

# Expertises environnementales



# Éléments introductifs

## Mission Igedd et Plan Eau Mayotte

**Qui et quand ?** Inspectrice Igedd, missionnée par le Ministère de la Transition Ecologique et des collectivités territoriales, depuis le 1<sup>er</sup> novembre 2023 jusqu'à fin avril 2024 avec reconduction en cours de discussion. En lien notamment avec le ministère de l'intérieur et des Outre-mer

### **Pour quoi ?**

- Mission de direction de projet de sortie de crise de l'eau potable pérenne à Mayotte, faisant aussi partie de la cellule interministérielle de crise dédiée
- Mais depuis le début de la mission, avec une vision plus large du petit cycle de l'eau (assainissement) et du grand cycle de l'eau dans un développement équilibré de Mayotte et de tous ses usagers et enjeux environnementaux
- Chargée d'établir un Plan Eau Mayotte 2024-2027

# Éléments introductifs

## Mission Igedd et Plan Eau Mayotte

### Comment ce Plan eau Mayotte ?

- En s'appuyant sur des outils existants (contrat de progrès PEDOM 2022-2026, CCT 2024-2027, ...)
- En réévaluant, à la lumière des retours d'expérience de crise depuis 2017, financièrement et techniquement
- En procédant à une évaluation des ressources humaines, compétences et matériels, notamment de tous les opérateurs de MTECT (Météo France, ONF, OFB, ..)
- En écoutant et recueillant les propositions dans le cadre du retour d'expériences de la gestion de crise 2023 \_ date initiale du lancement le 12 février 2024 (*mail save the date*) repoussée au 26 mars 2024 jusqu'à fin avril 2024.
  - Il est donc en cours de construction

# Éléments introductifs

## Mission Igedd et Plan Eau Mayotte

### C'est quoi ce Plan eau Mayotte ?

- un avenant financier et technique au contrat de progrès PEDOM Mayotte en cours 2022-2026, incluant déjà un panel d'actions sur la diversification de la ressource en eau (eaux souterraines, superficielles et marines, celle-ci en dernier recours), la sécurisation du service public (réseaux, réservoirs, ...), la mise aux normes de l'assainissement, ....
  - ❖ Mais portant en plus, une ambition complémentaire sur la valorisation des eaux non conventionnelles, la restauration des milieux pour reconnecter le petit au grand cycle de l'eau et l'innovation sur le rapport à l'eau dans un contexte de changement climatique
  - ❖ Mais porte l'effort de rattrapage des investissements

# Éléments introductifs

## Mission Igedd et Plan Eau Mayotte

### C'est quoi ce Plan eau Mayotte ?

- Des personnes et des compétences en plus pour faire (renforcement de l'ingénierie d'état en conduite d'opérations, en hydrogéologie, en météorologie, en géomatique pour la déforestation, moyens de police complémentaires, ...)
- des moyens matériels en plus pour suivre (points de suivi de la ressource en eau, du climat, ...)

# Eléments introductifs

## Mission Igedd et Plan Eau Mayotte

### C'est quoi ce Plan eau Mayotte ?

- Au travers du lancement du Retour d'expériences 2023 (associant très largement des acteurs du territoire, dont le CEB, mais pas que ...), des actions partenariales innovantes, démultipliant les efforts d'investissements du contrat de progrès à recueillir

Exemples : initiative CADEMA, RSMA, université de Mayotte, éducation au rapport à l'eau avec les Ambassadeurs de l'Eau,...

- Une restitution du retour d'expériences 2023 pour valoriser l'intelligence collective et vers la finalisation du Plan Eau Mayotte

# Point d'avancement au 11 Mars 2024

Projet de dessalement à Ironi Bé des Eaux de Mayotte

Financé par



**GOVERNEMENT**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



@CREOCEAN\_ke



**creocean**  
Environnement & océanographie

# Contexte du projet

- Part respective des ressources de production dans le mix de production d'eau potable

Les ressources de production d'eau en moyenne sur une année sont les suivantes :

- Captages : 44%
- Retenues : 20%
- Forages : 30%
- Dessalement : 6%

Cette répartition évolue en fonction des saisons sèches et humides . Ainsi lorsque les cours d'eau sont à l'étiage les retenues sont plus fortement sollicitées



# Objectif principal du projet de dessalement

L'usine de dessalement est une réponse face au risque de sécheresse accru par le changement climatique

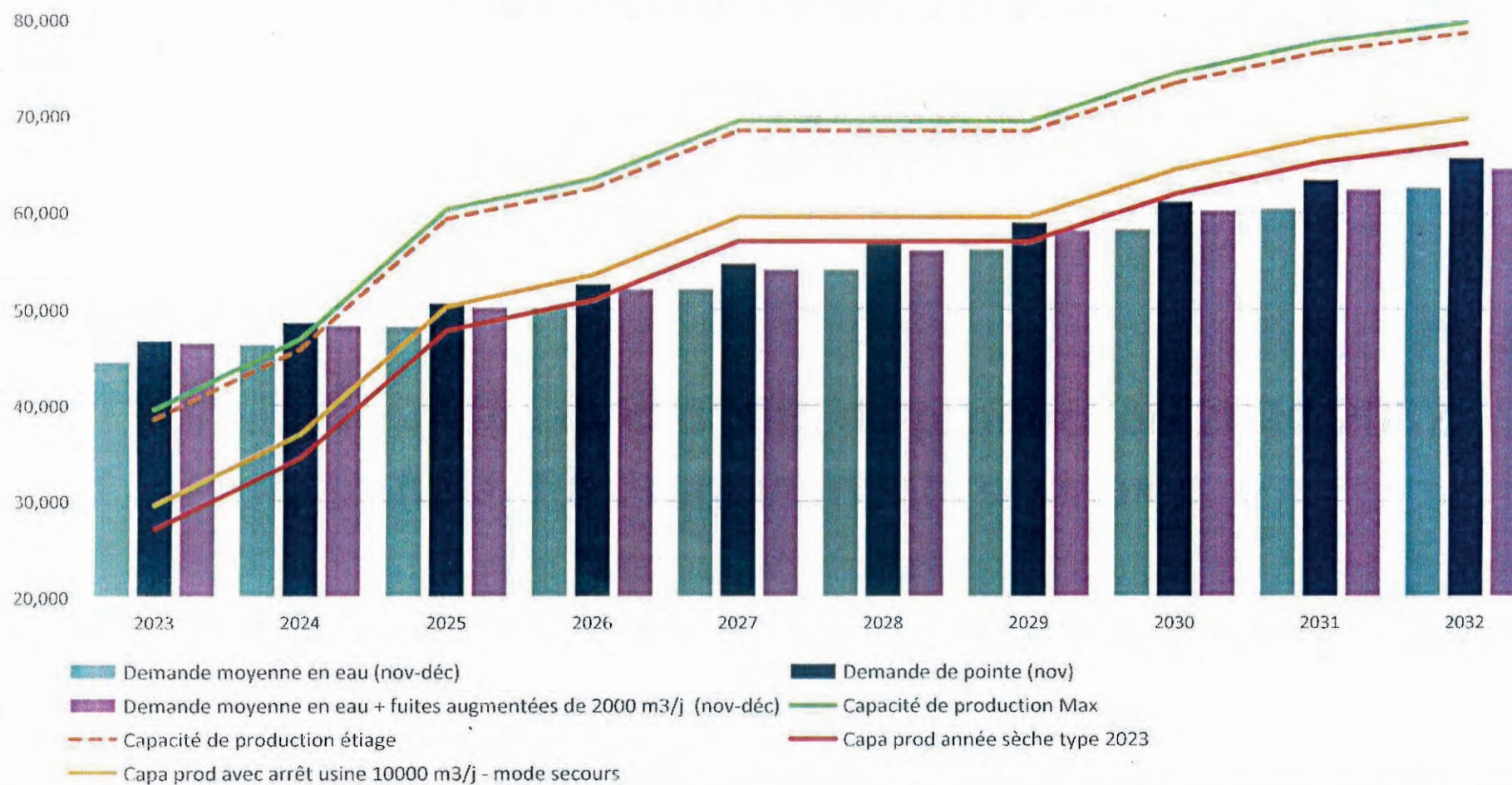
Le département fait face à une augmentation croissante des besoins en eau +2 000m<sup>3</sup>/j par an ce qui est inédit sur le territoire national

En 2024 les capacités de production en moyenne sont de 40 600m<sup>3</sup>/j contre 38 000m<sup>3</sup>/j en 2021. Toutefois les besoins en eau passent de 40 000m<sup>3</sup>/j en moyenne à 45 500m<sup>3</sup>/j en 2024

Les besoins croissants en eau mettent en tension le système de production qui repose à 94% sur la pluviométrie. L'augmentation de la part du dessalement dans le mix de production est une réponse face aux situations de sécheresse

# Demande en eau et capacité de production 2024-2032 (avant les mouvements sociaux)

Demandes en eau et capacité de production (m3/j)



# Présentation du projet

**Création d'une usine de dessalement de 10 000m<sup>3</sup>/j dans une première phase de travaux .**

**Mise en service escomptée fin 2025**

**Une deuxième phase d'extension portant la capacité à 16 600m<sup>3</sup>/j ou 17 500m<sup>3</sup>/ d'ici 2027 2028.**

**Les emplacements dans l'usine pour les trains de dessalement et les canalisations en mer sont déjà prévues dans la première phase de travaux**

**Les études préalables ont été lancées en 2023:**

- Analyse eaux brutes ( fin prévue décembre 2024),
- Etude de bathymétrie (finalisée mars 2024),
- Etude géotechnique ( en cours jusqu'à mise en service ),
- Elaboration de la liasse réglementaire dont la notice d'incidence environnementale( en cours finalisation pour mi 2024), état initial faune flore terrestre (finalisation fin mars 2024) et milieu marin ( fini en décembre 2023),analyse du panache du rejet (terminée en mars 2024),
- Etude de courantologie (terminée début mars 2024).

# Procédure Marchés

- Une consultation avec deux marchés de travaux est en cours
  - Un **marché global de performance** pour l'usine de dessalement
  - Un **marché de conception réalisation** pour la plateforme de l'usine, les canalisations d'aspiration de l'eau brute et de rejet
- Dans les deux cas la conception du projet se fait avec le groupement retenu pour chaque marché. **Le projet définitif n'est donc pas encore arrêté par LEMA**
- Le dialogue est toujours ouvert avec les candidats pour la conception du projet notamment sur le volet environnemental
- **Les négociations sont en cours ce qui implique une stricte confidentialité du contenu des offres notamment sur : les modalités de travaux, les délais d'exécution proposés par chaque candidat**

# Procédure réglementaire

- La procédure d'urgence civile
  - Remplace une étude d'impact par une notice d'incidences environnementales incluant la séquence ERC et notamment la définition des mesures associées
  - Dispense d'un avis de l'autorité environnementale
  - Remplace l'enquête publique par une consultation du public sous un 1 mois
  - Réduit les délais d'instruction de la demande d'autorisation environnementale de 9 mois à 5mois
- Restent applicables au projet notamment la demande de dérogation espèces protégées ( avis à demander au CNPN) ainsi que les demandes d'AOT
- Une saisine du Parc Naturel Marin est prévue pour un avis conforme

# Etudes sur le choix du site

- Etude 2013-2017 sur 6 sites avec des critères environnementaux , 3 retenus
- Etude en 2019 sur 12 sites avec des critères environnementaux suite crise eau de 2017
- 4 sites préchoisis en 2022 et lancement des études préalables

# Etudes sur le choix du site



**Figure 1:** Carte des 6 sites présélectionnés et 3 retenus de l'implantation d'une nouvelle usine de dessalement : Etude de faisabilité de 2013 à 2017

# Etudes sur le choix du site



- Bambo Est;
- Bandrele – pointe Rassi Mounyendre;
- Bandrele – Musicale plage;
- Boueni;
- Chrongui sud;
- Chirongui Nord;
- Dembeni/Hamouro;
- Mgnambani – pointe Rassi Bambo;
- M'tsamoudou sud;
- M'tsamoudou – Pointe Saziley;
- Sada – M'tsangabeach.
- Ironi be

Figure 2: Localisation des 12 sites pressentis : Etude de faisabilité 2019 DEALM



# Etudes sur le choix du site

	Site n°1 – Port de Longoni		Site n°2 – les Badamiers		Site n°3 – Ironi Bé		Site n°4 – Bandré	
1 Situation géographique et accès	+1		0		0		+2	
2 Contraintes foncières et réglementaires	+1		0		-1		+2	
3 Contraintes de raccordement au réseau électrique	+1		-1		0		0	
4 Modalités de prise d'eau brute	-2 (OI)	-1 (BW)	0 (OI)	+1 (BW)	-2 (OI)	+1 (BW)	-1 (OI)	+2 (BW)
5 Impacts environnementaux et modalités de rejet de saumure	-1		+2		-1		-1	
6 Modalités de raccordement au réseau d'eau potable	-2		-1		+2		-1	
7 Sources potentielles d'ENR	0		0		0		0	
8 Sécurisation de l'AEP de l'île	+1		+1		+2		+2	
<b>TOTAL</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>+2</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	<b>+3</b>	<b>+6</b>

- Suite aux études préalables de 2022, les sites 2 et 4 classés ici en premier ne sont pas retenus en raison de l'absence de rejet mutualisé avec la STEP de petite terre pour le site 2 et pour l'absence de puissance électrique pour le site 4.
- Le site de Longoni pour une usine n'est pas retenu en raison de risque de pollution portuaire.
- **Le site d'Ironi Be est le seul permettant d'alimenter le nord et le sud de l'île avec une production de 10 000m<sup>3</sup>/j**

# Retours d'expérience de Petite-Terre

- Respect des règles de l'art en matière de prise d'eau et de rejet de l'eau sursalée :
  - **Prise d'eau à une profondeur de 10m et située 3m au-dessus du fond.**
  - **Rejet de l'eau sursalée dans une colonne d'eau d'au moins 10 mètres avec la mise en place de diffuseurs pour augmenter la diffusion de l'eau sursalée**
- **Des études préalables sont indispensables :**
  - une campagne de la qualité de l'eau de mer ( analyse eaux brutes),
  - une étude de dispersion de l'eau sursalée,
  - une étude bathymétrique avec la prise en compte du marnage
- **Les exploitants de l'usine doivent disposer d'une expérience significative dans l'exploitation des process de dessalement**
- La connaissance précise des enjeux environnementaux dans la zone de rejet de l'eau sursalée est essentielle pour s'assurer d'absence d'impact de l'eau sursalée

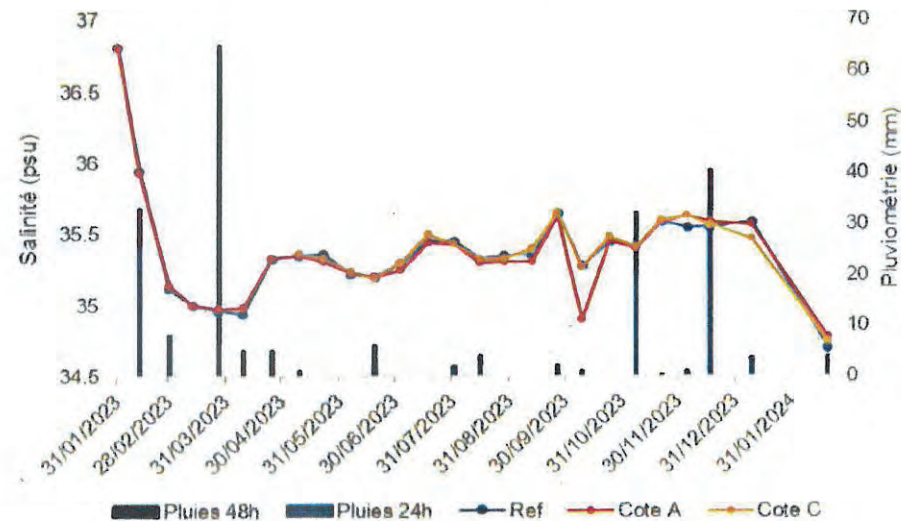
# Points à Débattre

# Etude de qualité de l'eau brute (OCEA Consult)



# Etude de qualité de l'eau (OCEA Consult)

- **Prestataire** : OCEA Consult
- **Période** : Janvier 2023 – en cours (25 campagnes bimensuelles)
- **Objet**: étude de la variabilité physico-chimique de la qualité de l'eau
- **Résultats préliminaires**:
  - Salinité moyenne : 35,4 g/l (calculée à partir de la conductivité)
  - Amplitude de variation : 2,1 g/l
  - Variabilité : +/- 3% par rapport à la moyenne



SaIlnité	Min	Médiane	Moyenne	Max
Ironi Bé – Cote A	34.70	35.36	35.39	36.81
Ironi Bé – Cote C	34.78	35.32	35.38	36.81
Ironi Bé – Ref	34.75	35.40	35.38	35.65

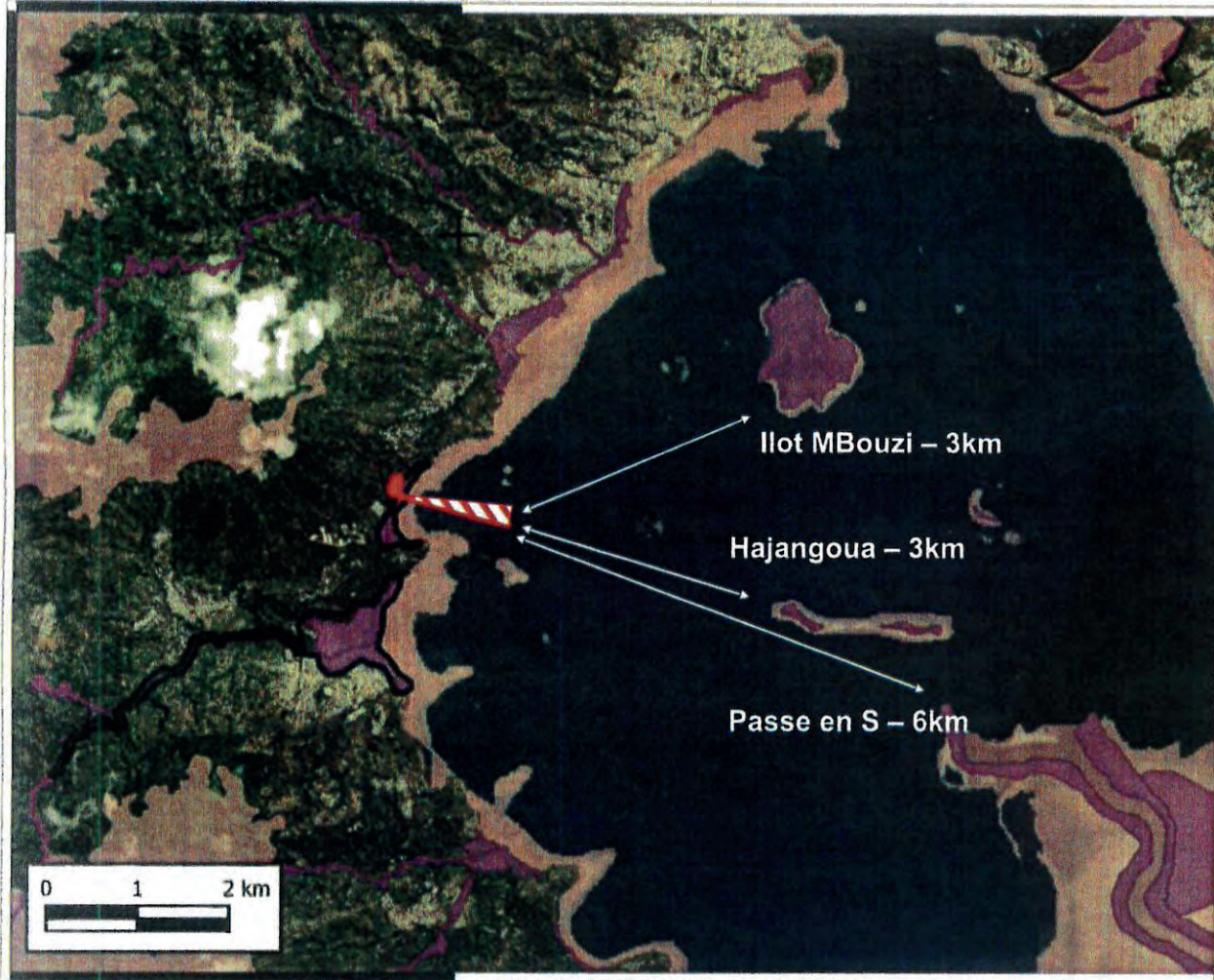
# Modélisation hydrodynamique et étude de dispersion







# Localisation



45°12'0"E



-  Zone étude immédiate
-  Espace Naturel Sensible
-  ZNIEFF type I
-  ZNIEFF type II

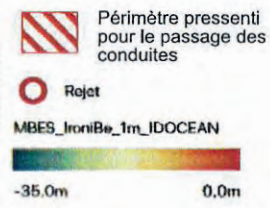
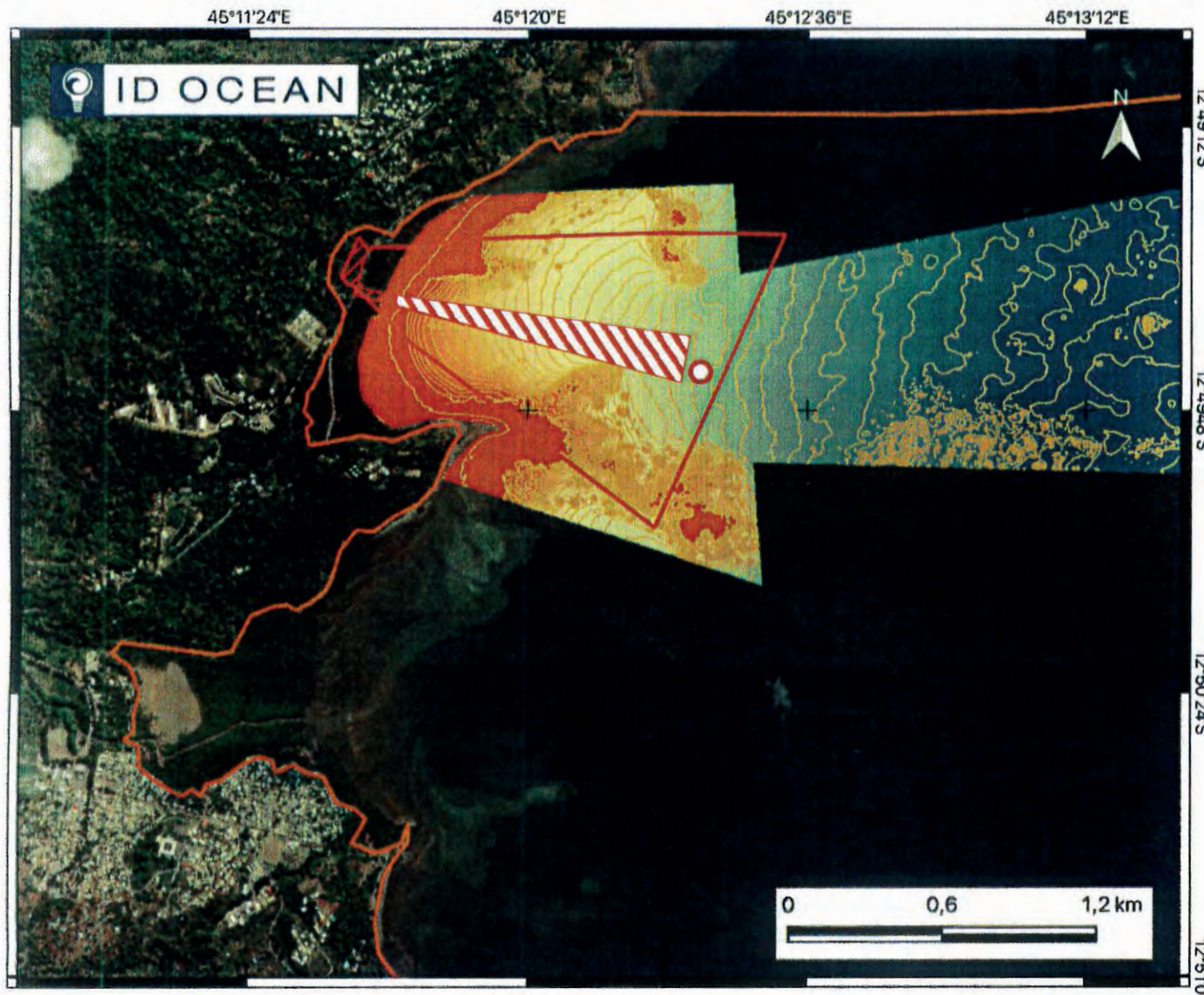
12°48'0"S

creocean  
Océan Indien

WGS84 / UTM38S  
DEAL 2023



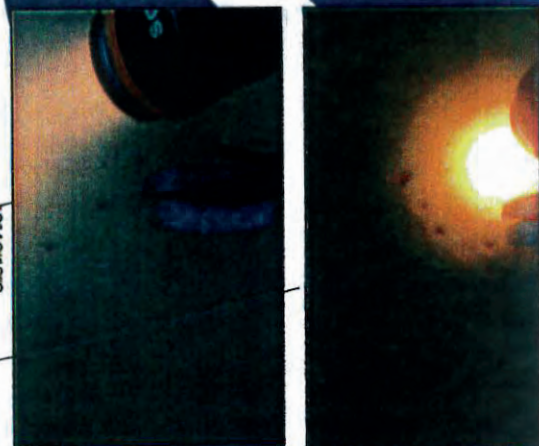
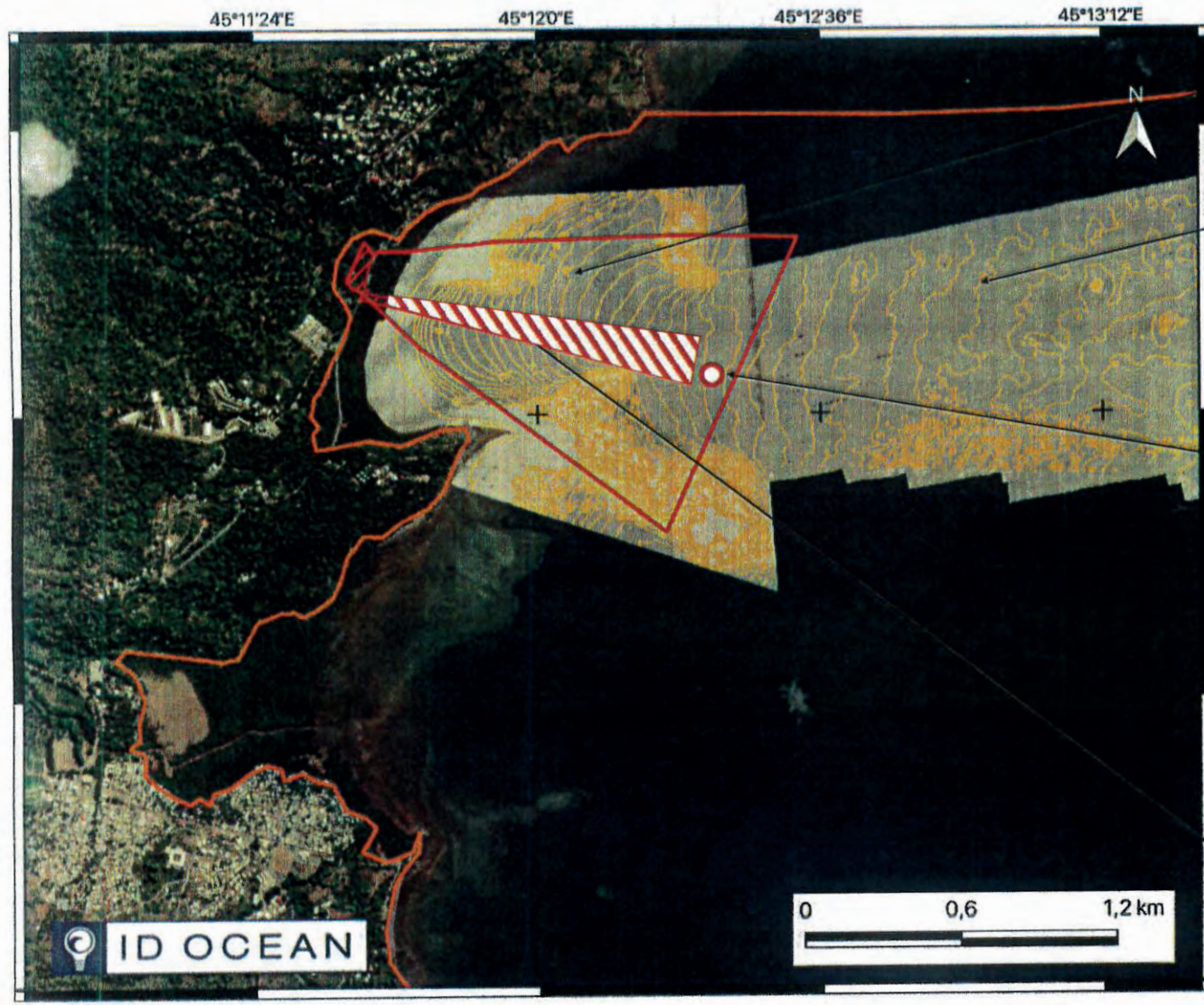
# Bathymétrie



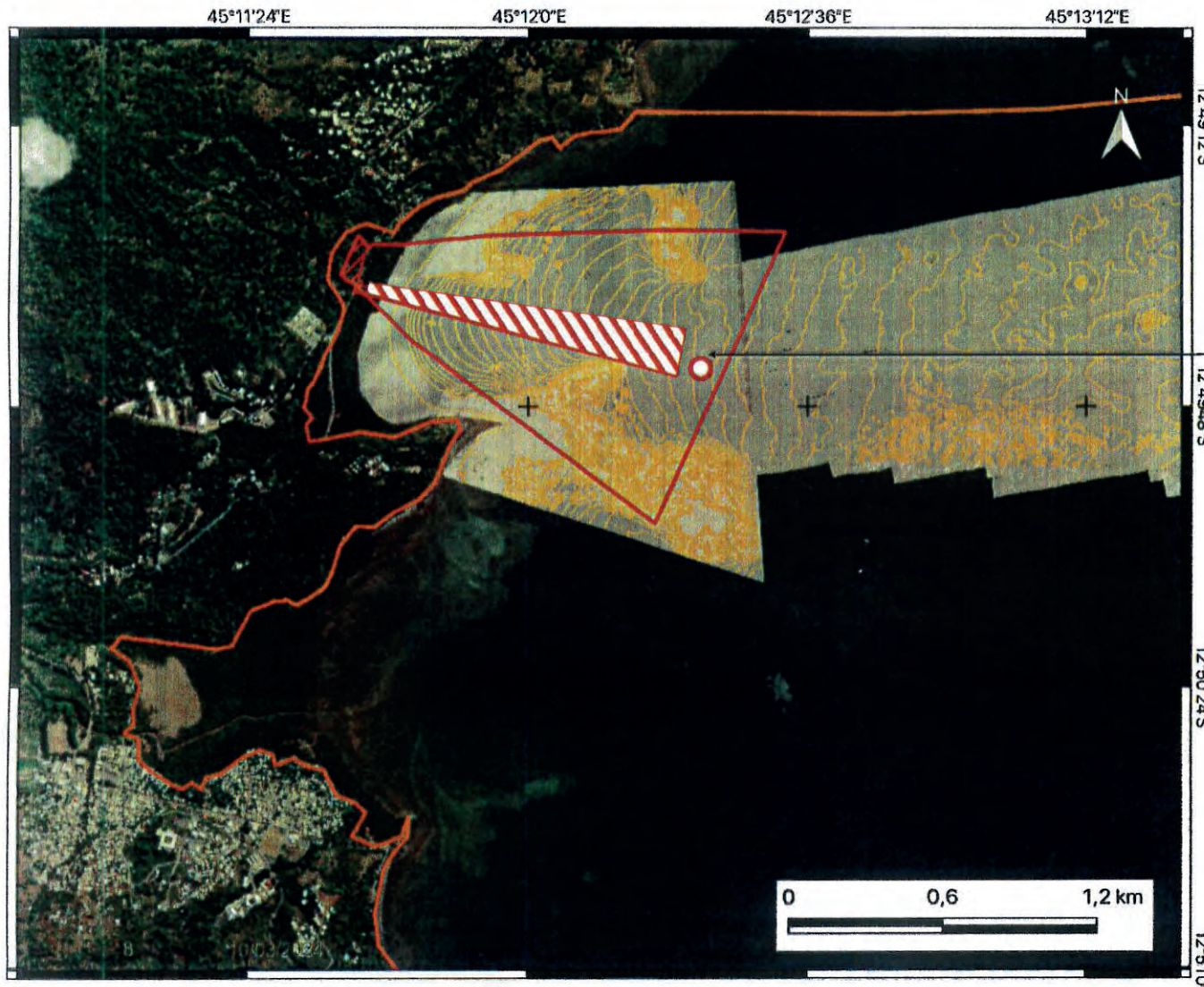
- Mangroves littorales
- Fonds en pente douce
- Présence de massifs coralliens au nord et sud
- Zone pressentie de rejet dans une colonne d'eau > 25m



# Géomorphologie



# Géomorphologie



Zone à dominance vaseuse  
(apports terrigènes important)



# Modélisation hydrodynamique

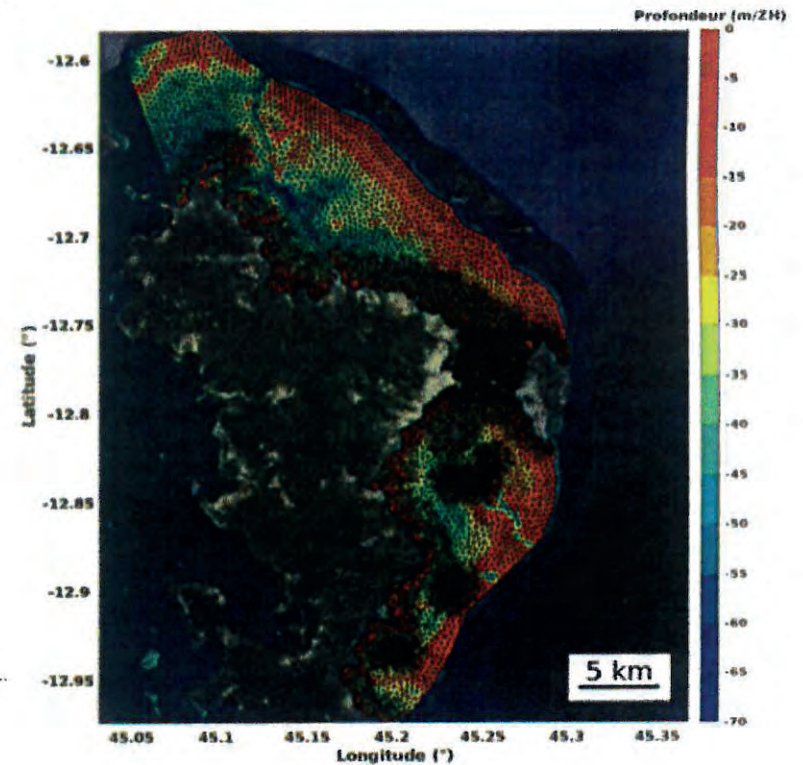
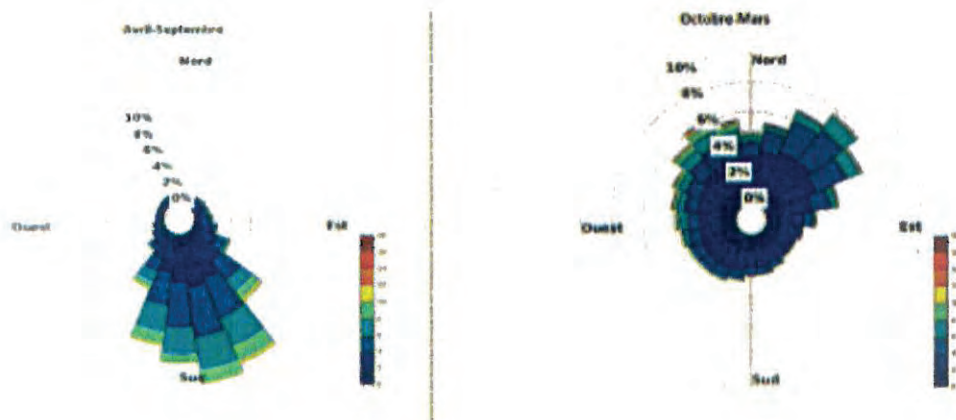
- **Modèle hydrodynamique 3D (Telemac):**

- Régime de vent : modèle ERA5 - Hiver: vent de secteur sud, Eté: vent de secteur nord

- Maillage variable :

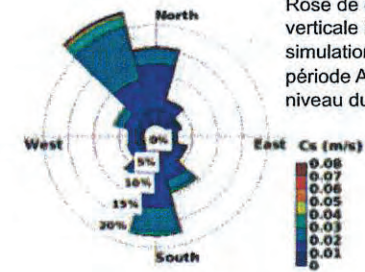
- Horizontal : 200m à 5m au niveau des points de rejets
- Vertical : 9 couches

Validation avec mesures de courant *in situ* (EXAIL, 2023)

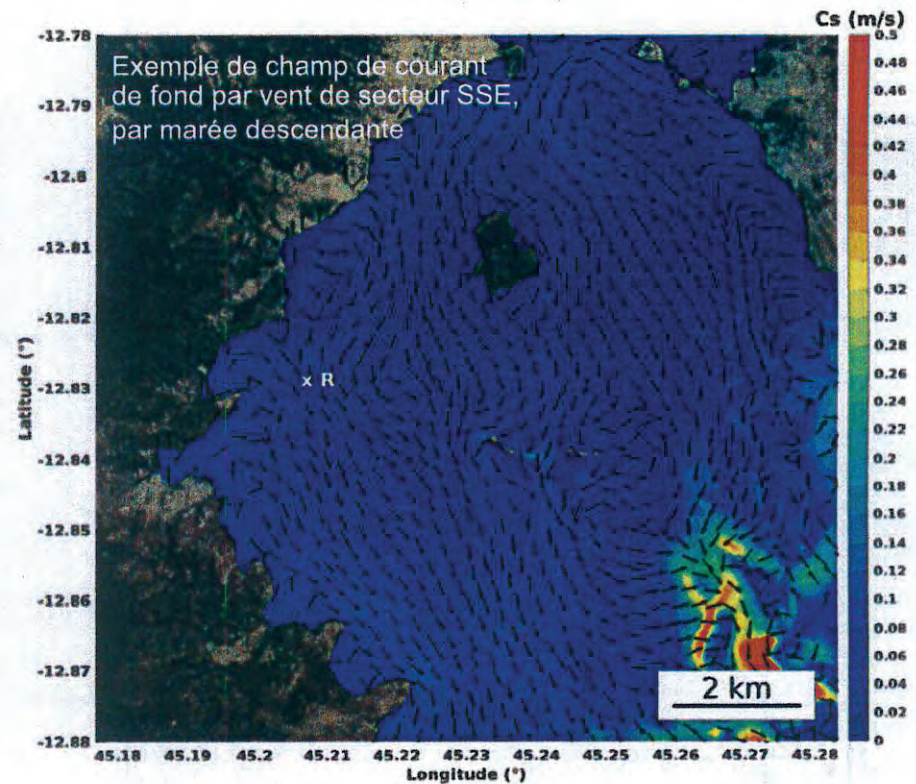
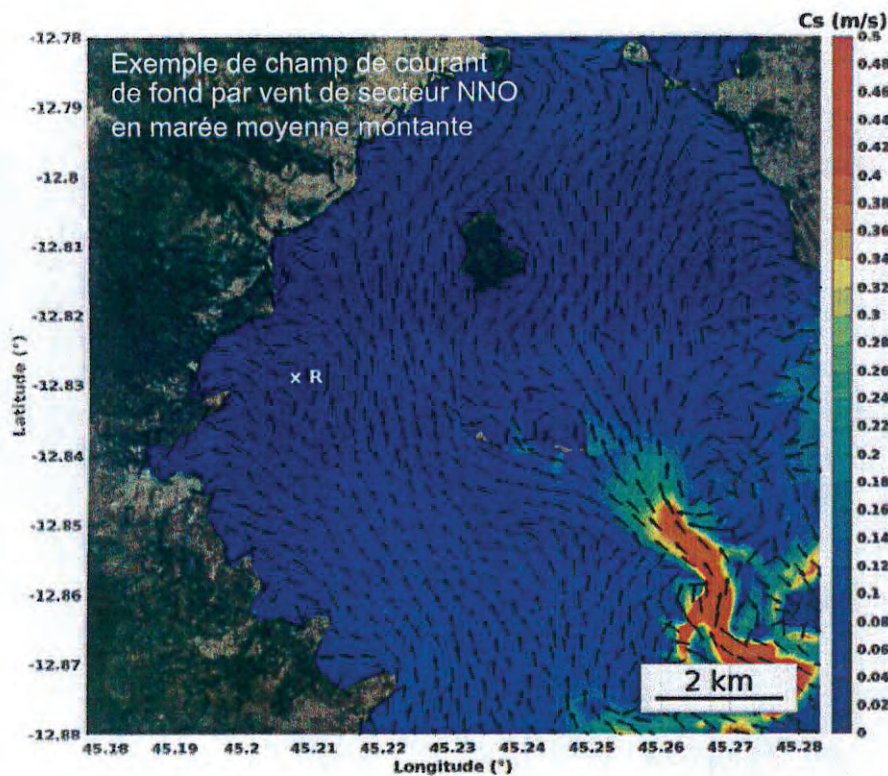


# Modélisation hydrodynamique

- **Modèle hydrodynamique 3D (Telemac)**
  - Simulation marée et forçages atmosphériques
  - Exemples de champ de courant ci-dessous
  - Courants faibles au point R, peu de variabilité verticale



Rose de courant moyenné sur la verticale issues des résultats de simulation du modèle pendant la période Août-Octobre 2023 au niveau du point R



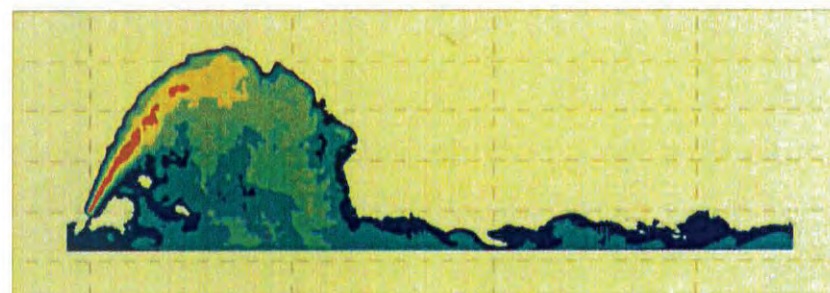
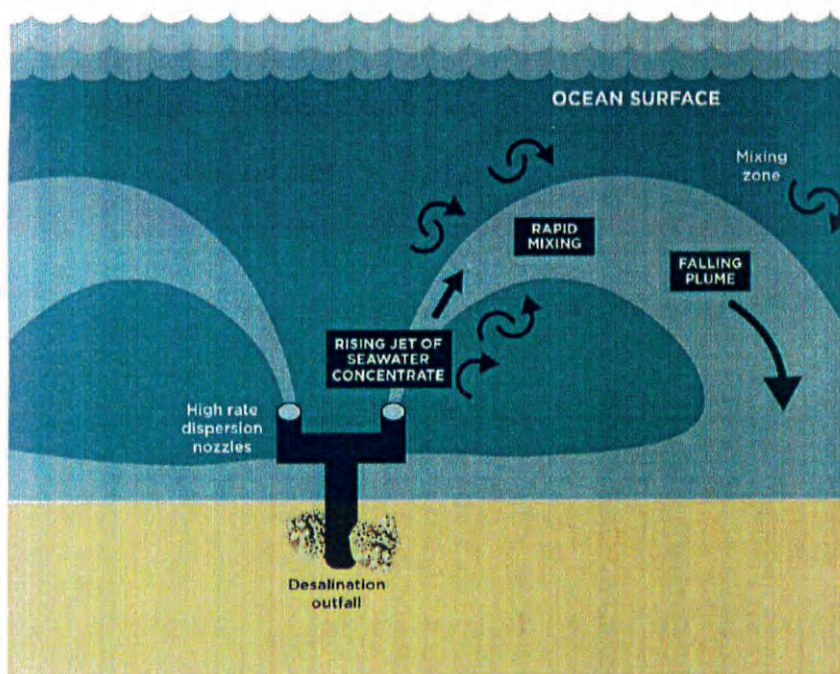
## ■ Simulations préliminaires:

Scénario 1: production d'eau traitée de 10 000 m<sup>3</sup>/j

Rejet d'eau sur-salée au point PFD : 12 789 m<sup>3</sup>/j

Facteur de concentration : 1,782 -> Salinité en sortie : 65,2 g/l

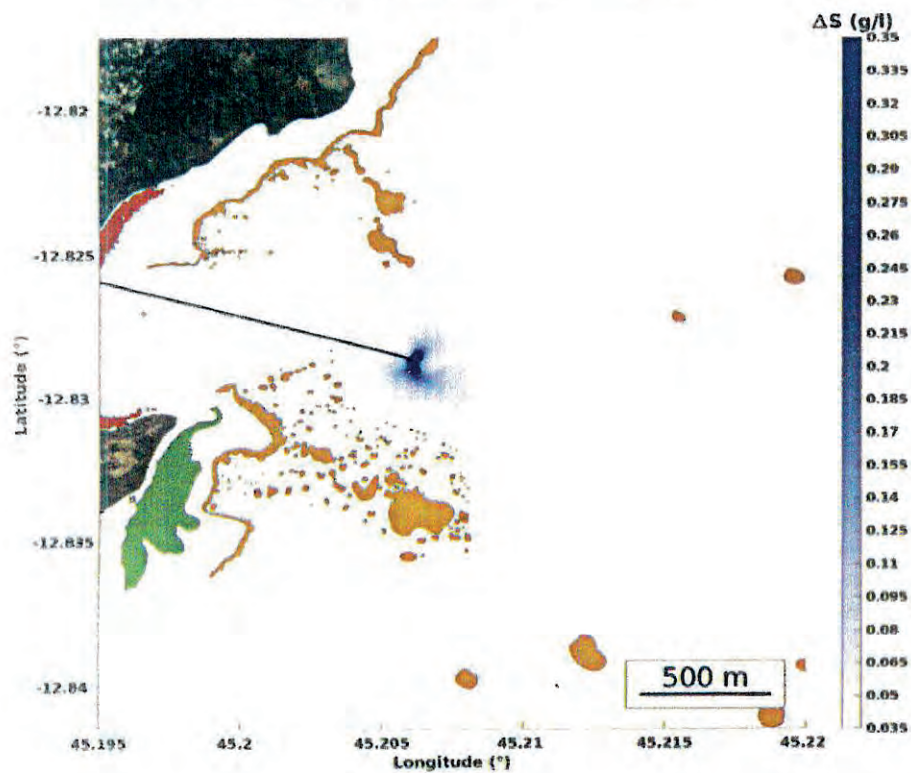
Inclus un diffuseur de L=40m avec 5 sorties alternées



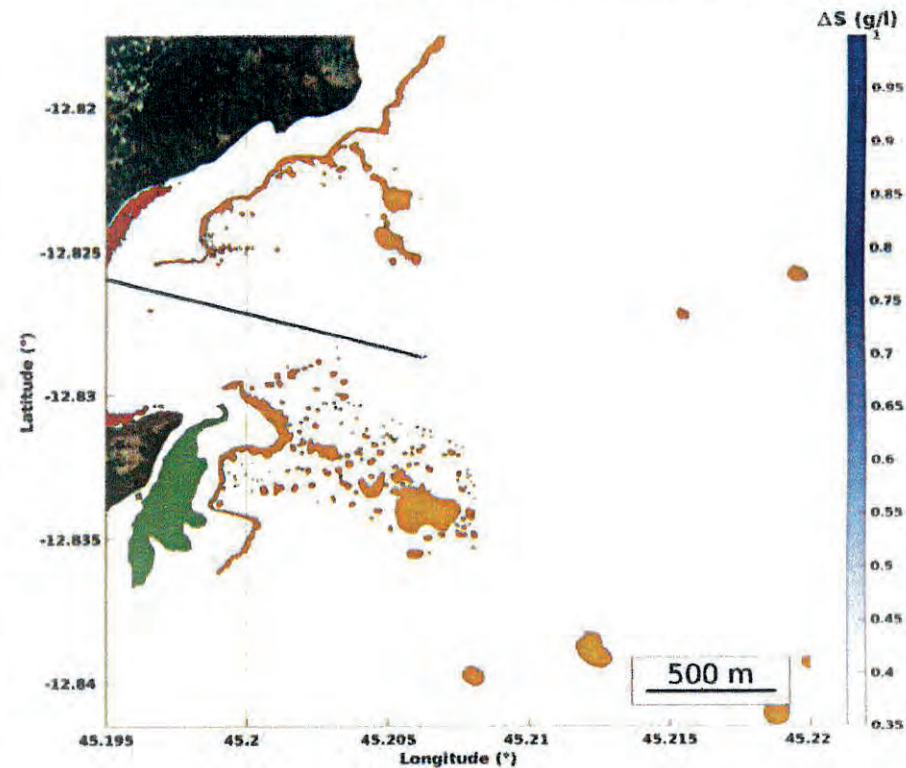
# Etude de dispersion

Comportement du panache maximum de rejets d'eau sur-salée au fond, après 15 jours de simulation par vent nul:

Echelle > 0,1% de salinité ambiante



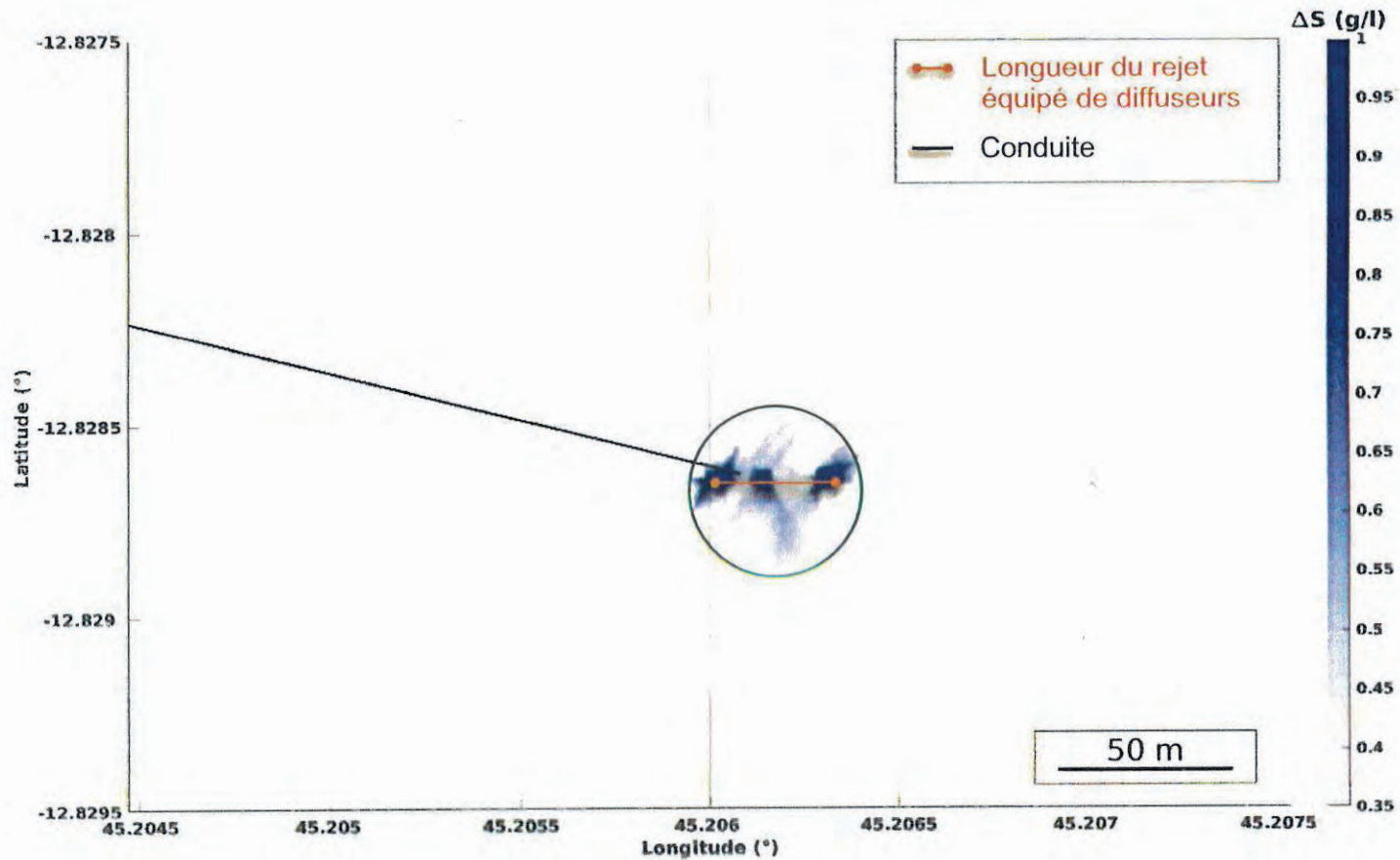
Echelle > 1% de salinité ambiante



# Etude de dispersion

Comportement du panache maximum de rejets d'eau sur-salée au fond, après 15 jours de simulation par vent nul:

Echelle > 1% de salinité ambiante - Zoom

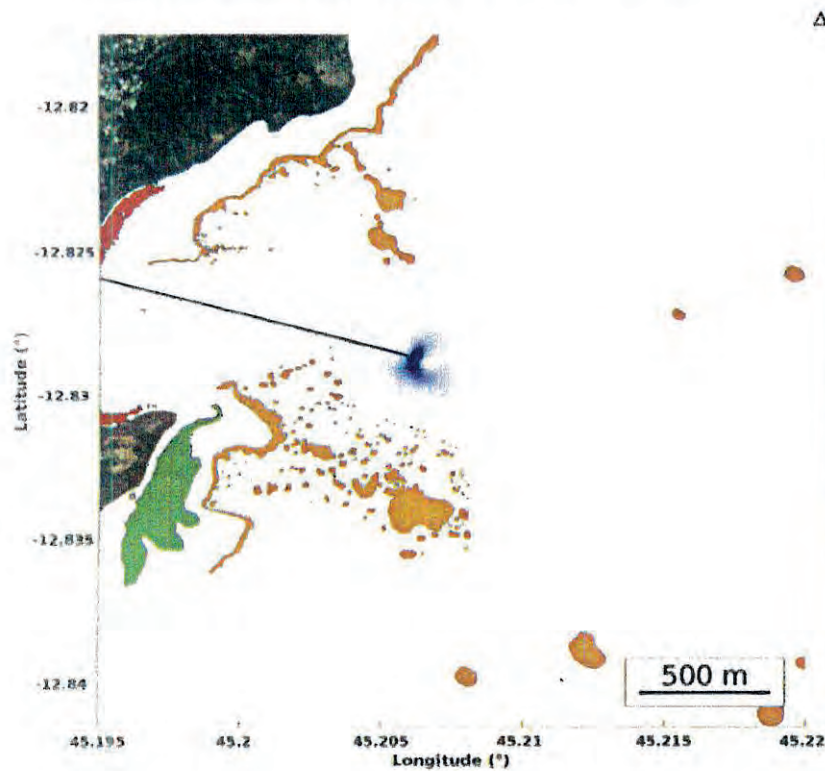


# Etude de dispersion

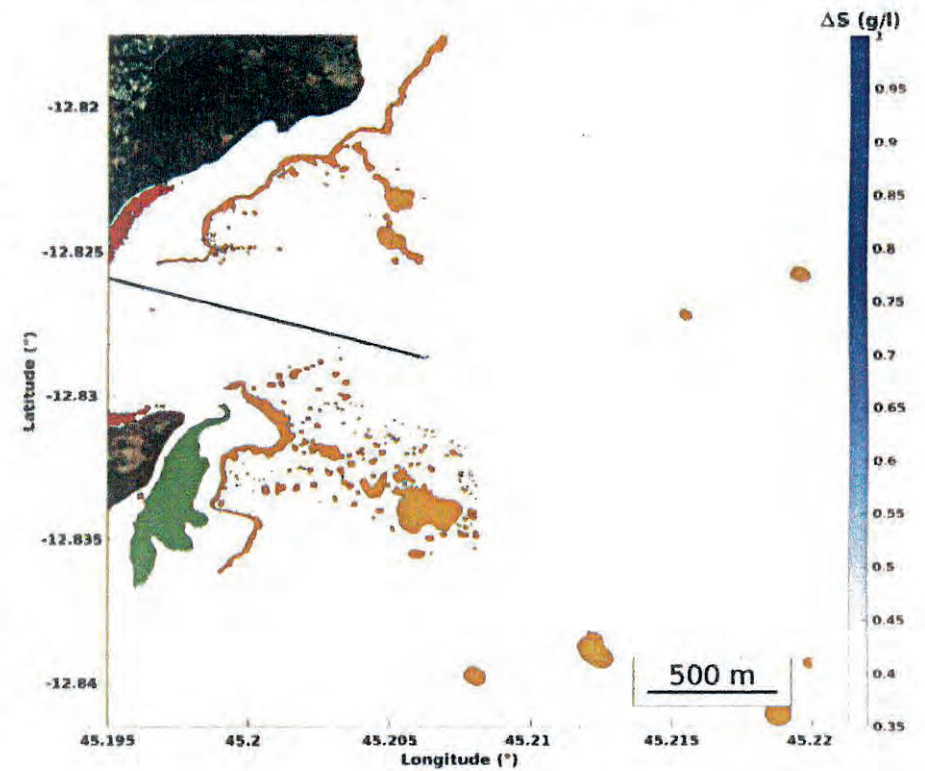


Comportement du panache maximum de rejets d'eau sur-salée au fond, après 15 jours de simulation par vent de NNO:

Echelle > 0,1% de salinité ambiante



Echelle > 1% de salinité ambiante



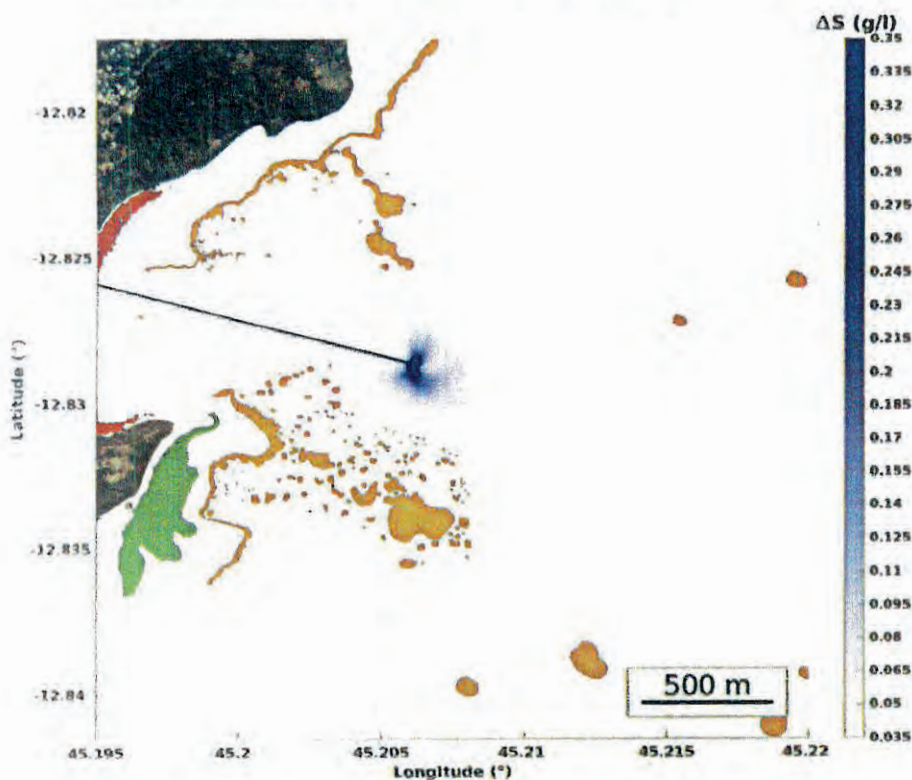


# Etude de dispersion

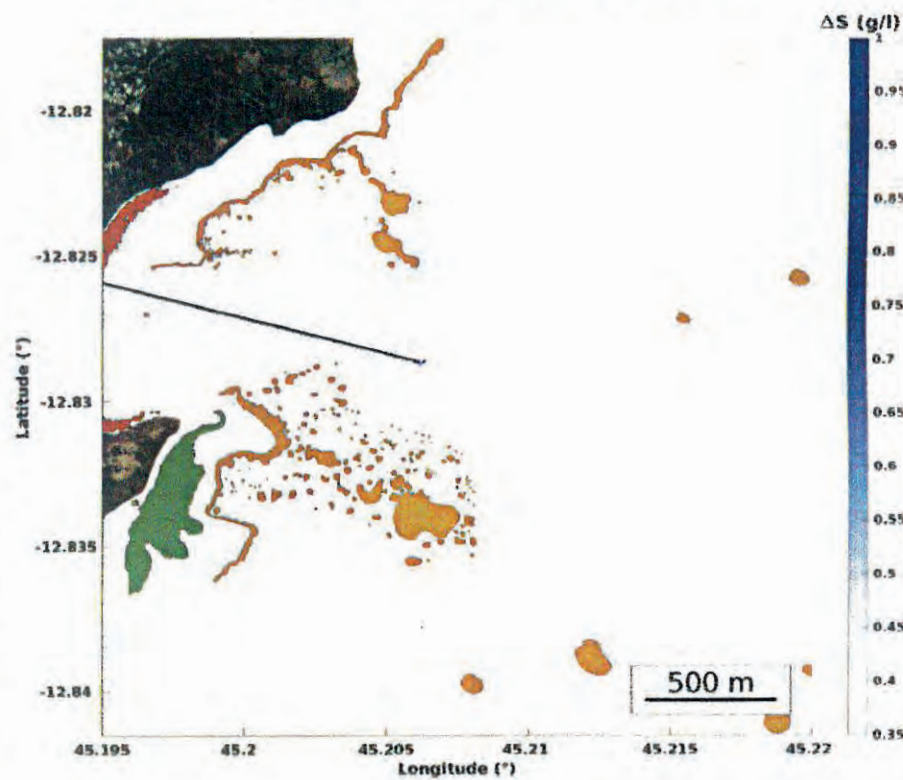
Comportement du panache maximum de rejets d'eau sur-salée au fond, après 15 jours de simulation par vent de SSE:

UN MODEL EST PLEIN D'INCERTITUDES ET D'HYPOTHESES  
NON EXPOSEE ICI

Echelle > 0,1% de salinité ambiante



Echelle > 1% de salinité ambiante



- **Résultats préliminaires:**

Quelque soit les conditions de vent, l'influence du rejet d'eau sur-salée d'une usine de 10.000 m<sup>3</sup>/j reste limitée à **une zone de 50m**,

Au delà de cette zone, la sur-salinité induite est inférieure à 0,35g/l, soit 1% de la salinité ambiante, soit inférieur à la variabilité naturelle,

La **dilution de l'eau sur-salée est efficace dans la colonne d'eau**, grâce au diffuseur et volume récepteur de 25m au point de rejet

Le panache réduit reste localisé au niveau d'une zone à dominance de vase et n'atteint pas les zones à enjeux à proximité : récifs coralliens, mangroves, herbiers, ou distance : réserve Mbousi, Ilots Hajangoua, Passe en S

# Effet de la sursalinité sur les peuplements marins



Peuplement	Effet	Source
Corail dur	+10% salinité → stress sur certaines espèces, réponse variable Autres études : +15%, +25%, 42 g/L, 55 g/L, ...	Petersen et al. 2018 <a href="https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.07.009">doi.org/10.1016/j.watres.2018.07.009</a>
Poissons	+5 à 15% salinité → diminution taux de survie larves, variable selon espèces Adélaïde : absence d'impact, augmentation richesse et diversité fonctionnelle autour du rejet	Petersen et al. 2018 <a href="https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809240-8.00011-3">doi.org/10.1016/B978-0-12-809240-8.00011-3</a> Kelaheer et al. 2022 <a href="https://doi.org/10.1021/acs.est.2c00723">doi.org/10.1021/acs.est.2c00723</a>
Herbiers	+1 g/L → diminution croissance Posidonie (Med.) AUS : 33% de mortalité à 46 g/L (vs 37 g/L)	Nurit Kress and Bella Galil, 2015. Impact of seawater desalination by reverse osmosis on the marine environment. Book Cambridge et al. 2016 <a href="https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.066">doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.066</a>
Plancton	Zone tempérée. +20% salinité → mortalité stades larvaires	Petersen et al. 2018 <a href="https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809240-8.00011-3">doi.org/10.1016/B978-0-12-809240-8.00011-3</a>
Mangroves	Milieu naturellement adapté à de fortes variations de salinité	Parida et Jha 2010 <a href="https://doi.org/10.1007/s00468-010-0417-x">Doi.org/10.1007/s00468-010-0417-x</a>
Mollusques & échinodermes	Californie : absence d'impact sur le long terme (51 mois) à une salinité de 36 (salinité ambiante de 33,5) sur 18 espèces	Nurit Kress and Bella Galil, 2015. Impact of seawater desalination by reverse osmosis on the marine environment. Book
Endofaune	+9% salinité Californie → pas de changement Diminution abondance/diversité quelques mètres autour du rejet (mer d'Oman)	Petersen et al. 2019 <a href="https://doi.org/10.3390/w11020208">doi.org/10.3390/w11020208</a>



## Effet de la sursalinité sur les peuplements marins

- **Synthèse bibliographique :**

- Publications scientifiques fiables
- Analyse par type de peuplement
- Augmentation de salinité la plus faible ayant un effet significatif
- Synthèse complète avec toutes les augmentations de salinité testées sera intégrée dans l'évaluation des incidences