéologique et hydroécologique des mares temporaires méditerranéennes en Corse : objectifs et méthodologie » 2022 - 2025

Alexis GUERIN, Sébastien SANTONI, Emilie GAREL, Frédéric HUNEAU

Université de Corse Pascal Paoli – CNRS UMR SPE 6134

Journées d'échanges "mares temporaires" - Porto Vecchio 17 avril 2023

Mare temporaire de Bacaggio



LABORATOIRE
SCIENCES POUR
L'ENVIRONNEMENT
UMR 6134 SPE



Sommaire



Photo de la mare temporaire de Padulaccia 3 (Sartenais)

Introduction

Les outils méthodologiques développés à l'université de Corse

Choix des mares temporaires méditerranéennes étudiées

Conclusion

Bibliographie

Introduction

Les mares temporaires Méditerranéennes sont définies par la Commission Européenne comme des zones vulnérables prioritaires (Nature Code : 3170)

Sauvegarde

Objectif majeur

Facteur déterminant de la biodiversité

Compréhension et n
Hydr

Objectif majeur de ce travail de thèse

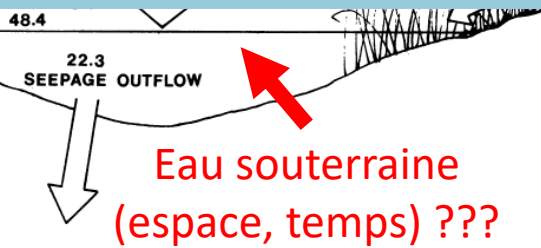
Identifier les paramètres qui conditionnent l'hydropériode et caractériser les processus hydrologiques qui en sont à l'origine

Contexte hydroclimatique

Insuffisant

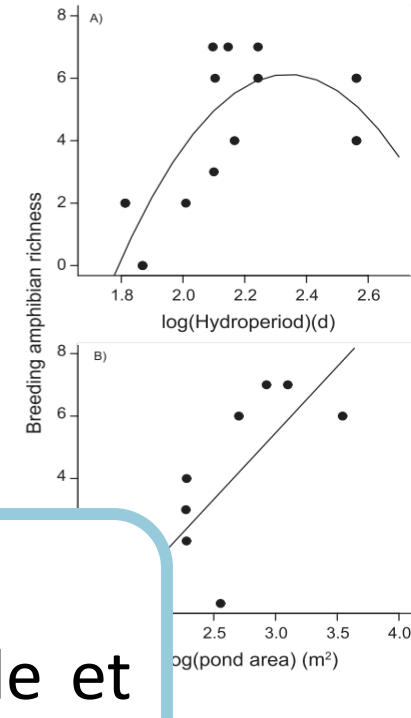
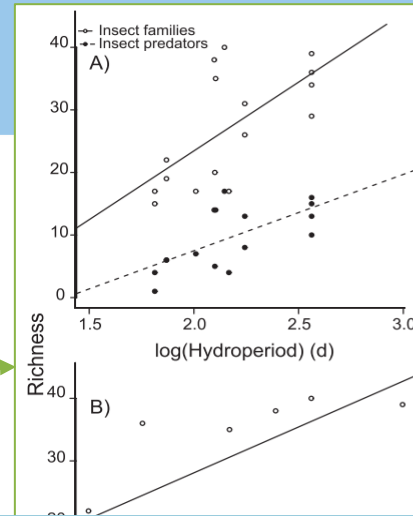
Mise en eau

Assèchement



?? Vision de cuvette se remplissant uniquement d'eau de pluie ??

Nécessité de prendre en compte l'eau souterraine, moins sensible aux aléas climatiques car moins connectée à la surface
Or, son invisibilité est un obstacle à sa prise en compte



hydropériode
(013)

Les outils méthodologiques développés à l'université de Corse

Traçage naturelle géochimique et isotopique

Suivi **bimensuel** (2022-2023 et 2023-2024) :

Mesures in-situ

Niveau d'eau, Conductivité électrique,
Température, pH, Oxygène dissous,
Potentiel d'oxydo-réduction

Prélèvements et mesures en laboratoire

Silice

Ions majeurs

Radon (^{222}Rn)

Isotopes stables de la
molécule d'eau $\delta^{18}\text{O}$
et $\delta^2\text{H}$

^{15}N , Contaminants
émergents (CECs),
pesticides

Méthode de multi-traçage :

➤ Chaque outil apporte des informations particulières : coupler tous ces traceurs apporte une information riche et robuste



Ruissellement et
Cours d'eau

Précipitations

Mare temporaire

Eau souterraine



Photo de la station météo de Musella

Hydrogéologie – Les outils utilisés : Silice

Silice

Ions majeurs

Radon (^{222}Rn)

Isotopes stables de la molécule d'eau

Quartz

- Silicium
- Oxygène

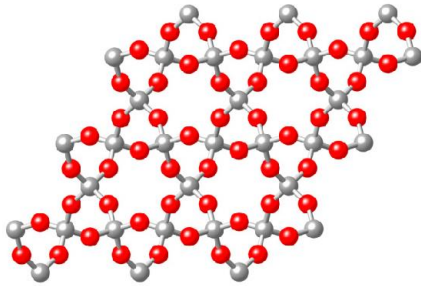


Schéma de la composition chimique du Quartz

- La silice est un élément constituant certains minéraux des roches
- Dosage colorimétrique (spectrophotométrie UV-vis)

- Interactions **eau-roche**
- Indicateur du **temps de résidence** de l'eau souterraine

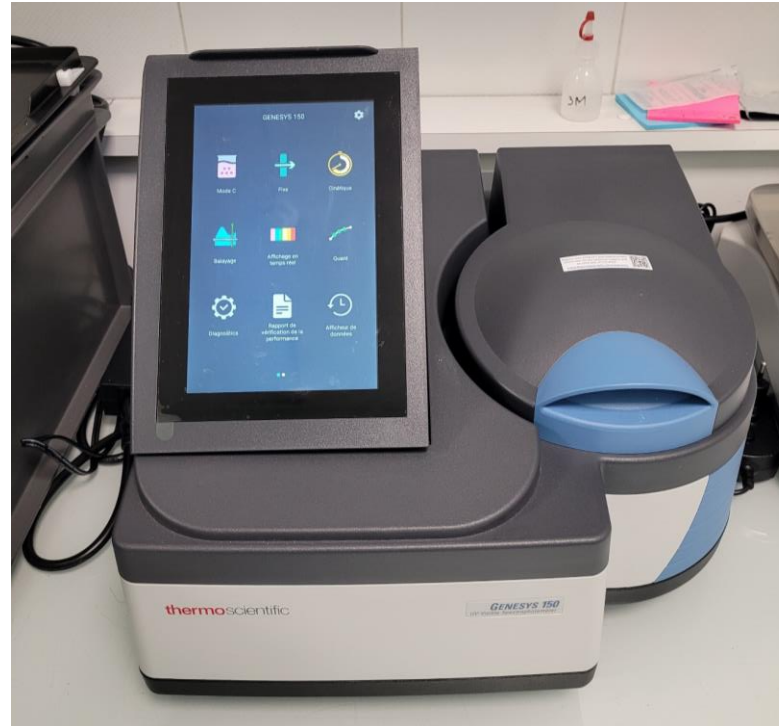


Photo du spectrophotomètre

Hydrogéologie – Les outils utilisés : Ions majeurs

Silice

Ions majeurs

Radon (^{222}Rn)

Isotopes stables de la molécule d'eau

- Chromatographie ionique
- Éléments minéraux dissous dans l'eau (Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^-)
- Interactions eau-roche, pluie, mer, anthropisation



Photo du chromatographe

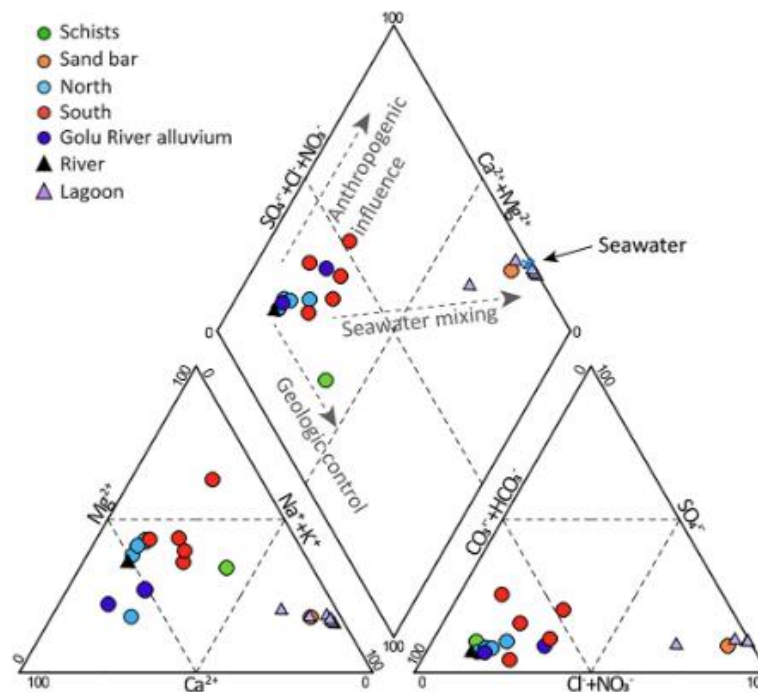


Diagramme de Piper et d'une étude hydrogéologique de la lagune de Biguglia (Erostate et al, 2019)

- Chimie spécifique à chaque masse d'eau qui alimente les mares

$$\begin{cases} C_{sample}^{Cl^-} = C_{Sc}^{Cl^-} * F_{Sc} + C_R^{Cl^-} * F_R + C_{Sw}^{Cl^-} * F_{Sw} \\ C_{sample}^{\delta^{18}O} = \delta^{18}O_{Sc} * F_{Sc} + \delta^{18}O_R * F_R + \delta^{18}O_{Sw} * F_{Sw} \\ C_{sample}^{HCO_3^-} = C_{Sc}^{HCO_3^-} * F_{Sc} + C_R^{HCO_3^-} * F_R + C_{Sw}^{HCO_3^-} * F_{Sw} \end{cases}$$

Equation de mélange d'une étude hydrogéologique de la lagune de Biguglia (Erostate et al, 2019)

- Calcul du rapport de mélange entre les différentes masses d'eau

Hydrogéologie – Les outils utilisés : Activité radon (^{222}Rn)

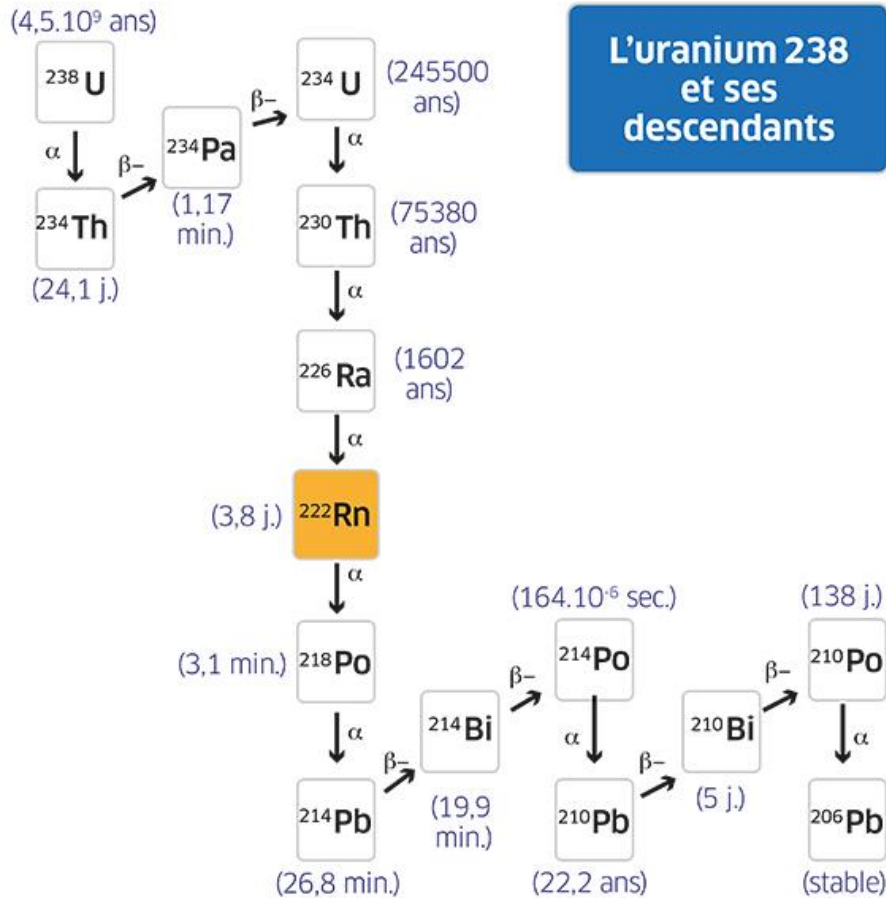
Silice

Ions majeurs

Radon (^{222}Rn)

Isotopes stables de la molécule d'eau

Le Radon-222 est un gaz noble, élément fils de l'uranium **naturellement** présent dans les roches :



- Se dissout dans l'eau lors de sa circulation dans le sous-sol
- Spécifique aux eaux souterraines
- Demi-vie de 3,8 jours → sa détection en surface indique donc un **apport d'eau souterraine très récent**



Mesure :

- Appareil faisant dégazer le radon
- Détecte les particules α émises lors de la désintégration
- Correction de la désintégration

Photo du DurrIDGE RAD 7, appareil de mesure radon

Schéma de la chaîne de désintégration du ^{222}Rn

Hydrogéologie – Les outils utilisés : Isotopes stables de la molécule d'eau

Silice

Ions majeurs

Radon (^{222}Rn)

Isotopes stables de la molécule d'eau

Une molécule d'eau peut être composée de différents isotopes stables de l'atome d'oxygène ou d'hydrogène qui se distinguent par leur masse ($^{16}\text{O} \rightarrow ^{18}\text{O}$, $^1\text{H} \rightarrow ^2\text{H}$) :

Nature chimique
inchangée

Légèrement plus lourd
Précipitation précoce Evaporation moindre

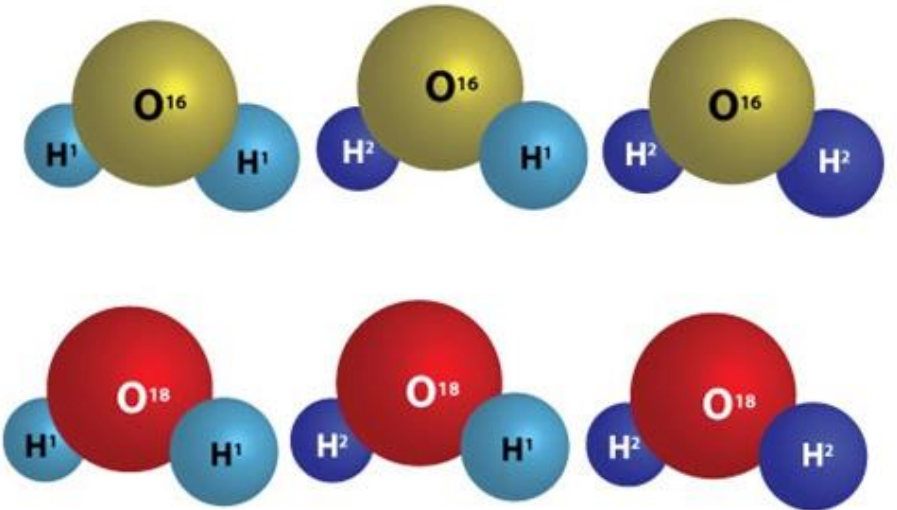
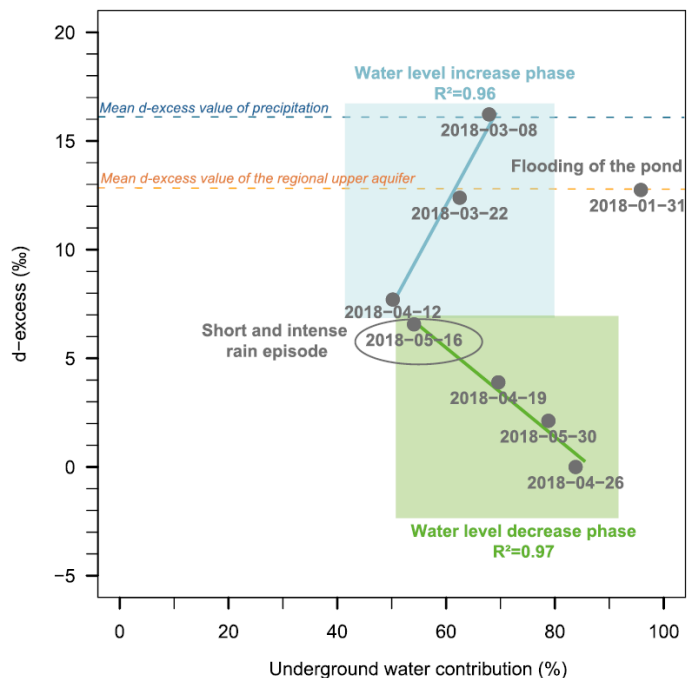


Schéma des différents isotopes stables de la molécule d'eau

- Influencé par la température :
 - Saisonnalité
 - Altitude
 - Distance des côtes
 - Evaporation (d-excess) – « état de l'hydropériode »
- Chaque masse d'eau possède une signature isotopique spécifique propre

Evolution du d-excess au cours d'une hydropériode dans la mare temporaire de Musella (Mattei et al, 2022)

Hydrogéologie – détecter et mesurer l'impact anthropique

Marqueurs anthropiques :

$^{15}\text{N-NO}_3$

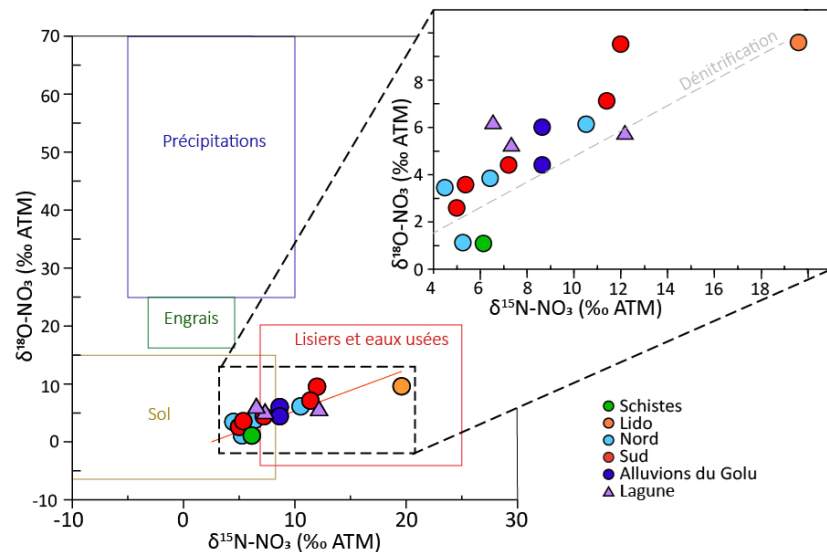


Diagramme des isotopes du nitrate d'une étude hydrogéologique de la lagune de Biguglia (Eröstate et al, 2020)

Identification des sources de NO_3^-

- 2 sources détectées : Déstabilisation des **sols** et lessivage des nitrates et **eau usée d'assainissements** (fuites)

➔ Mise en évidence de la capacité d'archivage des eaux souterraines

Contaminants émergents (CECs), pesticides

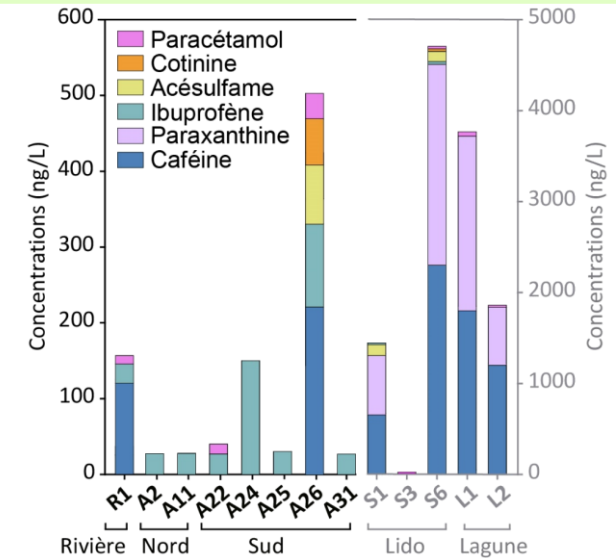
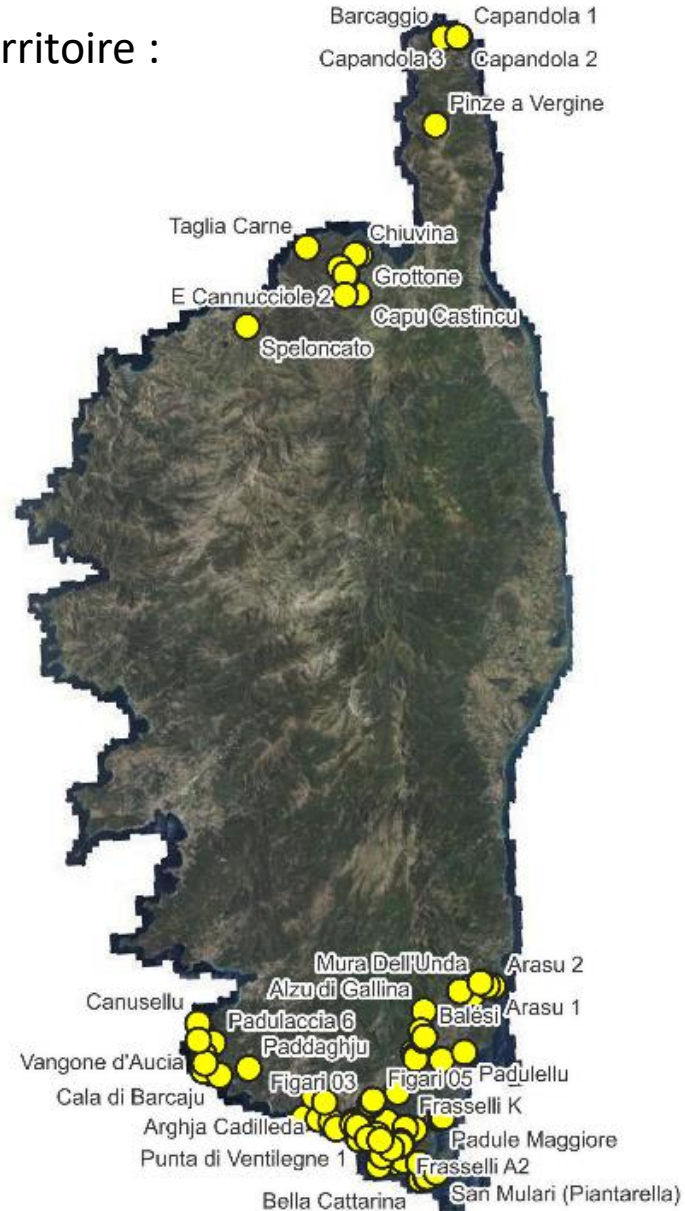


Diagramme de concentration de contaminant émergent d'une étude hydrogéologique de la lagune de Biguglia (Eröstate et al, 2020)

Ibuprofène ou caféine très présents dans les eaux souterraines :
« Emprunte pharmaceutique » liée aux assainissements
Cortège de micropolluants rapidement dégradables
➔ forte transmissivité du système, mélange rapide

Un suivi historique des mares temporaires corses par les gestionnaires locaux

Collaboration étroite avec les acteurs du territoire :



Historique des connaissances

- Cartographies
- Rapports d'étude
- Historiques de mesures
- Stratégies de gestion
- Inventaires floristiques et faunistiques
- Stratégies d'échantillonnage

Contribution au suivi

- Mesure in-situ et prélèvement **bimensuel**
- Accès aux sites
- Equipements de mesure (sonde, station météo, piézomètre)

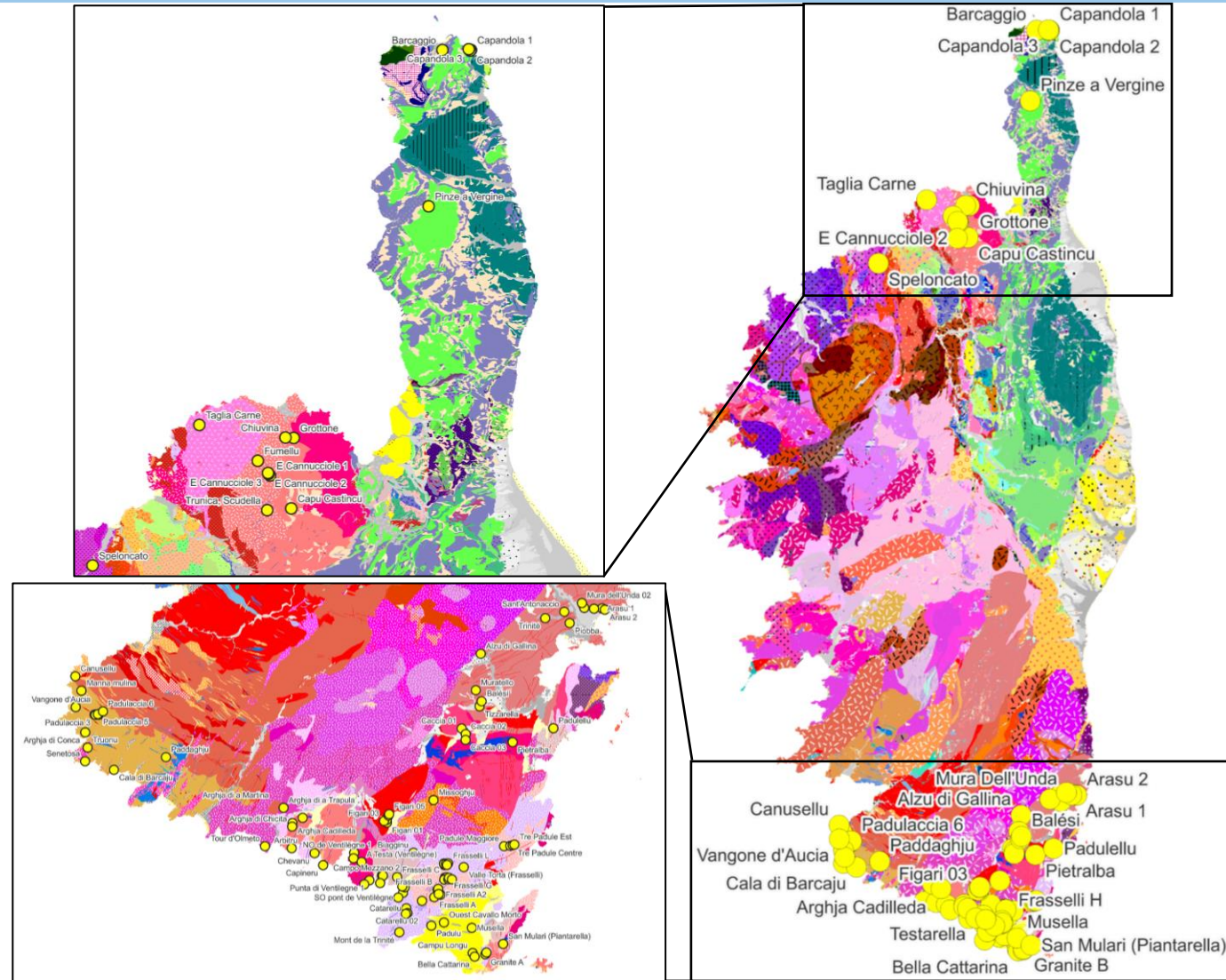
Les mares temporaires méditerranéennes en Corse

Un grand nombre de mares réparties sur un territoire contrasté :

➤ Le choix des mares doit représenter la diversité :

- Géologique
- Géomorphologique
- Altitude
- Distance à la mer
- Surface, Profondeur
- Anthropisation
- Couvert végétal
- Valeur patrimoniale (statuts de protection)
- ...

➤ Priorité donnée aux mares bénéficiant d'un suivi et de mesures de gestion



Cap Corse - Mares temporaires méditerranéennes

Propriétaire : Conservatoire du littoral

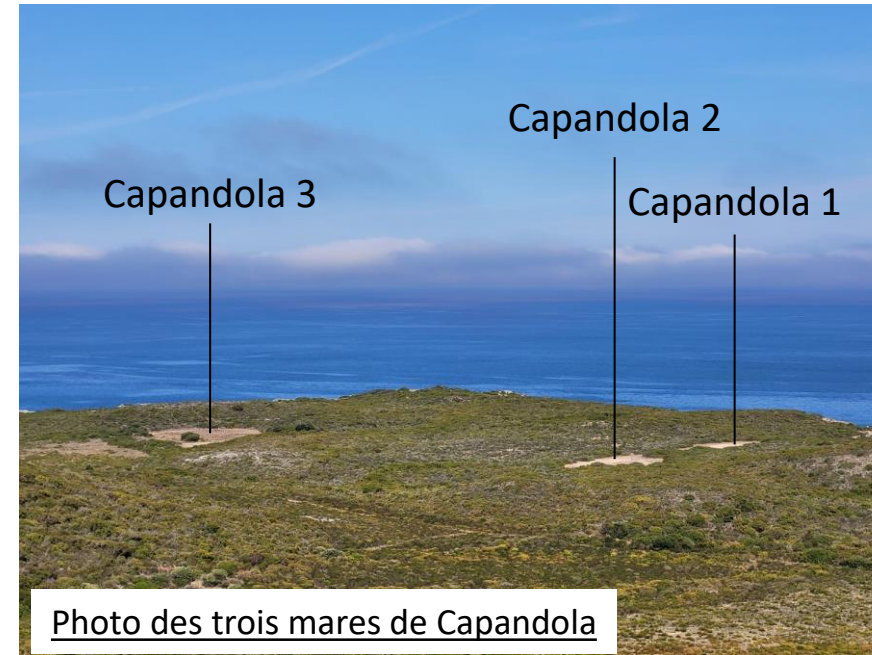
Gestionnaire : Collectivité de Corse

Barcaggio

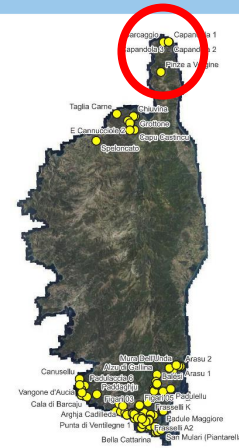


- Géologie : Alluvions fluviales sur schistes
- Absence visible d'anthropisation
- Suivi bimensuel par les gestionnaires

Capandola – 3 mares



- Géologie : Schistes (Métabasalte/Métagabros, Serpentinite) – **seule site en Corse**
- Plate-forme littorale
- Site équipé d'une station météo
- Absence visible d'anthropisation
- Suivi bimensuel par les gestionnaires (historique)



Sartenais - Mares temporaires méditerranéennes

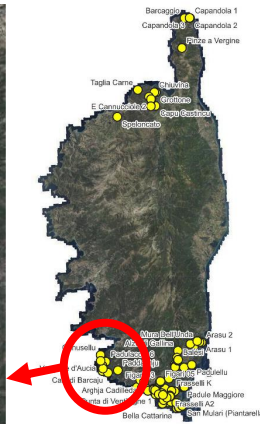
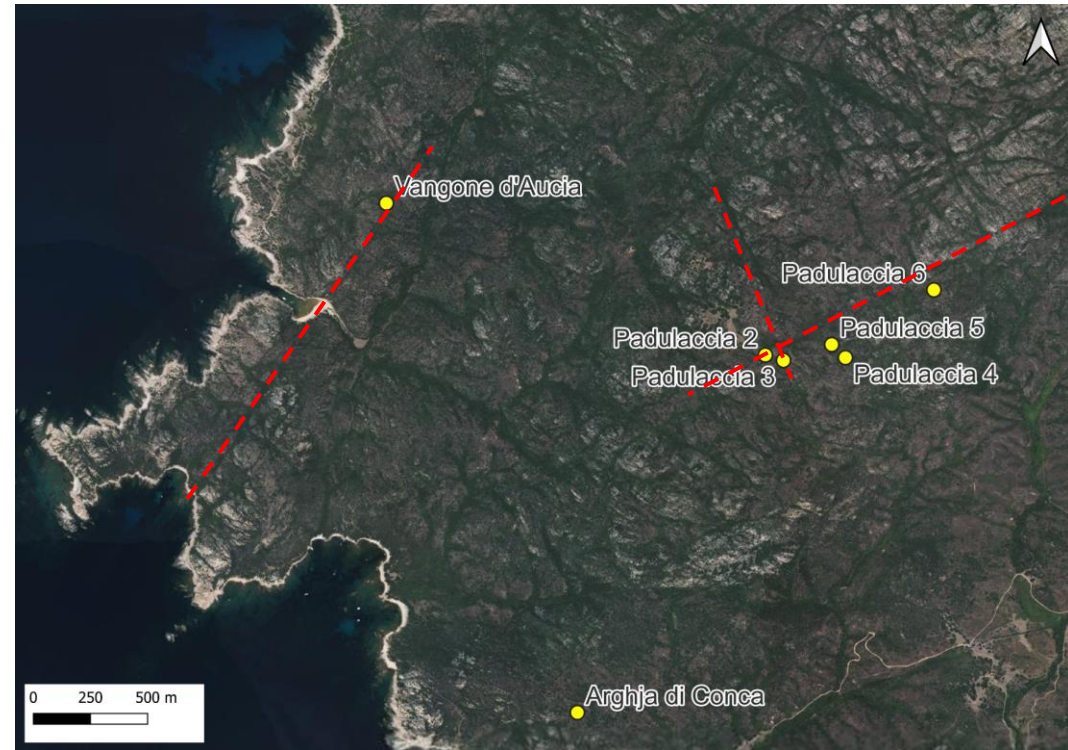
Propriétaire : Conservatoire du littoral

Gestionnaire : Syndicat Elisa

Padulaccia – 4 mares



- Géologie : Granite (Granite à biotite, granodiorite) – **nombreuses failles**
- Site équipé d'une station météo
- Absence visible d'anthropisation
- Suivi bimensuel par les gestionnaires (historique)



Carte des mares temporaires de Padulaccia en vue aérienne

Information structurale =
Fissure du socle =
visible grâce à la végétation =
zone de ruissellement et présence d'eau souterraine
potentielle

Tre padule - Mares temporaires méditerranéennes

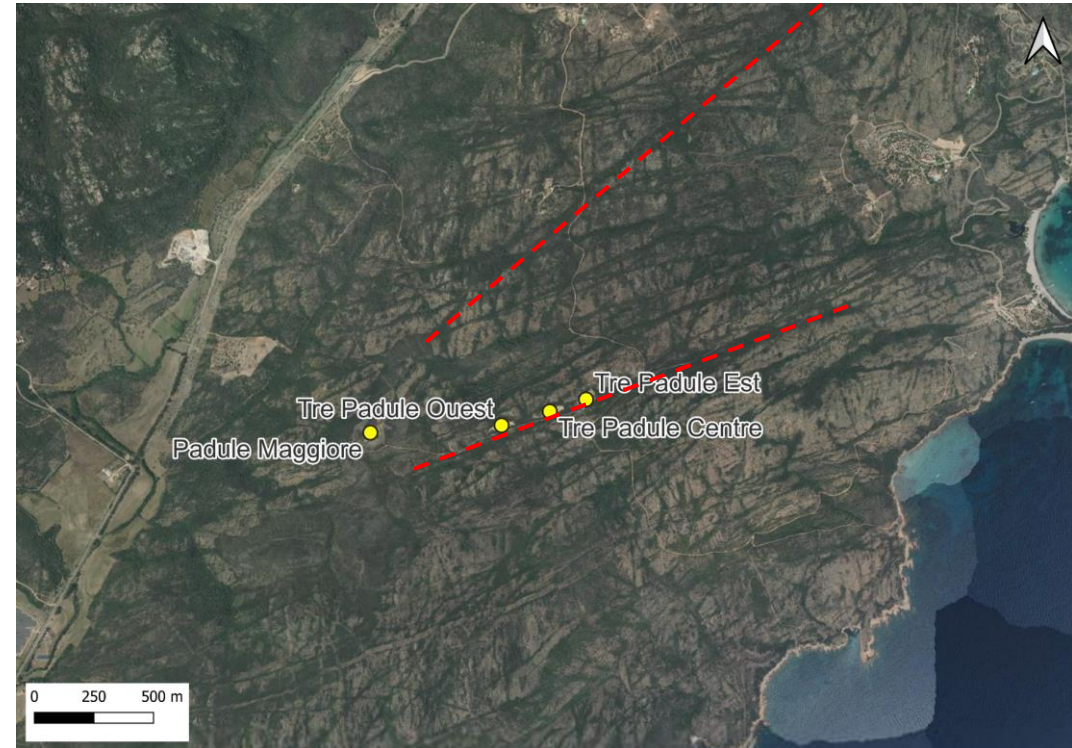
Propriétaires : Conservatoire du littoral - Privés

Gestionnaire : Office de l'environnement de la Corse –
Réserve naturelle

Tre Padule – 4 mares



Photo de Tre Padule Est



Carte des mares temporaires de la réserve naturelle de Tre Padule de Suartone en vue aérienne

- Géologie : Granite (Granite à biotite, granodiorite) – **nombreuses failles**
- Site équipé d'une station météo et d'un piézomètre
- Une mare avec une surface et profondeur supérieures à la moyenne
- Absence visible d'anthropisation
- Suivi bimensuel par gestionnaire (historique)

Extrême sud - Mares temporaires méditerranéennes

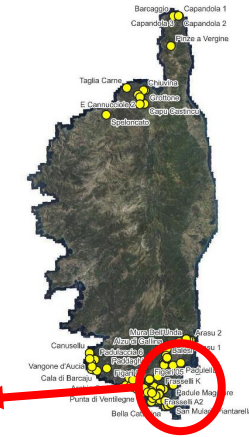
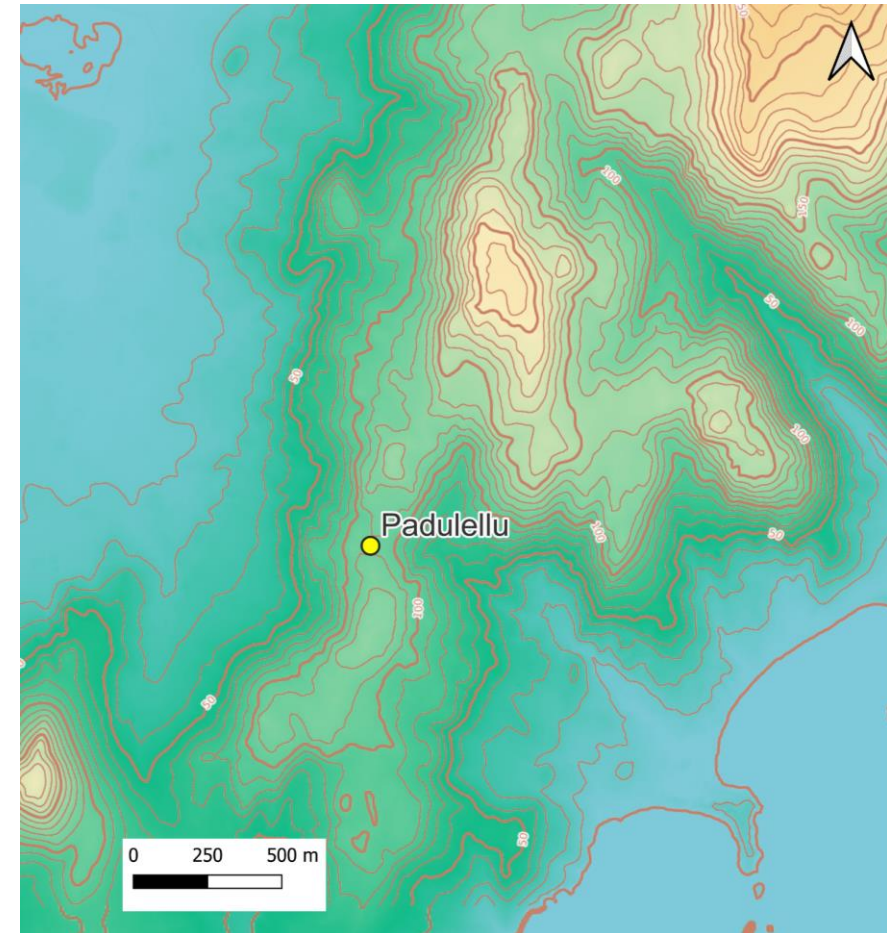
Propriétaires : Privés

Padulellu



Photo de Padulellu

- Géologie : Granite
- Petit bassin versant en crête (132m d'altitude)
- Station météo à venir
- Petite anthropisation à proximité
- Intérêt patrimonial (action de restauration)



Carte du modèle numérique de terrain de la mares temporaires de Padulellu

Extrême sud - Mares temporaires méditerranéennes

Propriétaires : Privés

Musella



Photo de Musella

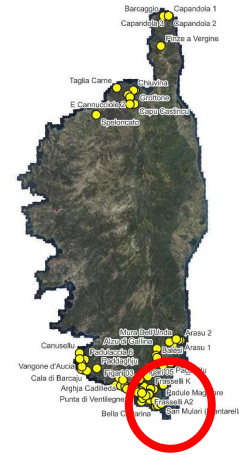
- Géologie : calcaire
- Surface et profondeur supérieures à la moyenne
- Station météo, piézomètre
- Anthropisation à proximité
- Natura 2000, *Eryngium pusillum*

Padulu



Photo de Padulu

- Géologie : calcaire en limite avec du granite
- Surface supérieure à la moyenne
- Présence de puits
- Anthropisation à proximité
- Ancien programme LIFE "Mares Temporaires"



Extrême sud - Mares temporaires méditerranéennes

Propriétaires : Privés

Alzu di galina



Photo d'Alzu di galina

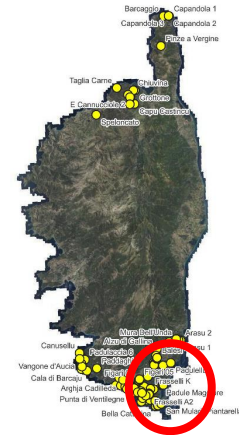
- Géologie : Alluvions fluviales
- Faible anthropisation à proximité (habitation et agricole)
- Couvert végétal atypique

Mura dell'Unda



Photo de Mura dell'Unda

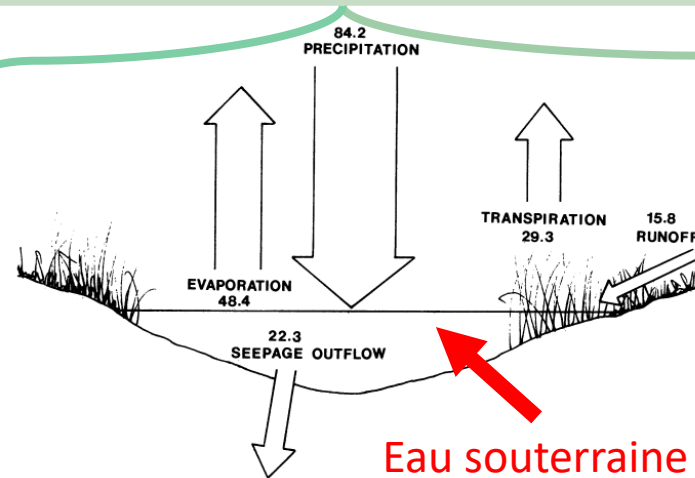
- Géologie : Alluvions fluviales
- Anthropisation à proximité (habitation)
- Arrêté préfectoral de protection de biotope
- Couvert végétal atypique



Conclusion

Caractériser le comportement de l'hydro-période
Lien avec le contexte hydro-climatique

Modèle conceptuel incluant l'hydrogéologie
Identifier les différents types de fonctionnement de l'hydro-période



Eau souterraine (espace, temps)

Apport méthodologique :
Evaluer la résilience des mares temporaires méditerranéennes face au réchauffement climatique et à l'anthropisation des eaux (flux polluants)

Impact potentiel :
Aider à mieux appréhender l'espace de bon fonctionnement des sites étudiés en considérant l'ensembles des flux contributifs (GDE)

Bibliographie

- Erostate, Mélanie. « Dynamique spatio-temporelle des flux naturels et anthropiques vers les hydrosystèmes littoraux tributaires des eaux souterraines : Investigations isotopiques et géochimiques pour la compréhension des interactions aquifères-lagune sur le site de Biguglia (Haute-Corse) ». These de doctorat, Corte, 2020.
<https://www.theses.fr/2020CORT0004>.
- Dimitriou, E., Moussoulis, E., Stamati, F. *et al.* Modelling hydrological characteristics of Mediterranean Temporary Ponds and potential impacts from climate change. *Hydrobiologia* 634, 195–208 (2009). <https://doi.org/10.1007/s10750-009-9898-2>
- Mattei Alexandra, Huneau Frédéric, Garel Emilie, Sorba Laurent, Orsini Sophie, Santoni Sébastien. « Isotope hydrology to provide insights into the behaviour of temporary wetlands as a basis for developing sustainable ecohydrological management strategies in Mediterranean regions » *Ecohydrology* Wiley Online Library, 2022.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eco.2411>.
- Poiani, Karen A., and W. Carter Johnson. "Global Warming and Prairie Wetlands." *BioScience* 41, no. 9 (1991): 611–18.
<https://doi.org/10.2307/1311698>.
- Tiffany A. Schriever and D. Dudley Williams "Influence of pond hydroperiod, size, and community richness on food-chain length" *Freshwater Science*, Volume 32, Number 3, September 2013 <https://doi.org/10.1899/13-008.1>
- Vasilatos, Charalampos, Marianthi Anastasatou, John Alexopoulos, Emmanuel Vassilakis, Spyridon Dilalos, Sofia Antonopoulou, Stelios Petrakis, Pinelopi Delipetrou, Kyriacos Georghiou, and Michael Stamatakis. 2019. "Assessment of the Geo-Environmental Status of European Union Priority Habitat Type "Mediterranean Temporary Ponds" in Mt. Oiti, Greece" *Water* 11, no. 8: 1627. <https://doi.org/10.3390/w11081627>.

Merci pour votre attention !