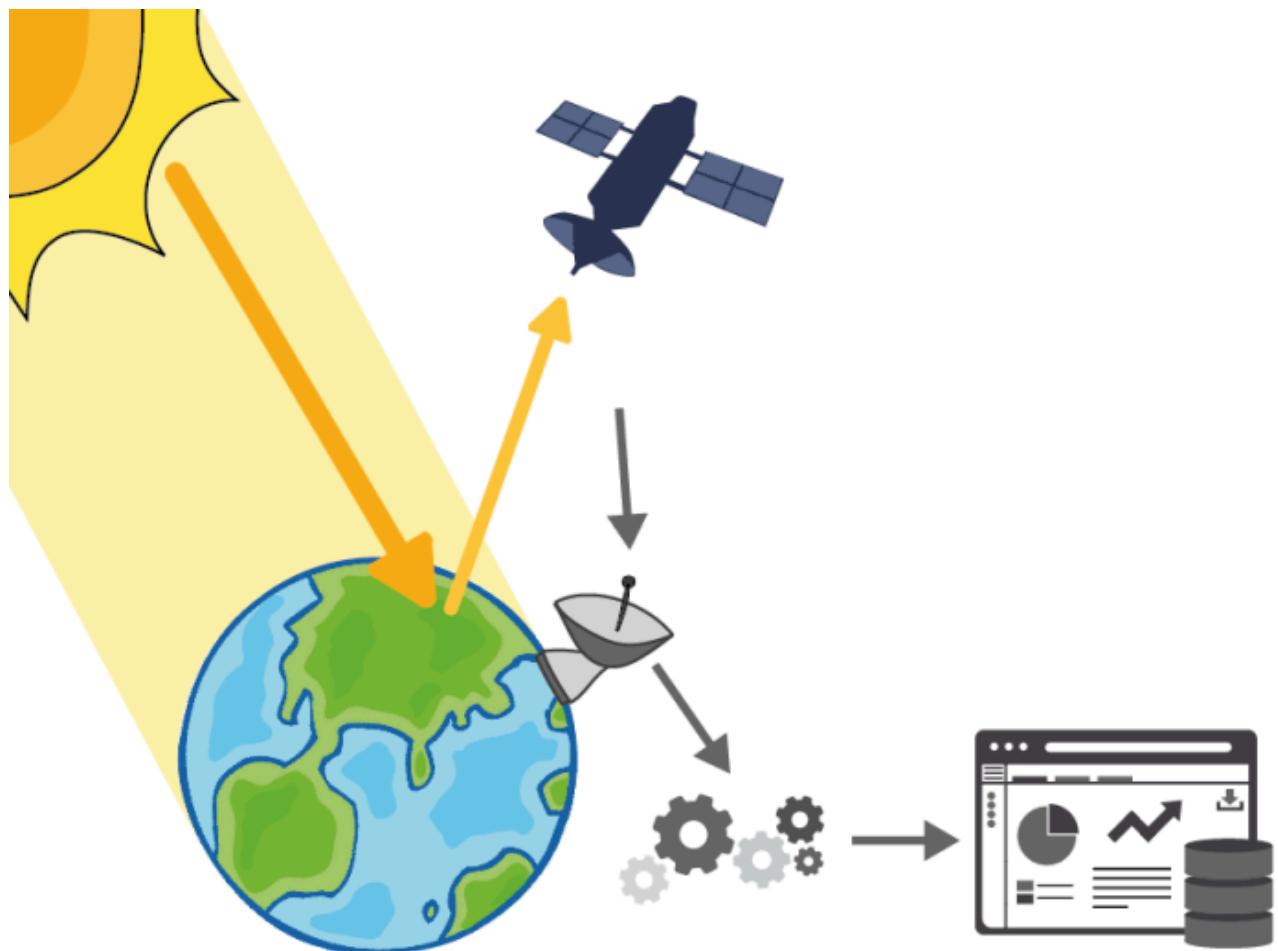


Projet télédétection / SIG

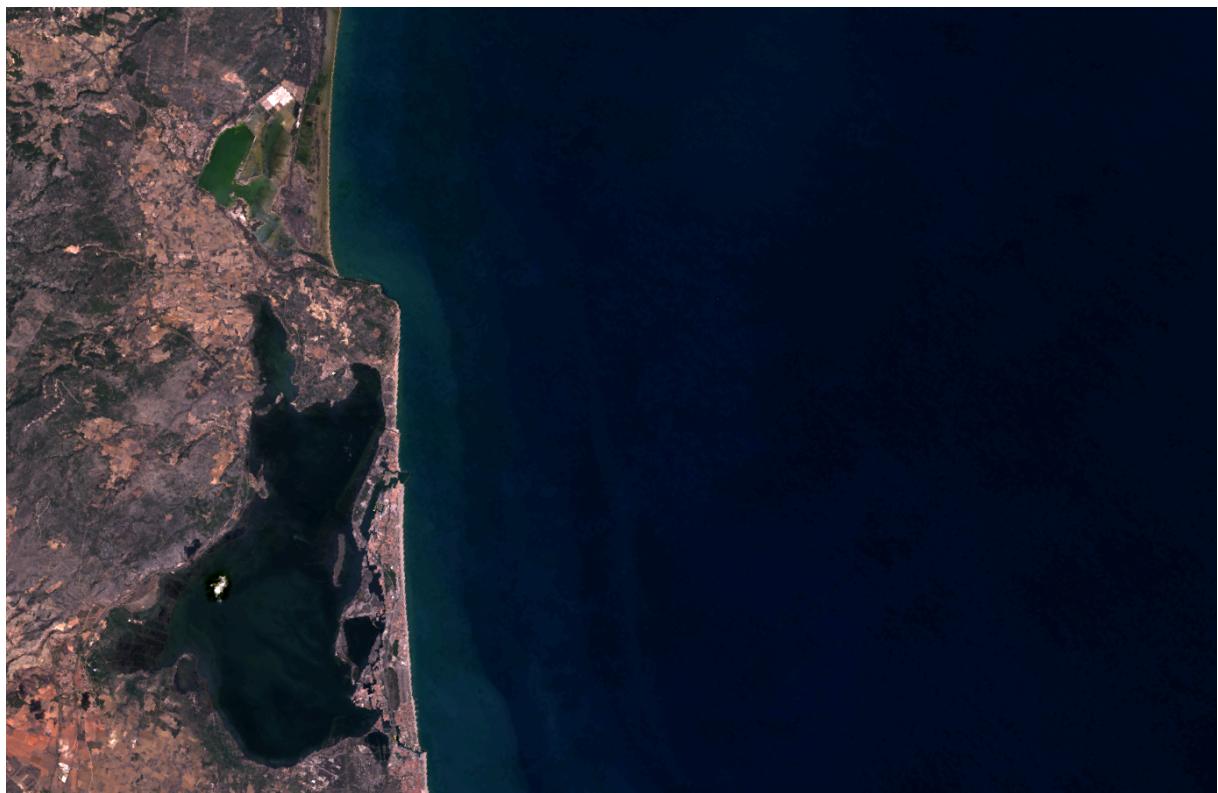
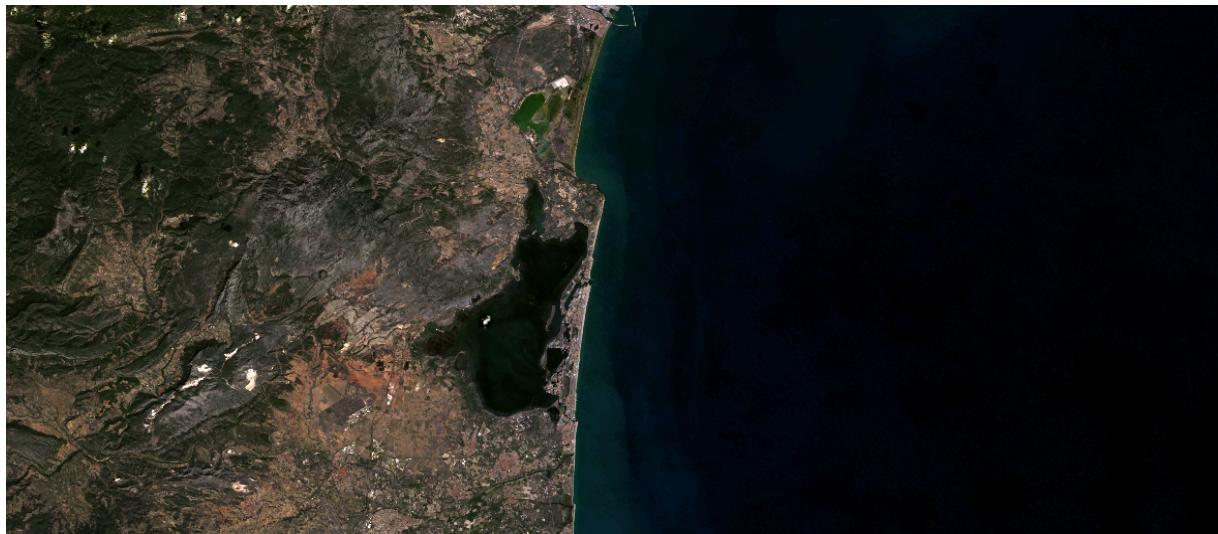


Raimana RATARO-TUIHAA

Baptiste TEULIER

A) BEAM

1. Images RGB

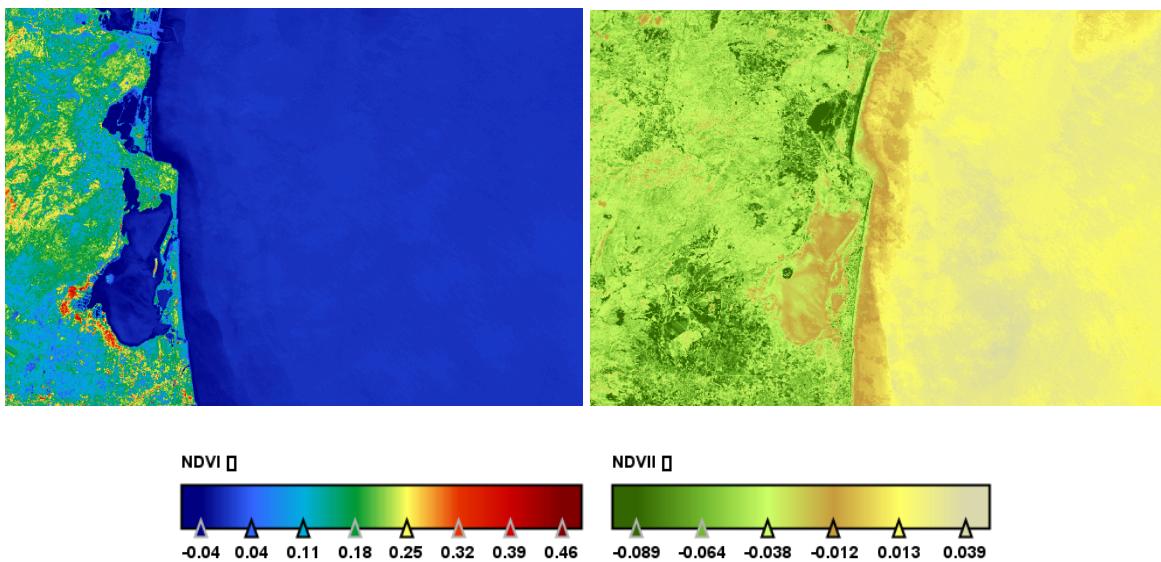


Remarques :

Les bandes bleu, verte et rouge des images Landsat 8/9 nous permettent d'avoir une image en couleur. Pour la 1^{ère} images nous avons des couleurs fidèles, on observe bien les terres et ses différents contrastes et le lac de La Palme qui a des couleurs fidèles à la journée du 14 septembre 2023 bien que les images datent du 19 septembre 2023.

En jouant avec le « colour manipulation » on peut observer les différents contrastes de l'eau du lac , de l'étang et de la mer.

Images NDVI :



Remarques :

Le NDVI, ou l'indice de végétation par différence normalisée, est un indice utilisé en télédétection pour évaluer la quantité et la santé de la végétation dans une zone donnée. Il est calculé à partir de données obtenues par des capteurs satellites qui mesurent la réflectance de la lumière dans différentes parties du spectre électromagnétique, principalement dans les domaines visible et infrarouge de la lumière.

Le NDVI est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Rouge}) / (\text{NIR} + \text{Rouge})$$

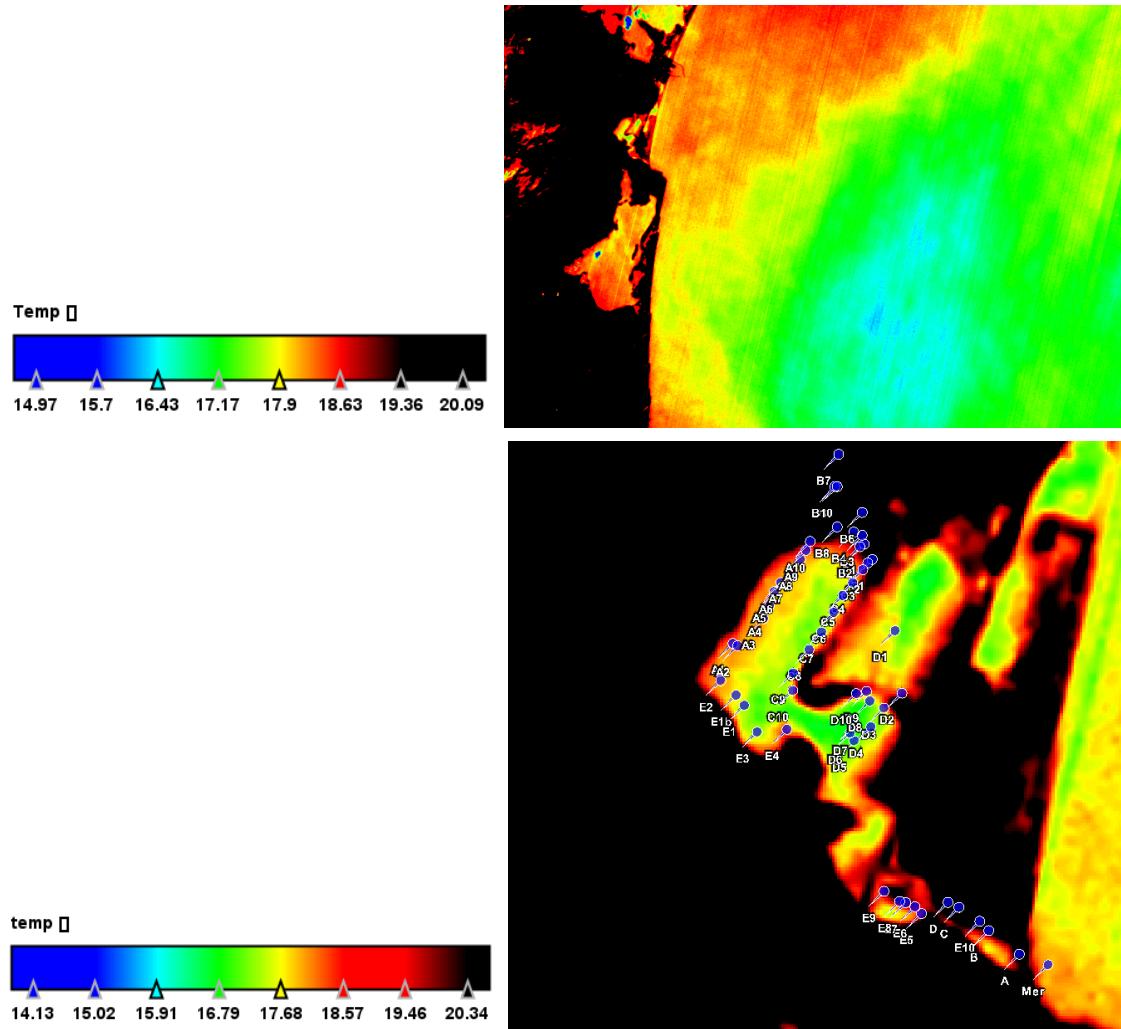
L'image NDVI du lac ne présente aucun dégradé de couleurs saisissant. Du côté de la terre, nous observons des teintes vertes/bleues qui évoquent la végétation terrestre. Cela indique le peu présence de zones de végétation le long des rives du lac. La couleur du lac tend vers le bleu foncé. Cette transition vers le bleu suggère que la végétation diminue ou est absente, ce qui coïncide avec la présence d'eau.

Au niveau de la terre on observe une multitude de contrastes allant du bleu jusqu'au rouge ce qui signifie généralement une absence de végétation, ou une végétation très peu dense. Plus la valeur est proche de -1, plus la zone est dépourvue de végétation ou présente une végétation très peu vigoureuse. Cela peut correspondre à des surfaces telles que l'eau, la neige, le sable, les zones urbaines ou des terres nues et au contraire pour les zones rouges, elles indiquent généralement une présence de végétation saine et dense. Plus la valeur est proche de 1, plus la végétation est dense et en bonne santé. Cela signifie que la zone est couverte de végétation verte, comme des forêts, des champs cultivés ou des prairies, ce qui est vérifié par les images RGB précédentes.

L'image pour les bandes bleu et vert - soit juste la différence, soit "à la" NDVI (NDVII), nous permet d'explorer les informations de l'eau par exemple telles qu'on observe une grosse réflectance dans le vert pour le lac de La Palme, coïncidant avec les images RGB satellite et les observations In Situ. La présence d'une forte concentration de vert peut indiquer une forte concentration de chlorophylle dans l'eau ou un fort développement des algues. Ces informations nous permettent de faire un

premier bilan sur l'activité biologique dans la zone et pourraient aussi être utilisées pour détecter les différentes sources de stress pour les plantes.

2. Distribution de la température d'eau

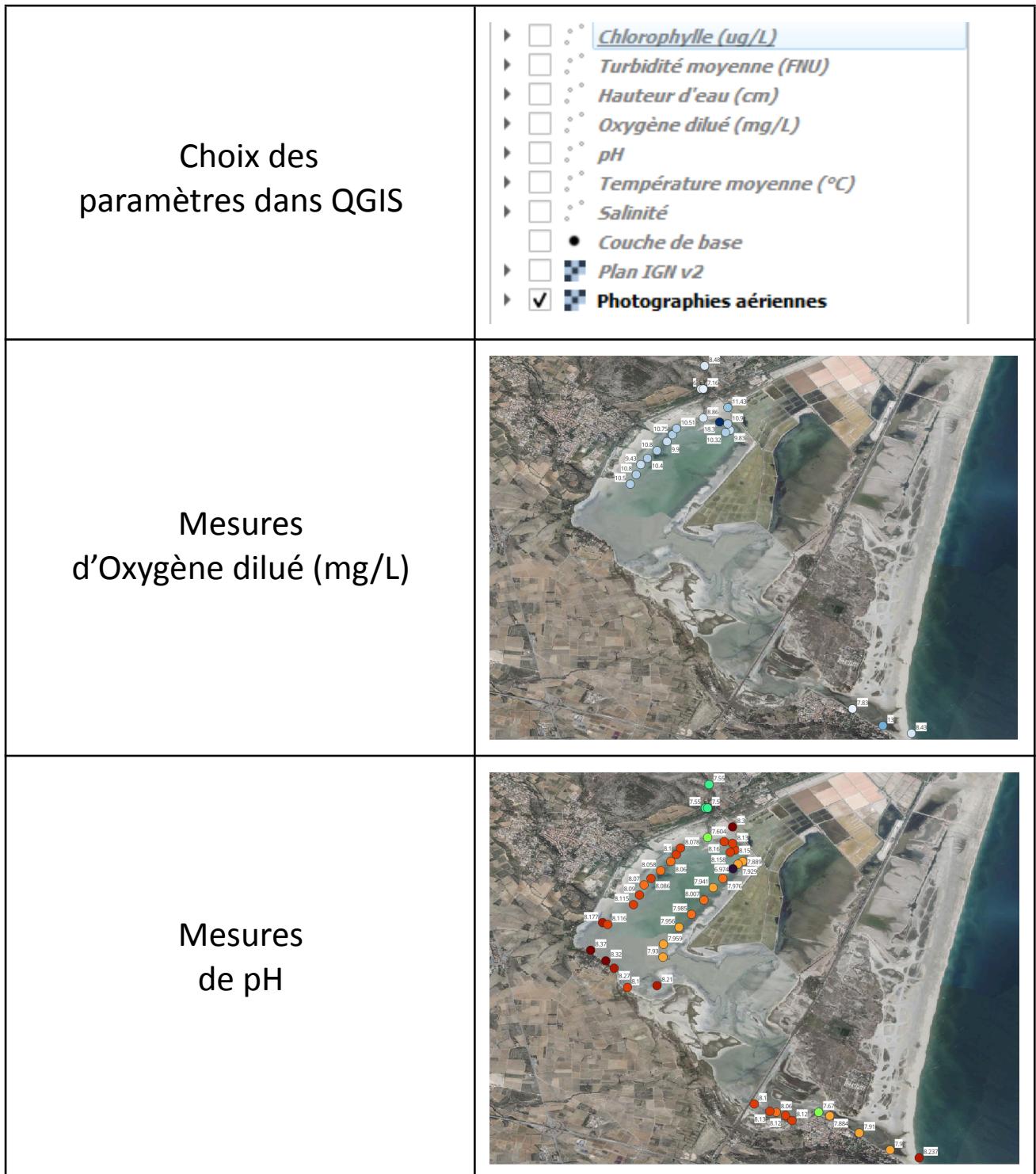


Les différences de température entre les images satellites Landsat 9 de la bande 11 et les températures relevées dans le lac de La Palme peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs. Le lac de La Palme a des profondeurs variables, et la température de l'eau peut varier considérablement avec la profondeur. Les images de la bande 11 de Landsat 9 mesurent généralement la température de surface, tandis que les températures relevées dans un lac peuvent varier en fonction de la profondeur. En général, les températures à des profondeurs plus importantes sont plus fraîches ce qui coïncide avec la faite que les mesures ont été faites au minimum 20 cm au-dessous de la surface de l'eau.

Label	Temp(SNAP)	Moyenne Temp In Situ	T1	T2	Erreur en %	Différence
A1	18,252653	23,1	23,1		20,9841861	4,847347
A2	18,12061	22,4	22,4		19,1044196	4,27939
A3	18,164639	22,3	22,3		18,5442197	4,135361
A4	18,14116	22,7	22,7		20,0829956	4,55884
A5	18,196918	22,7	22,7		19,8373656	4,503082
A6	18,276114	23	23		20,5386348	4,723886
A7	18,176378	23,3	23,3		21,989794	5,123622
A8	18,144093	23,4	23,4		22,461141	5,255907
A9	18,205719	23,7	23,7		23,1826203	5,494281
A10	18,478283	24,9	24,9		25,7900281	6,421717
B1	18,422646	22,3	22,3	22,3	17,3872377	3,877354
B2	18,223322	22,6	22,5	22,7	19,3658319	4,376678
B3	18,598263	23,6	23,5	23,7	21,1938008	5,001737
B4	18,563158	25,95	26	25,9	28,4656724	7,386842
B6	21,17014	22,2	22,4	22	4,63900901	1,02986
B7	24,148237	21,2	21,4	21	-13,9067783	-2,948237
B8	19,490238	21,6	21,9	21,3	9,76741667	2,109762
B9	22,37785	18,6	18,6	18,6	-20,3110215	-3,77785
B10	22,332367	18,85	18,8	18,9	-18,4740955	-3,482367
C1	18,331816	22,35	22,3	22,4	17,9784519	4,018184
C2	18,067753	22,2	22,1	22,3	18,6137252	4,132247
C3	17,791376	23,4	24,5	22,3	23,9684786	5,608624
C4	17,605812	22,05	22	22,1	20,1550476	4,444188
C5	17,732496	22,1	22,1	22,1	19,7624615	4,367504
C6	17,59402	22,6	22,6	22,6	22,150354	5,00598
C7	17,517353	22,6	22,6	22,6	22,4895885	5,082647
C8	17,635284	23,25	23,2	23,3	24,1493161	5,614716
C9	17,67948	23,2	23,2	23,2	23,7953448	5,52052
C10	17,502604	23,9	23,9	23,9	26,7673473	6,397396
E1	19,58607	21,8	21,8		10,1556422	2,21393
E1b	19,469902	21,9	21,9		11,0963379	2,430098
E2	19,527998	24,5	24,5		20,2938857	4,972002
E3	19,760124	26,8	26,8		26,268194	7,039876
E4	18,205719	25,9	25,9		29,7076486	7,694281
E5	20,344416	26,1	26,1		22,052046	5,755584
E6	18,446075	24	24		23,1413542	5,553925
E7	17,835518	24,7	24,7		27,7914251	6,864482
E8	17,976673	24,6	24,6		26,9240935	6,623327
E9	19,213972	27	27		28,8371407	7,786028
E10	19,283821	27,7	27,7		30,3833177	8,416179
A	19,8065	28,9	28,9		31,4653979	9,0935
B	19,51638	26,95	26,9	27	27,5830056	7,43362
C	18,899187	26,8	26,9	26,7	29,4806455	7,900813
D	19,60929	27,1	27,1		27,6409963	7,49071
Mer	19,20815	24,9	24,9	24,9	22,8588353	5,69185

B) SIG (QGIS)

Sur QGIS, nous avons affiché des cases à cocher afin de sélectionner les couches associées à chaque paramètres physique issu de notre fichier .csv (i.e. nos mesures de terrain) :



Mesures de salinité (PSU)



Mesures de température (°C)



Mesures de turbidité (FNU)



Hauteur d'eau (cm)



Mesures de chlorophylle-a ($\mu\text{g/L}$)



On constate un niveau d'eau plutôt bas, et une moyenne de salinité très élevée (80-90 PSU) sur l'étang. Cela est dû aux fortes chaleurs et au peu de précipitations sur la région ces 6 derniers mois.

Les variations de salinité nous permettent de faire une première quantification des échanges entre les différentes sources et puits dans l'étang. On observe par exemple, une baisse de salinité au Nord de l'étang, provoquée par les apports en eau douce du lavoir plus au Nord. On remarque aussi une baisse de la salinité au Sud-Est vers la jonction avec la mer, témoignant d'échanges d'eau de la mer vers l'étang, sûrement causés par les rafales de vents et/ou par les échanges entre les aquifères à proximité (la Mer et l'étang ne sont pas reliés visuellement).

Les mesures de pH permettent elles aussi de quantifier les différentes sources (ruisseaux) ainsi que les sources de pollutions pouvant modifier le pH de l'eau.

Les taux d'oxygène dilué sont bas mais restent corrects ($> 6 \text{ mg/L}$) et permettent la survie de la plupart des espèces dans l'étang.

Les taux de Chlorophylles sont particulièrement élevés dans l'étang (par rapport à la Mer mais aussi par rapport à une moyenne annuelle), notamment au Nord de celui-ci, traduisant sûrement une forte

activité biologique (phytoplancton) et/ou un fort développement des algues vertes (produisant aussi de la Chlorophylle).

On remarquera que les mesures de turbidité peuvent être interprétées avec les mesures de Chlorophylle, car la turbidité implique un brassage des sédiments de surface, pouvant témoigner de l'activité biologique de la zone (la chlorophylle est un indice d'activité biologique en général).

C) La Palme 3.0

L'étang de La Palme, est un écosystème complexe où se déroulent divers processus physiques et biochimiques fascinants. Les échanges avec la mer, les échanges avec les aquifères, les différentes sources en eau douce, la production primaire, l'eutrophisation, la sédimentation sont autant de facteurs clés à surveiller. Ces processus sont fortement impactés par le climat, ainsi que par l'activité anthropique, notamment par la pêche, l'agriculture et l'urbanisation aux alentours de l'étang.

Nous gardons de cette expérience sur le terrain un constat quelque peu préoccupant, en effet nous avons pu remarquer que le niveau d'eau était particulièrement bas par rapport aux moyennes de saison, nous avons aussi aperçu une grande quantité de crabes morts gisant dans et aux alentours de l'étang. Ce phénomène pourrait être expliqué par un cycle biologique naturel, mais au vu des valeurs de salinité particulièrement élevées (80-90 PSU) et sans oublier l'action eutrophique et anthropique aux alentours, nous ne pouvons pas négliger ces signaux, témoignant de l'apparition d'une nouvelle source de stress, pouvant impacter la biodiversité du site. Ce fort taux de mortalité des crabes reste un indicateur comme un autre de l'importance qu'est la surveillance de l'étang afin de préserver au mieux les nombreux écosystèmes et espèces protégés qui le compose. D'un point de vue socio-économique, il est aussi important de surveiller ces phénomènes afin d'éviter au mieux les désagréments aux riverains et touristes, par exemple, une salinité aussi élevée provoque des irritations sur le long terme, les odeurs des écosystèmes en décompositions et l'impact sur les écosystèmes locaux pourrait participer à une baisse de l'activité touristique aux alentours du site.

Il est donc primordial de limiter au mieux l'impact anthropique sur l'étang en régulant l'accès à la baignade et à la pêche, en particulier sur certaines périodes (durant les périodes de reproduction des espèces par exemple). Il est aussi indispensable de quantifier et limiter les sources de pollutions anthropiques aux alentours du site comme l'utilisation des pesticides et autres polluants sur les cultures viticoles aux abords du site, une régulation des automobilistes pourrait aussi être envisagée si leur impact met en péril la biodiversité de la zone. On remarquera qu'il est bien évidemment intéressant de quantifier les différentes sources et puits sur l'étang (apport des rivières, pluies, taux d'évaporation, écoulement des eaux usées, échanges avec la mer, échanges entre aquifères), afin de proposer des solutions adaptées suivant le climat dans la région.

Pour une surveillance optimale, un schéma complet pourrait inclure des capteurs satellitaires pour les données à grande échelle (résolution de 30m/30m), des avions et des drones équipés de caméras thermiques pour des relevés aériens plus précis, des capteurs autonomes pour une surveillance continue et des missions de terrain pour des échantillons d'eau et des prélèvements de sédiments.

La fréquence des relevés dépendrait des variables, allant de journalière à saisonnière suivant les besoins et moyens disponibles. Les paramètres clés à surveiller engloberaient la température, la salinité, la turbidité, la chlorophylle-a, les taux de nutriments, les sédiments, ainsi qu'un recensement de la faune et de la flore (On rappelle que le site est classé Zone Naturelle).

Une collaboration entre les agences gouvernementales, les universités, les associations et les organisations environnementales pourrait permettre de réduire les coûts d'entretien et maximiser la qualité des données. L'automatisation des capteurs pourrait également réduire la nécessité de main-d'œuvre.

Pour résumer, la surveillance de l'étang de La Palme nécessite une approche holistique qui tient compte des processus, de leurs impacts sur l'écosystème et de leurs interactions avec l'activité humaine. Il faut rêver grand, mais aussi tenir compte des réalités financières et logistiques pour établir un système de surveillance efficace.

Bibliographie :

[*Freshening of a Coastal Karst Aquifer Revealed by the Temporal Changes in a Spring Water Composition \(La Palme, Southern France\)*](#)

[*Temporal variability of lagoon-seawater exchange and seawater circulation through a Mediterranean barrier beach*](#)

[*Karstic groundwater discharge and seawater recirculation through sediments in shallow coastal Mediterranean lagoons, determined from water, salt and radon budgets*](#)

[*A comparison between water circulation and terrestrially-driven dissolved silica fluxes to the Mediterranean Sea traced using radium isotopes*](#)