

# Se@nergies – Réalisation d'un réseau de chaleur thalassothermique à Port-de- Bouc

Plan d'échantillonnage de la qualité des  
sédiments, des eaux, des peuplements  
benthiques et de la matière vivante

---

**Numéro du Projet** : 24MAX056

**Intitulé du Projet** : Se@nergies – Réseau de chaleur thalassothermique de Port-de-Bouc

**Intitulé du Document** : plan d'échantillonnage de la qualité des sédiments, des eaux, des peuplements benthiques et de la matière vivante

*La traçabilité des signatures est assurée en interne. Ce formulaire peut être communiqué au client à sa demande*

<b>Version</b>	<b>Rédacteur</b> NOM / Prénom	<b>Vérificateur</b> (Fond, Forme, Reprographie) NOM / Prénom	<b>Date d'envoi</b> JJ/MM/AA	<b>COMMENTAIRES</b> Documents de référence / Description des modifications essentielles
<b>A</b>	PUISSANT Candice	JAVEL Fabrice	26/06/2024	Version initiale
<b>B</b>	PUISSANT Candice		02/07/2024	Mise à jour du plan d'échantillonnage suite à la demande du MOA de prendre en considération l'étude des 2 scénarios envisagés
<b>C</b>	PUISSANT Candice		10/07/2024	Mise à jour suite aux retours des services de l'Eta

# Sommaire

1.....	Contexte et objectif de l'étude .....	4
2.....	Qualité des sédiments .....	6
2.1	Plan d'échantillonnage.....	6
2.2	Protocole de prélèvement.....	7
3.....	Qualité de l'eau .....	10
3.1	Plan d'échantillonnage.....	10
3.2	Protocole de prélèvement.....	11
5.....	Macrofaune de substrats meubles.....	13
5.1	Plan d'échantillonnage.....	13
5.2	Protocole de prélèvement.....	14
6.....	Matière vivante indigène.....	16
6.1	Plan d'échantillonnage.....	16
6.2	Protocole de prélèvement.....	17



## Table des illustrations

Figure 1: localisation du projet .....	4
Figure 2: la localisation des prises d'eau et zones de rejet envisagées dans scénarios 1 et 2 (Source : google earth) ..	5
Figure 3: localisation générale des échantillons moyens (Source : google earth) .....	6
Figure 4 : Zoom sur la localisation des zones d'échantillon moyen S2, S6 et S7 .....	7
Figure 5: Zoom sur la localisation des zones d'échantillon moyen S1, S3, S4 et S5.....	7
Figure 6: illustration de la méthode de prélèvement des sédiments et de la benne Van Veen .....	8
Figure 7: localisation générale des échantillons moyens (Source : google earth) .....	10
Figure 8: Zoom sur la localisation des zones d'échantillon moyen E2, E6 et E7 .....	11
Figure 9: Zoom sur la localisation des zones d'échantillonnage E1, E3, E4 et E5 .....	11
Figure 10: localisation générale des stations (Source : google earth).....	13
Figure 11: Zoom sur la localisation des zones d'échantillonnage B4 et B5 .....	14
Figure 12: Zoom sur la localisation des zones d'échantillonnage B1, B2 et B3.....	14
Figure 13: refus de sédiments prélevés.....	15
Figure 14: localisation générale des stations (Source : google earth).....	16
Figure 15: Zoom sur la localisation des zones d'échantillonnage M1 et M2.....	16
Figure 16: Zoom sur la localisation des zones d'échantillonnage M2 et M3.....	17

## Liste des tableaux

Tableau 1: méthodes d'analyses des sédiments et limites de quantification.....	9
Tableau 2: méthodes d'analyse d'eau et limites de quantification.....	12

## 1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE

ENGIE est notifiée par la Délégation de Service Public aux travers d'une SEMOP. Cette SEMOP (Se@nergieS) a contractualisé avec ENGIE Solutions en tant qu'entreprise générale de travaux pour réaliser le financement, la conception et la réalisation d'une installation de production d'énergie avec des pompes à chaleur à partir de thalassothermie et de son réseau de chaleur.

Pour se faire, le réseau comprendra :

- Boucle d'eau de mer (prise d'eau, conduite d'amenée et de rejet) ;
- Unité(s) de production de chaleur ;
- Réseau de distribution ;
- Sous station dans la chaufferie existante.

Un réseau d'arrosage en eau brute et des installations photovoltaïques seront également installés.



Figure 1: localisation du projet

Ces travaux sont soumis au Code de l'environnement et feront l'objet d'un dossier de déclaration autorisation environnementale. A ce titre, Engie Solutions envisage de réaliser des analyses sur différents paramètres en vue de caractériser la qualité du milieu naturel avant travaux. Les paramètres concernés par ce suivi sont :

- Les sédiments ;
- L'eau ;
- La macrofaune des substrats meubles ;
- La matière vivante (moules indigènes).

**NB** : A ce jour Engie Solutions travaille **sur 2 scénarios potentiels** portant sur la localisation de la prise d'eau et de la zone de rejet en vue de limiter l'impact du projet sur l'environnement. Dans la suite du document, **les scénarios sont nommés « scénario 1 » et « scénario 2 »** conformément à la figure suivante.

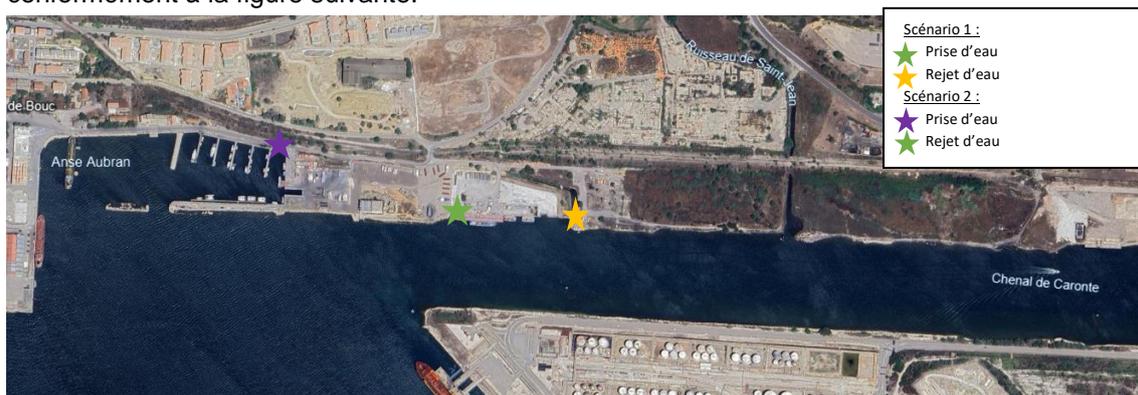


Figure 2: la localisation des prises d'eau et zones de rejet envisagées dans scénarios 1 et 2 (Source : google earth).

## 2. QUALITE DES SEDIMENTS

### 2.1 Plan d'échantillonnage

L'objectif de ce suivi est de caractériser, pour les deux scénarios envisagés à ce stade, les zones d'influence des rejets et évaluer l'impact potentiel des travaux lors de la pose de la prise d'eau.

7 stations sont réparties dans la zone d'étude dont une au niveau de la zone recouverte par les herbiers de Zostères<sup>1</sup>. L'emplacement des stations a été défini selon les critères suivants :

- **S1** : station de référence placée en amont des points de rejet selon le sens des courants majoritaires.
- **S2** : station qui permettra d'évaluer l'impact des travaux de pose de la prise d'eau du scénario 1 et de caractériser la zone d'influence des rejets du scénario 2. La station S2 est située à environ 200m à l'ouest de la zone de rejet du scénario 1.
- **S3** : station qui permettra de caractériser la zone d'influence des rejets du scénario 1. La station S3 est située à environ 200m à l'est de la zone de rejet du scénario 2.
- **S4** : station située à environ 100 m à l'est de la zone de rejet du scénario 1.
- **S5** : station localisée à proximité des herbiers de Zostères.
- **S6** : station qui permettra d'évaluer l'impact des travaux de pose de la prise d'eau du scénario 2.
- **S7** : station située à environ 200 m à l'ouest de la zone de rejet du scénario 2.

Pour chaque station, il est proposé de réaliser 3 prélèvements dans les zones indiquées.

A noter que les fonds sont composés de blocs rocheux et de coquillages. Afin de faciliter le prélèvement **certaines stations pourront être davantage décalé dans le centre du chenal** (fond plus meuble).

Ci-après est présenté, par zone, la proposition d'implantation des stations de prélèvement à réaliser.



Figure 3: localisation générale des échantillons moyens (Source : google earth).

<sup>1</sup> Les prélèvements seront réalisés dans des zones dépourvues de Zostères. Aucun prélèvement/destruction n'est à prévoir sur cette espèce protégée.



Figure 4 : Zoom sur la localisation des zones d'échantillon moyen S2, S6 et S7.



Figure 5: Zoom sur la localisation des zones d'échantillon moyen S1, S3, S4 et S5.

## 2.2 Protocole de prélèvement

### 2.2.1 Matériel et Méthode

Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'une **benne Van Veen**. Cela permettra de connaître la concentration des paramètres ci-dessous présent sur les 20 premiers centimètres.

Chaque échantillon dit moyen est constitué du **mélange de 3 prélèvements** (échantillon «moyen») ceci permet de prendre en compte la variabilité spatiale de la qualité des sédiments. L'échantillon moyen est conditionné en flaconnage neutre, déposé dans une glacière isotherme et transmis au laboratoire d'analyse Eurofins, agréé 9 et 10 par le ministère de l'Écologie et du Développement Durable.



Figure 6: illustration de la méthode de prélèvement des sédiments et de la benne Van Veen.

Pour chaque échantillon, une fiche de prélèvement sera renseignée. Elle indiquera :

- Le lieu et les coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage ;
- La date et l'heure ;
- La profondeur et la méthode de prélèvement ;
- La nature et l'apparence des sédiments (photo) ;
- Les échantillons seront ensuite conditionnés dans des flacons fournis par le laboratoire, conservés dans l'obscurité dans une glacière isotherme (température entre 2°C et 8°C) et transportés rapidement au laboratoire d'analyse.

## 2.2.2 Paramètres analysés

Les analyses portent sur (i) les caractéristiques générales telles que la granulométrie, le pourcentage de matière sèche, les matières volatiles, le carbone organique, (ii) les eaux interstitielles des sédiments : phosphore total, azote (Kjeldahl), ammonium, nitrites, nitrates et orthophosphates.

Une analyse de la teneur des contaminants est également effectuée : métaux (cadmium, mercure, zinc, plomb, cuivre, arsenic, fer, nickel et chrome), polychlorobiphényles (PCB – 8 congénères), hydrocarbures polyaromatiques (HAP – 16 molécules), les organoétains (TBT – 8 congénères) et *Escherichia coli*.

Les méthodes, les normes d'analyses et les limites de quantifications figurent dans le tableau suivant.

Tableau 1: méthodes d'analyses des sédiments et limites de quantification.

Paramètres	Normes	Limite de quantification	unité
Matière sèche	NF EN 12880	0,1	%PB
Matières organiques	Adaptée de XP P 94-047		% M.S.
Azote Kjeldahl	NF EN 13342	0,5	g/kg ms
Nitrate	Méthode interne selon	1	mg/l NO3
Nitrite	NF EN ISO 13395	0,035	mg/l NO2
Ammonium	NF T 90-015-2	0,05	mg/l NH4
Orthophosphates	Méthode interne selon NF EN ISO 6878	0,1	mg/l PO4
Carbone organique total	NF ISO 10694	1000	mg/kg ms
Arsenic	NF EN ISO 11885	1	mg/kg ms
Cadmium		1	
Chrome		5	
Cuivre		5	
Nickel		1	
Plomb		5	
Zinc		5	
Fer		5	
Mercurure		0,1	
Agents de surface anioniques	Pr NF ISO 16265-2	1,3	mg/kg ms
HAP	NVN 5710		
PCB	CG-SM		

### 3. QUALITE DE L'EAU

#### 3.1 Plan d'échantillonnage

L'objectif de ce suivi est de caractériser, pour les deux scénarios envisagés à ce stade, la zone d'influence des rejets. Par conséquent la position des stations et la zone de prélèvement ont été définies en fonction de la profondeur du rejet.

7 stations sont réparties dans la zone d'étude dont une au niveau de la zone recouverte par les herbiers de Zostères<sup>2</sup>. L'emplacement des stations a été défini selon les critères suivants :

- **E1** : station de référence placée en amont des points de rejet selon le sens des courants majoritaires.
- **E2** : station qui permettra d'évaluer l'impact des travaux de pose de la prise d'eau du scénario 1 et de caractériser la zone d'influence des rejets du scénario 2. La station S2 est située à environ 200m à l'ouest de la zone de rejet du scénario 1.
- **E3** : station qui permettra de caractériser la zone d'influence des rejets du scénario 1. La station S3 est située à environ 200m à l'est de la zone de rejet du scénario 2.
- **E4** : station située à environ 100 m à l'est de la zone de rejet du scénario 1.
- **E5** : station localisée à proximité des herbiers de Zostères.
- **E6** : station qui permettra d'évaluer l'impact des travaux de pose de la prise d'eau du scénario 2.
- **E7** : station située à environ 200 m à l'ouest de la zone de rejet du scénario 2.

**NB** : la position exacte des stations de prélèvement est susceptible d'évoluer suite aux premiers retours de la modélisation du panache.

La qualité de ce paramètre est évaluée au cours de **3 campagnes de prélèvements, sous 3 conditions climatiques différentes** (Un jour de mer calme et ensoleillé, après un épisode de Mistral, après un épisode pluvieux) à raison d'un **prélèvement ponctuel par station**.

Ci-après est présenté, par zone, la proposition d'implantation des stations à réaliser.



Figure 7: localisation générale des échantillons moyens (Source : google earth).

<sup>2</sup> Les prélèvements seront réalisés dans des zones dépourvues de Zostères. Aucun prélèvement/destruction n'est à prévoir sur cette espèce protégée.



Figure 8: Zoom sur la localisation des zones d'échantillon moyen E2, E6 et E7.



Figure 9: Zoom sur la localisation des zones d'échantillonnage E1, E3, E4 et E5.

## 3.2 Protocole de prélèvement

### 3.2.1 Matériel et Méthode

Les prélèvements sont réalisés **en sub-surface** et directement avec le flacon stérile transmis préalablement le laboratoire.

L'eau prélevée est déposée dans une glacière isotherme. Le tout est ensuite transmis au laboratoire d'analyse Eurofins, agréé 9 et 10 par le ministère de l'Écologie et du Développement Durable.

En parallèle, un suivi de certains paramètres (température, pH, conductivité fonctionnelle) sera réalisé à l'aide d'une sonde multi paramètres sur des profils verticaux.

Ce suivi complémentaire permettra de **caractériser l'évolution de ces paramètres dans la colonne d'eau**. En effet, au cours des investigations du milieu marin, nous avons constaté la présence d'une zone de stratification vers 2-3 m de profondeur avec la présence d'un changement de température, de salinité et de courant.

Ces mesures sont **réalisées dans le centre du chenal** en vue d'avoir une profondeur disponible **d'au moins 5m**.

### 3.2.2 Paramètres analysés

Les analyses ont porté sur les paramètres suivants : Matières En Suspension (MES), azote global, ammonium, nitrites, nitrates, orthophosphates, (Tableau 2).

Tableau 2: méthodes d'analyse d'eau et limites de quantification.

Paramètres	Normes	Limite de quantification	Unité
MES	NF EN 872	2	mg/l
Azote global	NF EN 25663	3	mg/l
Ammonium	NF T90-015-1	0,5	mg/l
Nitrites	NF EN ISO 13395	0,01	mg/l
Nitrates	NF EN ISO 13395	0,2	mg/l
Orthophosphates	NF EN ISO 6878	0,1	mg/l

## 5. MACROFAUNE DE SUBSTRATS MEUBLES

### 5.1 Plan d'échantillonnage

**L'objectif de ce suivi** est de caractériser, pour les deux scénarios envisagés à ce stade, la zone d'influence des rejets et d'évaluer l'impact potentiel des travaux lors de la pose de la prise d'eau.

4 stations sont réparties dans la zone d'étude dont une au niveau de la zone recouverte par les herbiers de Zostères<sup>3</sup>.

L'emplacement des stations a été défini selon les critères suivants :

- **B1** : station de référence placée en amont des points de rejet selon le sens des courants majoritaires.
- **B2** : station qui permettra de caractériser la zone d'influence des rejets du scénario 1.
- **B3** : station localisée à proximité des herbiers de Zostères.
- **B4** : station qui permettra d'évaluer l'impact des travaux de pose de la prise d'eau du scénario 2.
- **B5** : station qui permettra d'évaluer l'impact des travaux de pose de la prise d'eau du scénario 1 et de caractériser la zone d'influence des rejets du scénario 2.

A noter que les fonds sont composés de blocs rocheux et coquillages. Afin de faciliter le prélèvement **certaines stations pourront être davantage décalées dans le centre du chenal** (fond plus meuble).

Ci-après est présenté, par zone, la proposition d'implantation des stations de prélèvement à réaliser.



Figure 10: localisation générale des stations (Source : google earth).

<sup>3</sup> Les prélèvements seront réalisés dans des zones dépourvues de Zostères. Aucun prélèvement/destruction n'est à prévoir sur cette espèce protégée.



Figure 11: Zoom sur la localisation des zones d'échantillonnage B4 et B5.



Figure 12: Zoom sur la localisation des zones d'échantillonnage B1, B2 et B3.

## 5.2 Protocole de prélèvement

### 5.2.1 Matériel et Méthode

Le plan d'échantillonnage comporte 3 stations. Dans chaque station, 3 répliques sont prélevés au moyen d'une benne Van Veen. La surface totale d'échantillonnage est d'environ 0,1 m<sup>2</sup>.

Une fois prélevé, chaque matériau est passé dans un tamis (maille de 1 mm) sans avoir été mélangé au préalable. Le refus est ensuite fixé dans une solution alcoolique (70%) et conditionnés en flacons étanches soigneusement identifiés.

Les flacons sont ensuite acheminés jusqu'au laboratoire d'écologie marine d'Eurofins Expertises Environnementales à Marseille pour y être analysés.

Au laboratoire, les refus de tamis sont rincés à l'eau douce à l'aide d'un tamis (maille carrée de 800µm) pour éviter les pertes de matériel lors du tamisage fin. Toute la faune présente a ensuite été récupérée sous la loupe binoculaire. Ensuite, à l'aide de la loupe binoculaire et du microscope optique, la faune a été déterminée jusqu'à l'espèce dans la mesure du possible. Un comptage des individus est également réalisé sur chacun des répliques.

Les noms des espèces ainsi que leur autorité sont vérifiés dans la bibliographie internationale et les bases de données du type ERMS (The European Register of Marine Species). Les identifications se basent sur l'expertise d'IDRA Bio et Littoral et sur la bibliographie taxonomique internationale, que ce soit les descriptions initiales, les révisions ou les faunes régionales

(Zootaxa; La Faune de France ; Handbook of Marine Fauna of the British Coasts ; Marine Amphipods of Mediterranean ; ...).

Les principaux indicateurs qui résulteront de ce suivi sont :

- Richesse spécifique ;
- Biomasse ;
- Densité ;
- Indice de diversité de Shannon ;
- Indice d'Equitabilité ;
- Indice trophique ;
- Indice biotique M-AMBI.



Figure 13: refus de sédiments prélevés.

## 6. MATIERE VIVANTE INDIGENE

### 6.1 Plan d'échantillonnage

L'**objectif de ce suivi** est de caractériser, pour les deux scénarios envisagés à ce stade, la zone d'influence des rejets. Ce suivi est complémentaire à celui du suivi de la qualité de l'eau présenté ci-dessus (chapitre 3).

2 stations sont réparties dans la zone d'étude au niveau des futurs points de rejet d'eau. L'emplacement des stations a été défini selon les critères suivants :

- **M1** : station de référence placée en amont des points de rejet selon le sens des courants majoritaires.
- **M2** : station qui permettra de caractériser la zone d'influence des rejets du scénario 1.
- **M3** : station qui permettra de caractériser la zone d'influence des rejets du scénario 2.

Ci-après est présenté, par zone, la proposition d'implantation des stations de prélèvement à réaliser.

réaliser.



Figure 14: localisation générale des stations (Source : google earth).



Figure 15: Zoom sur la localisation des zones d'échantillonnage M1 et M2.



Figure 16: Zoom sur la localisation des zones d'échantillonnage M2 et M3.

## 6.2 Protocole de prélèvement

### 6.2.1 Matériel et Méthode

Le suivi de la matière vivante est réalisé sur une espèce sentinelle qui est la moule.

Les individus analysés sont issus de la population indigène présente sur le site (conformément à la méthode ROCCH) et seuls les individus vivants sont analysés.

L'échantillonnage sera homogène en termes de classe de taille et respectera une taille minimale de prélèvement de 4 cm de longueur.

Un total de 50 individus est prélevé au niveau de la station.

Le prélèvement est réalisé **d'ici la fin du mois de juillet** en vue d'éviter la période de reproduction de l'espèce. Si des signes sont observés (laitance blanche, état avancé de la gamétogenèse...), le prélèvement sera reporté.

### 6.2.2 Paramètres analysés

Les moules indigènes font l'objet de différentes analyses portant sur :

- la biométrie : mesure de la taille, calcul de l'indice de condition (Andral, 2002) ;
- les contaminants chimiques : métaux (cadmium, mercure, zinc, plomb, cuivre, arsenic, fer, nickel et chrome), polychlorobiphényles (8 congénères), hydrocarbures polycycliques (16 molécules) ;

D'après le réseau RINBIO, l'indice de condition I.C. est calculé sur 50 individus, au moyen du rapport entre le poids de la chair étuvée et le poids des coquilles étuvées (Andral, 2002) :

$$I.C. = \frac{\text{Poids sec chair}}{\text{Poids sec coquille}}$$

Les analyses chimiques menées sont quant à elles réalisées selon les méthodes présentées dans le tableau ci-dessous :

Paramètres	Normes	Limite de quantification	Unité
Cadmium	NF EN ISO 17294-2	0,05	mg/kg m.s.
Chrome	NF EN ISO 17294-2	0,25	mg/kg m.s.
Cuivre	NF EN ISO 11885	0,05	mg/kg m.s.
Plomb	NF EN ISO 17294-2	0,25	mg/kg m.s.
Zinc	NF EN ISO 11885	0,5	mg/kg m.s.
Mercure	Adaptée de NF EN ISO 16772	0,01	mg/kg m.s.
Nickel	NF EN ISO 17294-2	0,25	mg/kg m.s.
Arsenic	NF EN ISO 17294-2	0,5	mg/kg m.s.
HAP (16 congénères)	XPX33-012	0,005 - 1	mg/kg ms
Benzo(a)anthracène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Phénanthrène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Fluoranthène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Chrysène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Benzo(b)fluoranthène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Benzo(k)fluoranthène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Pyrène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Dibenzo(a,h)anthracène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Fluorène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Acénaphthylène	XP X 33-012	0,1	mg/kg m.s.
Anthracène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Acénaphène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Naphtalène	XP X 33-012	0,1	mg/kg m.s.
Benzo(a)pyrène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Indeno (1,2,3,c,d) pyrene	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
Benzo(ghi)Pérylène	XP X 33-012	0,005	mg/kg m.s.
PCB (7 congénères)	XPX33-012	1	µg/kg s.s.

# CONSULTING

