

## ANNEXE 1 – DOSSIER DE DESCRIPTION TECHNIQUE DU PROJET

### Réseau de Géothermie Marine - chaud et froid - à eau de mer d'Euroméditerranée

#### Euroméditerranée Marseille

~oOo~

Révision	Date	Emission	Par	validé
0	01/07/2013		B. MENGELLE	
A	10/07/2013		B. MENGELLE	
B	20/03/2015		P. BERARDI	
C				
D				

# Sommaire

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
1.1	CONTEXTE DU PROJET.....	3
1.2	PRINCIPE DU RESEAU DE FROID URBAIN D'EUROMEDITERRANEE .....	3
1.3	PRINCIPE DU RESEAU DE CHALEUR D'EUROMEDITERRANEE.....	4
1.4	POTENTIEL DE LA ZONE CONCERNEE .....	5
1.5	BESOINS THERMIQUES DES BATIMENTS : .....	9
<b>2.</b>	<b>DECOMPOSITION DE L'ETUDE DE FAISABILITE :.....</b>	<b>11</b>
2.1	FAISABILITE BATIMENT .....	11
2.1.1	ETUDE GEOTECHNIQUE .....	12
2.1.2	INTEGRATION ARCHITECTURALE .....	12
2.2	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION DE PRODUCTION.....	13
2.3	OUVRAGES DE PRISE ET DE REJET D'EAU DE MER .....	18
2.3.1	BATHYTHERMIE.....	19
2.3.2	COURANTOLOGIE ET DIFFUSION DES REJETS THERMIQUES .....	21
2.3.3	BATHYMETRIE .....	23
2.3.4	CONCEPTION DES OUVRAGES DE PRISE ET DE REJET .....	23
2.4	DESCRIPTION DU RESEAU DE DISTRIBUTION .....	24
2.5	DESCRIPTION DES POSTES DE LIVRAISON .....	27
<b>3.</b>	<b>SYNTHESE ENVIRONNEMENTALE : .....</b>	<b>28</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSION : .....</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 CONTEXTE DU PROJET

Dans la zone 1 d'Euroméditerranée, **un réseau de froid urbain et un réseau de chaleur**

La faisabilité du stockage froid et/ou chaud n'est pas traitée dans ce dossier car actuellement nous ne disposons pas des volumes nécessaires sur l'emprise du port pour installer ces dispositifs. Néanmoins, THASSALIA considère que les systèmes de stockage d'énergie représentent une piste intéressante pour le développement technique du réseau.

Les bâtiments de la zone 1 d'Euroméditerranée sont pour la majorité en cours de finalisation de conception et la construction prévue avant 3 ans. Dans la zone 2 d'Euroméditerranée le projet énergétique de boucle de géothermie marine doit être étudié pour alimenter les bâtiments qui seront construits à moyen/long terme.



*Périmètre du projet*

### 1.2 PRINCIPE DU RESEAU DE FROID URBAIN D'EUROMEDITERRANEE

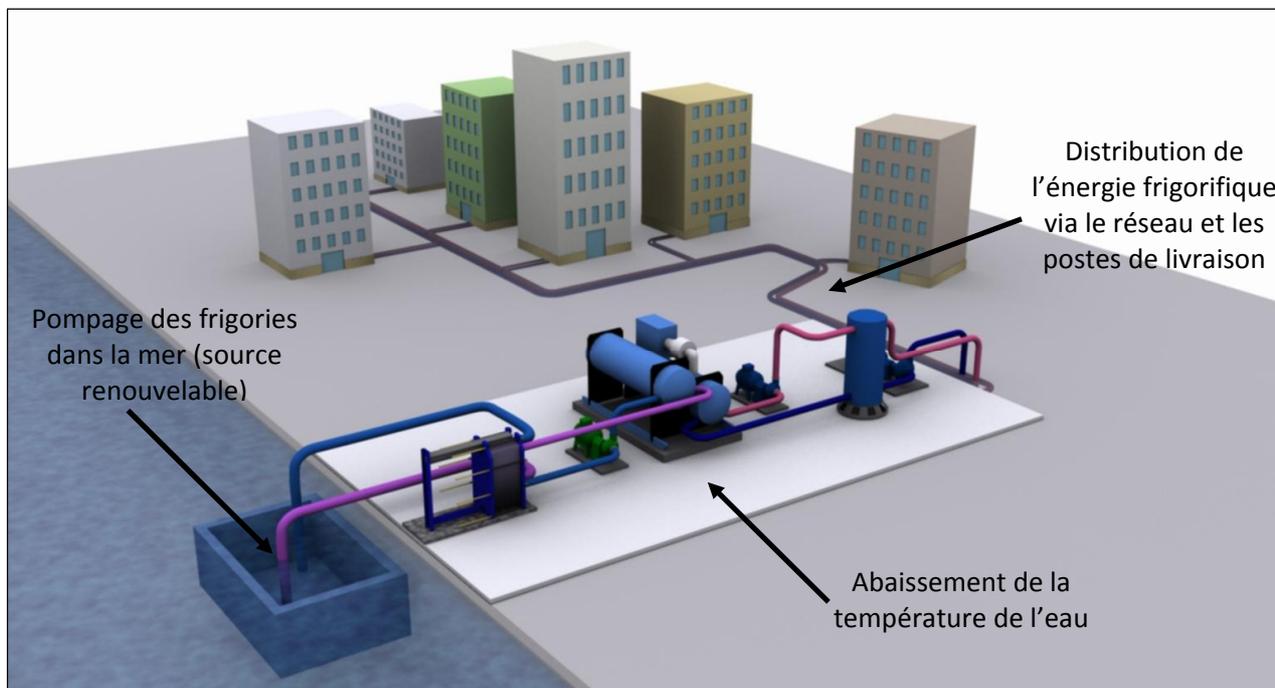
La solution envisagée pour répondre aux besoins d'énergie frigorifique est un réseau d'eau dite « glacée » de 4°C.

Afin de produire et distribuer l'énergie nécessaire aux bâtiments d'achèvement de la zone 1 d'Euroméditerranée, il est envisagé **une centrale de production** de froid, utilisant l'énergie **de l'eau de mer**, pompée directement dans le port dans un premier temps et potentiellement raccordable à **une boucle de géothermie marine** dans un second temps, pour le refroidissement des machines de production.

Le principe du raccordement à la boucle de géothermie marine est envisageable pour augmenter la capacité de refroidissement des machines de production (dépendant du succès commercial du projet initial). Toutefois nous ne disposons d'aucune information sur la faisabilité ou la position de l'éventuelle boucle thalasso-thermique.

Une fois produite, l'énergie frigorifique est distribuée aux clients finaux, à travers un réseau d'eau glacée cheminant sur environ 2 kilomètres. Ce réseau « aller/retour » sera constitué de canalisations en résine, posées en pleine terre.

Enfin, des sous-stations d'échange, équipées d'un système intelligent de relevé des consommations et de régulation, seront installées dans chaque bâtiment raccordé pour assurer la livraison de l'énergie frigorifique.



### *Principe du réseau de froid urbain*

#### 1.3 PRINCIPE DU RESEAU DE CHALEUR D'EUROMEDITERRANEE

Le réseau de distribution de la chaleur sera composé de 2 tubes :

Un départ commun « régulé » pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire et un retour commun regroupant les retours des échangeurs chauffage et ECS.

La production de chaleur sera assurée en base par des thermofrigopompes valorisant l'énergie de l'eau de mer et pouvant fonctionner à haute température (60°C).

Une chaufferie gaz d'appoint/secours permettra de fournir les éventuels compléments de puissance.

Une fois produite, la chaleur est distribuée aux clients finaux, à travers un réseau d'eau chaude cheminant sur environ 2 kilomètres.

Ce réseau « aller/retour » sera constitué de canalisations en résine, posées en pleine terre.

Enfin, des sous-stations d'échange et de régulation, équipées d'un système intelligent de relevé des consommations, seront installées dans chaque bâtiment raccordé pour assurer la livraison de la chaleur nécessaire pour couvrir les besoins d'eau chaude sanitaire et du chauffage.

#### 1.4 POTENTIEL DE LA ZONE CONCERNEE

Le potentiel de la zone concernée est synthétisé au travers du tableau suivant:

Programme	Denomination	Superficie	Activité Principale
Euromed Center	Ilot I - Immeuble de bureaux	10 341 m <sup>2</sup>	Bureaux
	Hotel	9 929 m <sup>2</sup>	Hotel
	Ilot H	15 093 m <sup>2</sup>	Bureaux
	Ilot H2	14 460 m <sup>2</sup>	Bureaux
	Ilot L	11 157 m <sup>2</sup>	Bureaux
	Multiplex de Cinema	10 500 m <sup>2</sup>	Cinema
Les Quais d'Arenc	La Marseillaise ( <i>Tou Jean Nouvel</i> )	37 000 m <sup>2</sup>	Bureaux
	H99 ( <i>Tour Jean-Baptiste Pietri</i> )	18 000 m <sup>2</sup>	Logement
	Le Balthazar ( <i>Immeuble Roland Carta</i> )	10 000 m <sup>2</sup>	Bureaux
	Tour Yves Lion	25 000 m <sup>2</sup>	Logement/Hôtel
Les Docks	Projet de réaménagement des sous sols et du RDC	16 000 m <sup>2</sup>	Restaurant/Commerces/Bureaux
	Rénovation globale section 10	16 000 m <sup>2</sup>	Bureaux
	Rénovation globale section 11	16 000 m <sup>2</sup>	Bureaux
	Rénovation globale section 12	16 000 m <sup>2</sup>	Bureaux
	Rénovation globale section 13	16 000 m <sup>2</sup>	Bureaux
	Hôtel de Direction	8 000 m <sup>2</sup>	Bureaux
Peyssonnel	ILOT 3B (entre Ruffi, Peyssonnel, Mirabeau et Chanterac)	8 170 m <sup>2</sup>	Nexity Apolonia / Logement
	ILOT 3C Nord (entre Peyssonnel, Paris, Mirabeau et Chanterac)	8 500 m <sup>2</sup>	Bureaux
	ILOT 3C Sud (entre Peyssonnel, Paris, Mirabeau et Chanterac)	8 500 m <sup>2</sup>	Bureaux
	ILOT 3C Nord (entre Peyssonnel, Paris, Mirabeau et Chanterac)	8 250 m <sup>2</sup>	Habitation
	ILOT 3C Sud (entre Peyssonnel, Paris, Mirabeau et Chanterac)	8 250 m <sup>2</sup>	Habitation
	ILOT 1B - Université des metiers	17 000 m <sup>2</sup>	Habitation + équipement
	ILOT 1C - Université des metiers	8 290 m <sup>2</sup>	Bureaux
	ILOT 2B	22 500 m <sup>2</sup>	Habitation
	ILOT 2C - fiesta	19 350 m <sup>2</sup>	Habitation
	ILOT 2C - fiesta	11 250 m <sup>2</sup>	Bureaux
Ilot 5A	ANF (entre rue Mires, Melchior Guinot, Salengro et Ruffi)	10 000 m <sup>2</sup>	Bureaux
Immeubles du port	Immeubles du port	50 000 m <sup>2</sup>	Bureaux
	<b>Total surface</b>	<b>388 447 m<sup>2</sup></b>	

*Synthèse du potentiel en surface de la zone Euroméditerranée (en rouge immeuble ayant choisi des installations autonome)*

Dans un premier temps, les programmes concernés par le raccordement au réseau de froid urbain et au réseau de chaleur d'Euroméditerranée sont :

- Les Quais d'Arcenc
- L'Euromed center
- Les Docks de la Joliette



*Bâtiments cibles du projet (image pas à l'échelle)*

#### 1.5 BESOINS THERMIQUES DES BATIMENTS :

Les puissances retenues à la suite des échanges avec les bureaux d'études techniques des bâtiments cibles, lors de la phase de commercialisation, sont :

		Puissance souscrite par immeuble en kW															
		Froid								Chaud							
Programme	Denomination	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Euromed Center	Ilot I - Immeuble de bureaux				350												
	Hotel			810								760					
	Ilot H		600														
	Ilot H2				400												
	Ilot L				500												
	Multiplex de Cinema						600									200	
Les Quais d'Arenç	La Marseillaise (Tour Jean Nouvel)					1 500								800			
	H99 (Tour Jean-Baptiste Pietri)					650								600			
	Le Balthazar (Immeuble Roland Carta)		530												710		
	Tour Yves Lion							1 200								1 500	
Les Docks	Projet de réaménagement des sous sols et du RDC		850									650					
	Rénovation globale section 10			850									650				
	Rénovation globale section 11			850									650				
	Rénovation globale section 12			850									650				
	Rénovation globale section 13						850								650		
	Hôtel de Direction								450								350
Peyssonnel	ILOT 3B (entre Ruffi, Peyssonnel, Mirabeau et Chanterac)					0								400			
	ILOT 3C Nord (entre Peyssonnel, Paris, Mirabeau et Chanterac)					450								200			
	ILOT 3C Sud (entre Peyssonnel, Paris, Mirabeau et Chanterac)					450								200			
	ILOT 3C Nord (entre Peyssonnel, Paris, Mirabeau et Chanterac)					0								400			
	ILOT 3C Sud (entre Peyssonnel, Paris, Mirabeau et Chanterac)					0								400			
	ILOT 1B - Université des metiers								0								850
	ILOT 1C - Université des metiers								450								200
	ILOT 2B								0								1 000
	ILOT 2C - fiesta								0								900
	ILOT 2C - fiesta								550								250
Ilot 5A	ANF (entre rue Mires, Melchior Guinot, Salengro et Ruffi)			400										200			
Immeubles du port	Immeubles du port						2 500									1 500	
	<b>Total Puissance souscrite</b>	0	850	2 910	1 250	3 050	5 150	1 000	450	0	850	2 060	0	3 000	3 850	3 200	350
		<b>14660 kW</b>								<b>13310 kW</b>							

Synthèse du potentiel en puissance souscrite de la zone Euroméditerranée (en rouge immeuble ayant choisi des installations autonome)

## 2. DECOMPOSITION DE L'ETUDE DE FAISABILITE :

Compte tenu de la forte contrainte de délais induite par les dates de livraison des bâtiments cibles, l'étude de faisabilité du projet est partagée entre différents bureaux d'études, chacun choisi pour ses compétences spécifiques. L'étude de faisabilité a été décomposée de la manière suivante :

- La conception du bâtiment et son intégration architecturale
- Les installations de production
- Les ouvrages de prise et de rejet d'eau de mer
- L'impact sur le milieu marin
- Le réseau de distribution
- Les postes de livraison

Chacun de ces thèmes sera développé dans les paragraphes suivants.

### 2.1 FAISABILITE BATIMENT

L'implantation de la centrale est envisagée à l'extrémité Ouest de la traverse d'Arenc, le long de la rampe d'accès au pont tournant côté Sud. Cet espace abrite actuellement une brigade de douaniers.

Cet emplacement fait l'objet d'une convention signée en avril avec le Grand Port Maritime de Marseille (GPMM) pour une durée de 35 ans.

Le bâtiment se situera à minima à vingt mètres du bord du quai pour éviter de forer les fondations de la centrale dans le massif en enrochement présent sous le quai.

La conception du bâtiment a été confiée à :

- Egis géotechnique pour l'étude géotechnique
- Egis Energie et Systèmes pour la partie génie civil
- C+T Architecture pour l'intégration architecturale



*Emplacement de la future centrale de production*

### 2.1.1 Etude géotechnique

L'étude conclue que le bâtiment reposera sur une dalle portée par des longrines béton, qui reporteront les surcharges sur la fondation.

La nature hétérogène et la très faible compacité des remblais qui constituent le quai actuel, cumulées avec les traces de tassements anciens décelées sur site, conduisent vers des solutions de fondation profondes pour la réalisation du bâtiment projeté, quelles que soient les charges considérées.

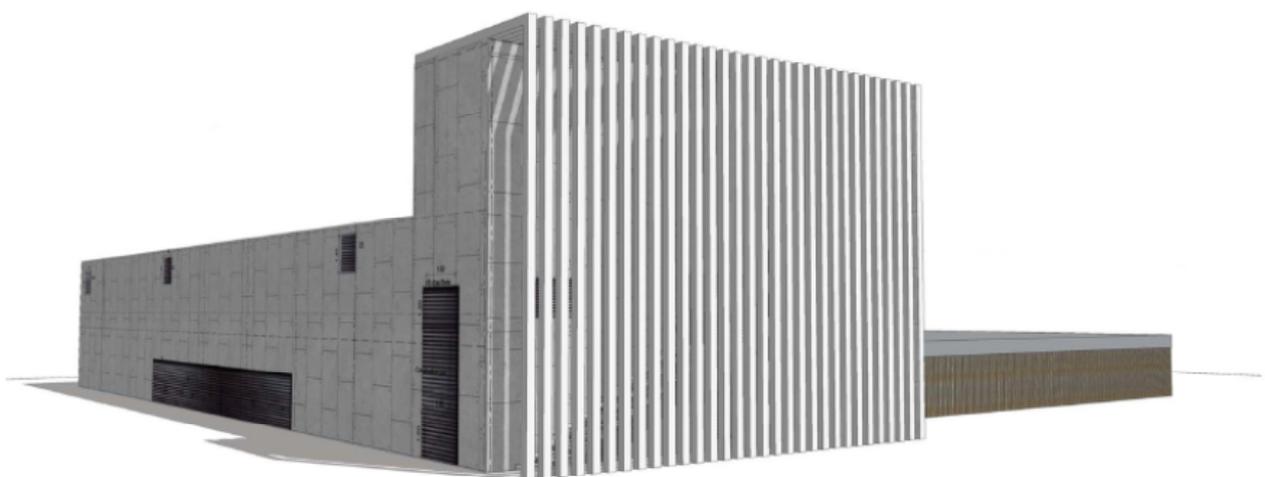
En première approche, il s'agira de pieux forés/tubés, descendus jusqu'à la cote de -18m CM environ, soit un ancrage de 3 diamètres dans le substratum marneux.

On pourra prendre en compte pour le pré dimensionnement de ces pieux une pression limite nette en pointe de l'ordre de 4 à 5MPa.

Dans la mesure du possible, on veillera à écarter suffisamment le bâtiment du mur de quai pour éviter de forer les pieux dans le massif en enrochement présent sous le quai, soit un retrait de 20m environ par rapport au mur de quai.

### 2.1.2 Intégration architecturale

Le bâtiment s'implante parallèlement au quai et à la rampe existante à une distance d'environ 5m par rapport à celle-ci. Ses dimensions générales (50m de long, 18m de large, 8m de haut) sont définies dans la convention signée avec le port, ainsi que son implantation. Le bâtiment se présente donc comme un simple parallélépipède auquel vient se greffer une structure ajourée composée de lames de béton, venant englober des éléments techniques tels que cheminées ou issues de secours. Cette assimilation stylistique portuaire permet d'intégrer au volume les cheminées de la chaufferie devant dépasser de 5m, effaçant toute notion de bâtiment polluant pour lui redonner une image plus noble donnant directement sur la façade maritime. Le bâtiment est entièrement en béton brut, y compris sa toiture dans une tonalité de gris moyen. Toutes les ouvertures techniques et accès sont habillés et restructurés par des panneaux de vanelles en aluminium poli inox engravés dans le béton. Les cheminées sont en acier inoxydable. Il vient se poser sur un socle en béton intégrant des luminaires.



*Vue de perspective de la centrale de production*

## 2.2 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION DE PRODUCTION

Pour répondre aux besoins de rafraîchissement des bâtiments cibles, THASSALIA mettra en œuvre dans l'enceinte du bâtiment les installations suivantes :

### Centrale de production d'eau glacée

- 2 dispositifs de filtration eau de mer à 500 microns. Chaque file dimensionnée pour 100 % du débit nominal de pompage d'eau de mer (débit dépendant de l'étude d'impact thermique et hydraulique sur le bassin portuaire);
- Ensemble de machines de production réparties de la manière suivante :
  - 2 thermofrigopompes x 4 MWf
  - 1 groupes de production d'eau glacée x 4 MWfLes groupes fonctionneront au régime de température eau glacée 11°C/4°C. Les groupes seront du type condenseur à eau, équipés de compresseurs centrifuges, fonctionnant au R134a.
- 2 pompes « condenseur » et 4 pompes « évaporateur », nécessaires au bon fonctionnement des groupes de production d'eau glacée;
- 3 pompes de distribution d'eau glacée d'un débit unitaire de 650 m<sup>3</sup>/h ;
- Un ensemble de pompes d'eau de mer
- Ensemble de production d'eau adoucie de 2\*50 m<sup>3</sup>/h.
- Dispositif de maintien de pression de 100 m<sup>3</sup>/h.
- 2 arrivées HTA ErDF (dont 1 en secours) pour une puissance de 5 à 7 MW électriques;
- Variateurs de vitesse sur l'ensemble des pompes
- Dispositifs de transformation, démarrage et distribution électrique ;
- Un dispositif de variation de vitesse sur les machines de production ;
- Installations de ventilation et de refroidissement des installations ;
- Ensemble des auxiliaires nécessaires au fonctionnement de la centrale.
- Des accès nécessaires au personnel et approvisionnement d'exploitation ainsi qu'aux opérations de maintenance lourde.
- Un local PC de conduite de la centrale ainsi que toutes les dispositions de télécommunication

## Groupe frigorifique de 4 MW - Caractéristiques principales

Refroidisseur de liquide à condensation par eau

Installation intérieure

Caractéristiques frigorifiques générales :

- Compresseur centrifuge
- Nombre compresseur/circuit frigo. : 1/1
- Fluide frigorigène : R134A

Caractéristiques évaporateur :

- Puissance frigorifique : 4000 kW
- Régime de température évap. : 11 / 4°C
- Débit évap. : 500 m<sup>3</sup>/h
- Fluide évap. : Eau
- Fouling factor : 0.0441 m<sup>2</sup>.°K/kW

Caractéristiques Condenseur eau de mer:

- Régime de température eau: 25 / 30°C
- Débit cond. : 800 m<sup>3</sup>/h
- Fluide cond. : Eau de mer
- Fouling factor : 0.08803 m<sup>2</sup>.°K/kW

Caractéristiques électriques :

- Puissance absorbée unité : 680 kW
- Tension : 5500V/3/50 Hz

Un moteur sera équipé de variateur de vitesse

- COP = 5,88

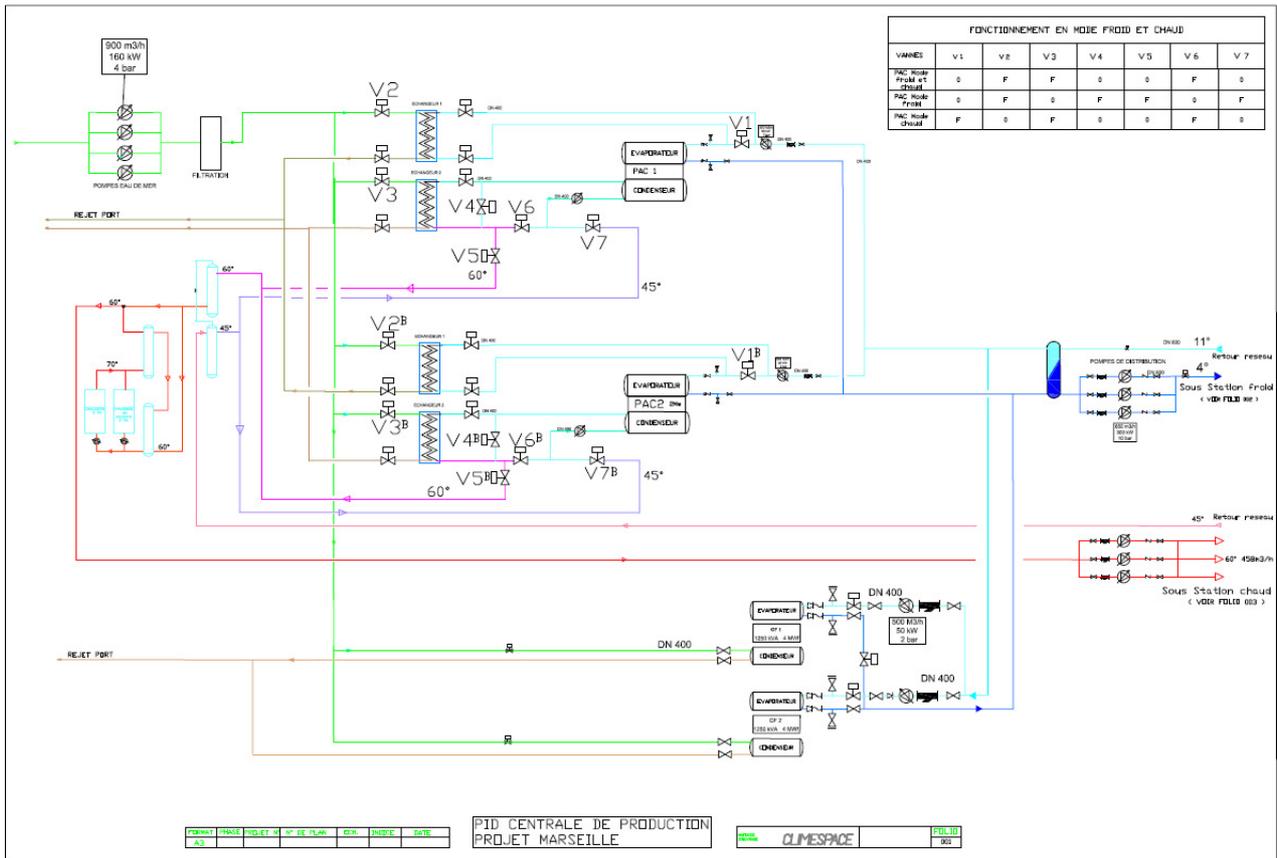
Pour répondre aux besoins de chaleur des bâtiments cibles, THASSALIA mettra en œuvre dans l'enceinte du bâtiment les installations suivantes

### Centrale de production de chaleur

- Ensemble de machines de production réparties de la manière suivante :
  - 2 thermofrigopompes x 6 MWc
  - 2 échangeurs découplant le circuit condenseur des machines du circuit eau de mer
  - 1 chaudière gaz de 2 MWc (avec une chaudière de secours de puissance équivalente), avec bruleur proportionnel, régulation O2.
- 2 pompes « condenseur » et 2 pompes « évaporateur », nécessaires au bon fonctionnement des thermofrigopompes;
- 3 pompes de distribution d'eau chaude d'un débit unitaire de 152 m<sup>3</sup>/h ;
- Ensemble de production d'eau adoucie
- Variateurs de vitesse sur l'ensemble des pompes
- Dispositifs de transformation, démarrage et distribution électrique ;
- Installations de ventilation et de refroidissement des installations ;
- Ensemble des auxiliaires nécessaires au fonctionnement de la centrale.

### Ouvrages de prise et de rejet d'eau de mer

- Dispositif de filtration grossière à l'aspiration ;
- Dispositif de réduction de la vitesse du fluide au refoulement, afin d'atteindre environ 0,3 m/s
- liaisons entre les ouvrages de prise d'eau de mer et la centrale.
- Un dispositif de filtration fine d'eau de mer ;



PID de la centrale de production d'eau glacée d'Euroméditerranée

### TFP de 4 MWf et 6 MWc - Caractéristiques principales

Refroidisseur de liquide à condensation par eau

Installation intérieure

Caractéristiques frigorifiques générales :

- Compresseurs centrifuges ou vis

- Fluide frigorigène : R134A

Caractéristiques évaporateur :

- Puissance frigorifique : 4349 kW

- Régime de température évap. : 11 / 4°C

- Fluide évap. : Eau

Caractéristiques Condenseur eau de mer :

- Puissance thermique (chaleur) : 5990 kW

- Régime de température eau: 45 / 60°C

- Fluide cond. : Eau

Caractéristiques électriques :

- Puissance absorbée unité : 1641 kW

- Tension : 5500V/3/50 Hz

COP chaud = 3,65

COP froid = 2,65

### Principe de fonctionnement des TFP:

Le fonctionnement des TFP est présenté ci-dessous :

Coté ressource (circuit évaporateur des TFP) :

Les TFP seront raccordées en parallèle.

La chaleur (renouvelable) apportée à l'évaporateur proviendra de l'eau de mer

Coté utilisation (circuit condenseur des TFP) :

Les TFP seront raccordées en parallèle, les températures de condensation de chaque TFP étant celles de l'eau de mer.

Les plages de fonctionnement des TFP seront :

Sortie Evaporateur : de 4°C à 11°C

Sortie condenseur : de 45°C à 60°C

Vannes	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
TFP mode froid et chaud	O	F	F	O	O	F	O
TFP mode froid	O	F	O	F	F	O	F
TFP mode chaud	F	O	F	O	O	F	O

F = Fermée

O = Ouverte

En hiver et quand une demande de chaleur est présente, une partie de l'énergie disponible à l'évaporateur des TFP pourra être valorisée sur le réseau de froid. Compte tenu de la faible demande de froid et du surdimensionnement des émetteurs des clients par rapport aux besoins, une dérive de la température de départ du réseau froid de 1°C (de 4°C à 5°C) sera acceptable pour délivrer la puissance froide nécessaire.

En été, une partie de la chaleur au condenseur des TFP pourra être valorisée sur le réseau de chaleur pour la production d'ECS. La production des groupes frigorifiques pour les besoins de froid étant plus importante que la production de froid des TFP, la température de l'eau glacée en sortie des groupes sera suffisante pour garantir une température de départ à 4°C de l'eau glacée sur le réseau froid.

Les chaudières gaz garantiront l'éventuel appoint toute l'année. Le régime de température départ des chaudières sera optimisé.

### Principe de fonctionnement de la centrale froid:

La centrale est constituée de 1 groupe de production d'eau glacée et 2 thermofrigopompes à condenseurs et évaporateurs à eau. Ceux-ci seront refroidis par un réseau hydraulique eau de mer, puisée dans le port, filtrée et rejetée à distance dans le port.

L'organisation est la suivante :

- Le groupe et les 2 TFP sont raccordés hydrauliquement en parallèle avec une puissance frigorifique totale de 12 MWf (4MWf + 2x4MWf). Ils assurent 100% des besoins à terme. Compte-tenu de l'amplitude de la variation attendue de la charge thermique, un refroidisseur de 4MWf sera équipé d'un variateur de vitesse qui permettra de moduler sa puissance. En effet il permettra de gérer la montée en puissance par paliers de 4 MWf de la manière suivante :
  - le groupe équipé d'un variateur de vitesse assure la montée en puissance entre 0 et 4MW,
  - à l'approche du seuil de 4 MW le deuxième groupe de 4 MW prend le relais,
  - le groupe équipé du variateur assure alors la montée en puissance entre 4 à 8 MW

- les deux thermofrigopompes assurent soit la puissance supplémentaire soit la base quand la chaleur produite au condenseur peut être valorisée.
- le cycle peut recommence ainsi de suite jusqu'à atteindre la puissance maximale de 12 MW.
- 4 pompes permettent la circulation de l'eau glacée dans les évaporateurs pour maintenir sa température à 4°C;
- 3 pompes dont 1 en secours permettent la distribution de l'eau glacée à 4°C et 10 bars vers le réseau Euromed ;
- 4 pompes dont 1 en secours permettent le puisage de l'eau de mer à 25°C maximum. L'eau de mer est filtrée avant passage dans les condenseurs et ensuite rejetée à distance dans le port à 30°C maximum.

### **Pompes**

Les pompes évaporateurs, condenseurs, et réseaux seront de type simple à vitesse variable permettant l'ajustement des débits et les phases de démarrage. Les variateurs de vitesse seront installés en armoire électrique.

Les pompes seront installées sur socles, eux-mêmes sur boîtes à ressorts pour limiter au maximum les nuisances acoustiques.

Le constructeur envisagé est KSB. L'étude est réalisée avec ses équipements car, à ce stade, elles présentent des données plus complètes pour des performances équivalentes ou meilleures.

### **Pompes évaporateurs**

Les pompes évaporateurs sont installées près des groupes et connectées en série. Une pompe est prévue pour chaque évaporateur.

Leurs caractéristiques sont données ci-après :

Pour les TFP

Type Etanorm G125-250

Débit : 250 m<sup>3</sup>/h

Hmt : 20 mCE

Moteur : 22 kW - 1500 t/mn

Pour les groupes froids

Type CPKN-S1 200-315

Débit: 500 m<sup>3</sup>/h

Hmt : 20 mCE

Moteur : 45 kW - 1500 t/mn

Aucun risque de problème d'amorçage n'a été identifié pour ces pompes

### **Pompes condenseurs**

Les pompes condenseurs qui véhiculent de l'eau de mer filtrée sont installées près des groupes et connectées en amont des stations de filtration de l'eau de mer.

Leurs caractéristiques sont données ci-après :

Pompes PC 01 à PC 04

Type CPKN-C1 250-400

Débit : 900 m<sup>3</sup>/h

Hmt : 40 mCE

Moteur : 160 kW - 1500 t/mn

La position des pompes par rapport au réseau de puisage de l'eau de mer présente un risque au moment du démarrage des pompes (problème d'amorçage). Le NPSH de ces pompes et la possibilité d'installation d'une pompe d'amorçage seront étudiés en détail en phase APD.

### **Pompes réseaux de distribution 11°C / 4°C**

Compte-tenu de l'espace disponible, les pompes réseaux sont prévues au R+2 au dessus des groupes frigorifiques et près de la galerie de distribution. Trois pompes permettent d'assurer la totalité des besoins en eau glacée.

Leurs caractéristiques sont données ci-après :

Pompe PEG 01 à PEG 03

Type CPKN-S1 250-500

Débit : 650 m<sup>3</sup>/h

Hmt : 100 mCE

Moteur : 315 kW - 1560 t/mn

Aucun risque de problème d'amorçage n'a été identifié pour ces pompes.

## **2.3 OUVRAGES DE PRISE ET DE REJET D'EAU DE MER**

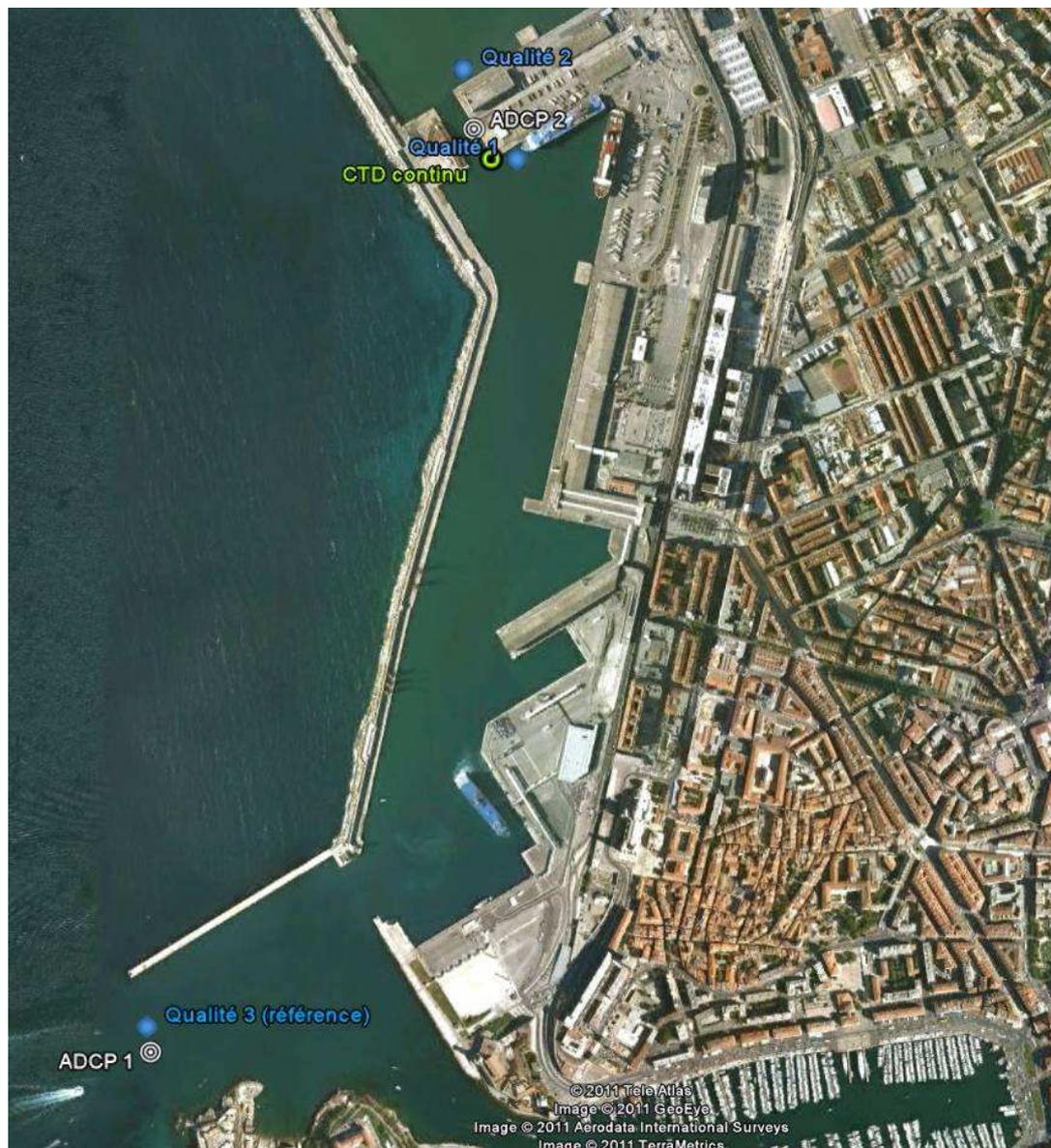
THASSALIA a missionné EGIS EAU pour réaliser une étude de faisabilité sur les ouvrages de prise et de rejet d'eau de mer.

Cette étude comprend :

- Une campagne de mesure en mer au niveau de la qualité d'eau, de la température et des courants, sur une période de six mois ;
- Une modélisation du port afin d'appréhender la diffusion du rejet et la capacité du port à accepter le rejet thermique ;
- La conception de base des dispositifs de prise et de rejet d'eau de mer.

### 2.3.1 Bathythermie

La campagne de mesure des températures de l'eau du port de Marseille, menée par Xsurvey, a été réalisée sur une période s'étalant du 14/04/2011 au 27/09/2011. Deux stations de mesure ont été positionnées aux emplacements des futurs ouvrages de prise et de rejet d'eau de mer. Une station a été installée à l'extérieur de l'enceinte du GPMM. Cette dernière sert de référence aux mesures réalisées.

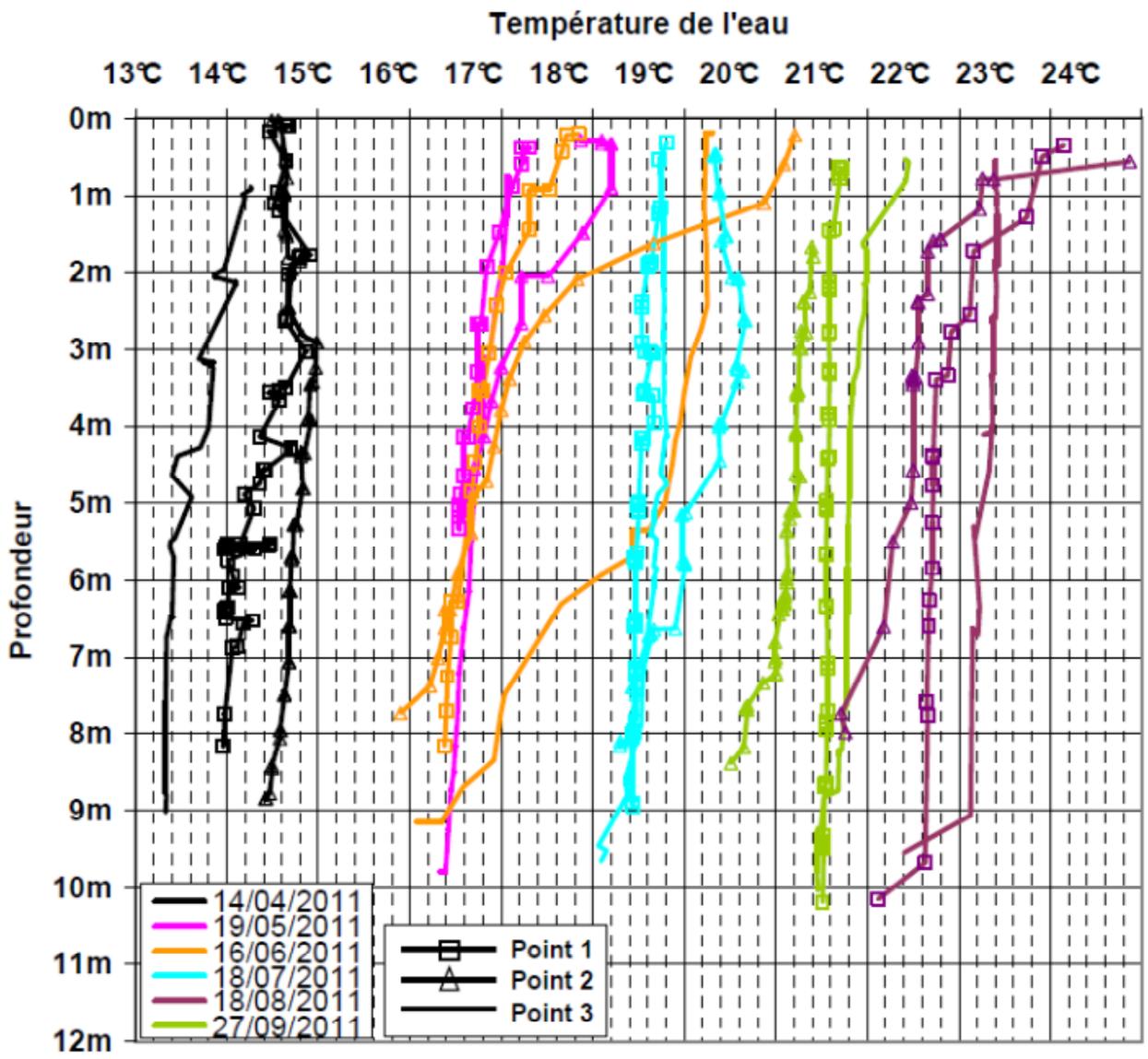


*Localisation des stations de mesure*

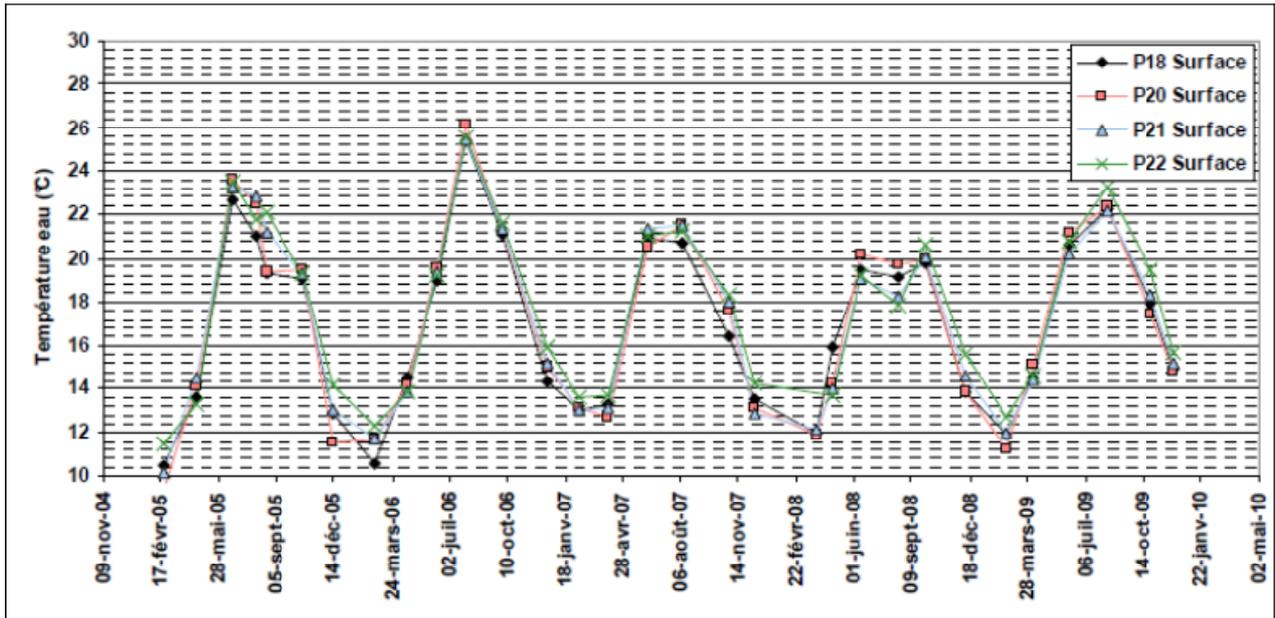
Les données récoltées ont ensuite été complétées à l'aide des archives REPOM. Les figures suivantes présentent l'évolution des températures de l'eau en surface et l'évolution des écarts de température entre surface et fond.

L'analyse de ces résultats montre que :

- La masse d'eau est relativement homogène en espace horizontal et vertical, avec de faibles variations spatiales de température.
- L'écart maximal mesuré entre le fond et la surface atteint 4.6°C.
- La température de l'eau varie annuellement entre 9.3°C et 26.1°C en surface, et entre 10.4°C et 23.1°C au fond (extrema atteints au point 20 des données REPOM « Bassin d'Arenc »).



*Synthèse des températures d'eau de mer sur la période de mesure*

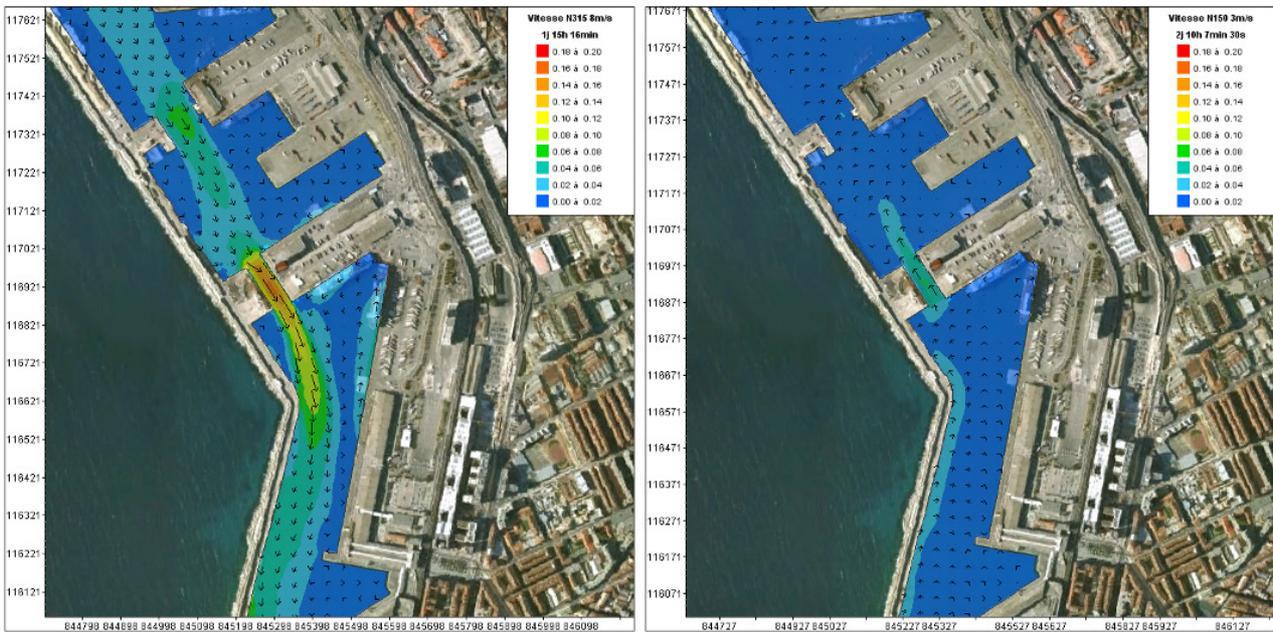


Historique des températures de l'eau du port de Marseille aux points 18,20,21 et 22 - Données REPOM

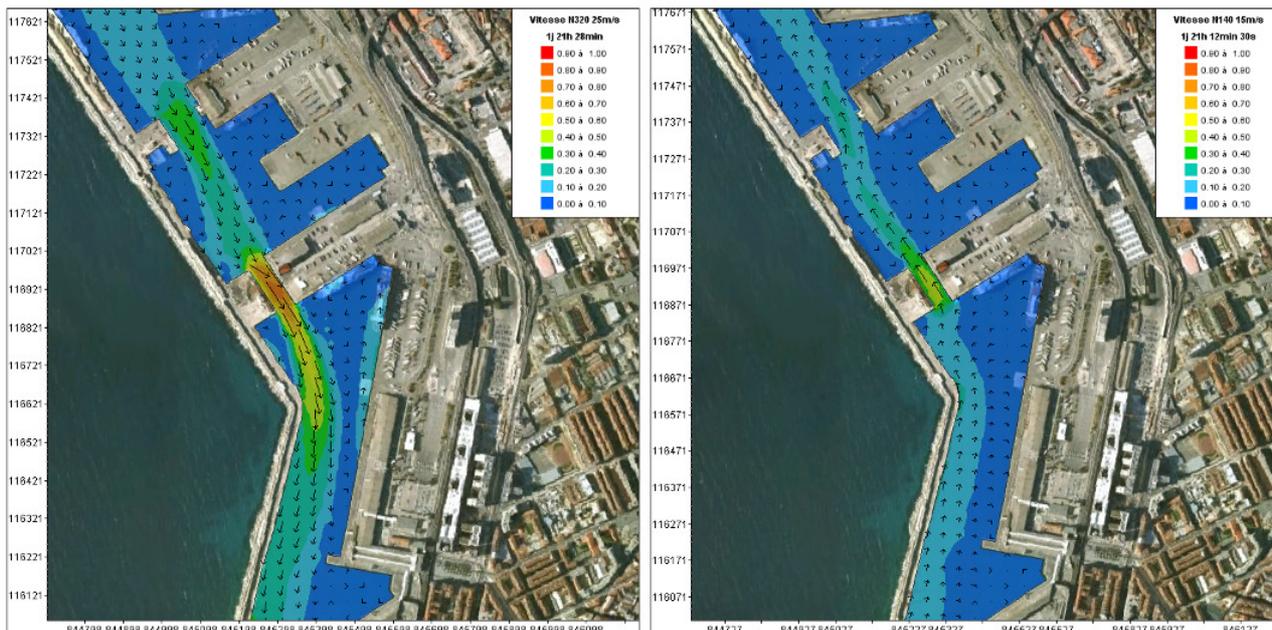
### 2.3.2 Courantologie et diffusion des rejets thermiques

L'étude menée par Egis Eau porte dans un premier temps sur la réalisation d'un modèle numérique décrivant la courantologie à l'intérieur des bassins du GPMM. Cette modélisation permet l'évaluation du taux de renouvellement de l'eau du port.

Les figures suivantes représentent la courantologie à l'intérieur des bassins du port.



Courantologie dans des conditions « calmes » (vent Nord-Nord/Ouest 8 m/s et Vent Sud Est 3 m/s)



*Courantologie dans des conditions « fortes » (vent N-N-O de 25 m/s et Vent S- E de 15 m/s)*

Ces modélisations montrent un renouvellement de l'eau du port pouvant aller jusqu'à 28% sur une période de 5 jours suivant la vitesse des vents.

	Marée seule Uw<1m/s	Vent SE 3 à 15m/s	Vent NO 8 à 25m/s
R% à 5j/9j	2% / 3%	35% / 95%	28% / 92%
Q échange	30 ~ 90m3/s	40 ~ 150m3/s	60 ~ 260m3/s
% année	~9%	~20%	~26%

*Evaluation du taux de renouvellement de l'eau du port*

Dans un second temps, Egis Eau a appliqué à ce modèle, le rejet thermique de la centrale de production afin d'en évaluer l'impact.

Bien qu'un certain nombre d'hypothèses présent en compte soient plutôt pessimistes, les résultats de cette modélisation sont plutôt encourageants.

Les hypothèses présent en compte dans cette modélisation sont :

- Un rejet constant sur toute la période de modélisation au débit maximal de l'ouvrage (atteint 100h/an les années les plus chaudes)
- Une température de rejet fixé à 30° (température maximale de rejet)
- Pas d'échange thermique entre l'eau du port et l'atmosphère
- Des simulations sans vent pendant des périodes pouvant aller jusqu'à 5 jours. (Cas non constaté sur 25 ans d'historiques météorologique)

Les résultats montrent que le volume d'eau rejeté par la centrale de production ne représente au maximum que 3.3% du volume d'eau du port renouvelé en 5 jours (cas sans vent pendant 5 jours) et une disparition de tout effet sur la température du port après 1700 m au maximum.

	Marée seule Uw<1m/s	Vent SE 3 à 15m/s	Vent NO 8 à 25m/s
Extension panache	450m/ 900m (au bout de 1j / 5j)	1700m / 300m (pour 3m/s et 15m/s)	1500m / 30m (pour 8m/s et 25m/s)
%Q rejet/Q échange	1.1% à 3.3%	0.7% à 2.5%	0.4% à 1.7%
% année	~9%	~20%	~26%

*Extension de la tache thermique et rapport des débits de rejet et de renouvellement d'eau du port.*

Bien qu'un certain nombre d'hypothèses prises en compte soient pessimistes, les résultats de cette modélisation sont positifs et nous ont permis d'obtenir la validation de notre dossier par l'Autorité environnementale, consultée dans le cadre du dépôt d'une déclaration au titre des articles L.214-1 à L.214-6 du code de l'environnement.

### 2.3.3 Bathymétrie

Les profondeurs maximales dans le GPMM sont atteintes dans le chenal de navigation où elles varient entre plus de -20m CM dans la passe Nord, -10m CM sur la zone de projet, et -13m CM au niveau de la passe Sud.

Plus précisément sur la zone de projet, les profondeurs sont de l'ordre de -10m CM le long du quai Sud du môle d'Arenc (poste 69), et de l'ordre de -8m CM le long du quai Nord du môle d'Arenc (poste 68). Cette mesure permet la détermination des profondeurs de prise et de rejet d'eau de mer.

### 2.3.4 Conception des ouvrages de prise et de rejet

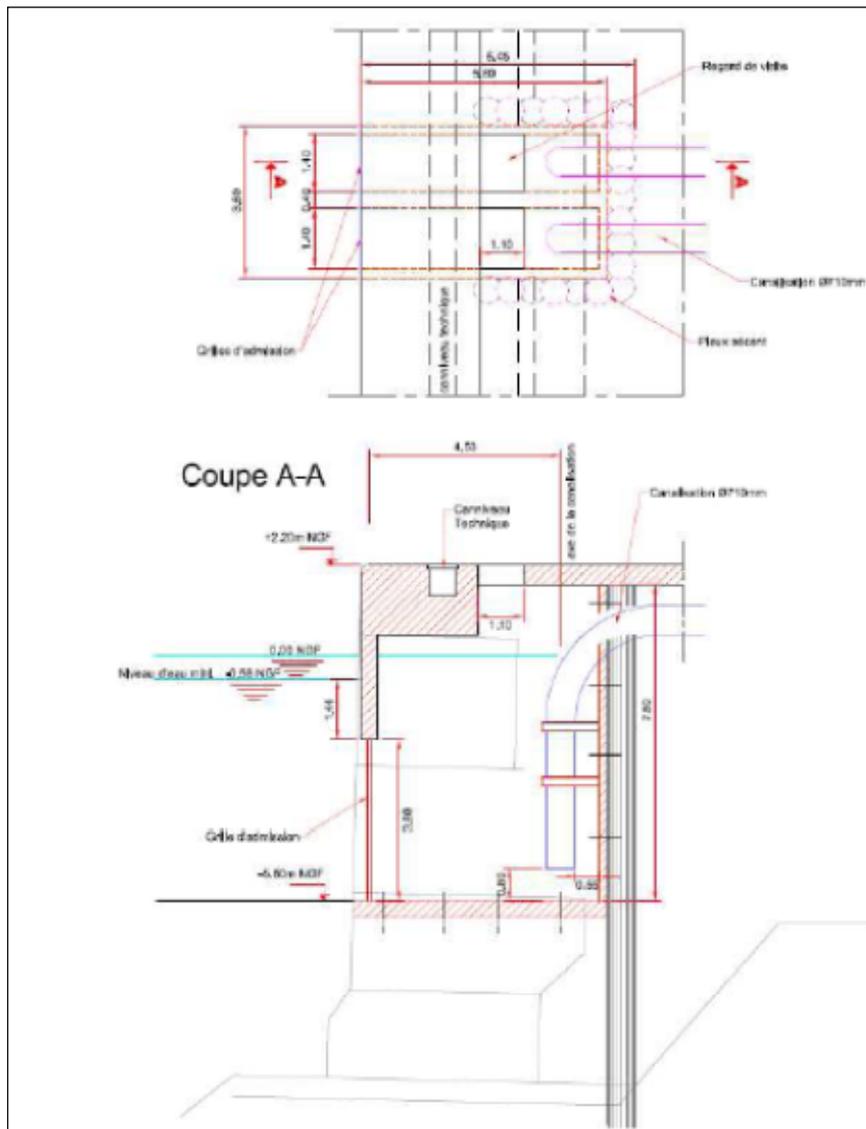
L'activité qui règne dans le Grand Port de Marseille exclue la possibilité de placer les dispositifs de prise d'eau et de rejet le long d'un poste à quai sans protection adéquate ou dans la passe d'Arenc.

La solution décrite par Egis Eau prévoit néanmoins un captage et un rejet situés aux extrémités nord-ouest et sud-ouest du môle d'Arenc. Cette solution devrait par ailleurs limiter les interactions entre la prise d'eau à température ambiante et le rejet d'eau réchauffée.

Ce point notamment est précisé par l'étude de faisabilité environnementale, menée conjointement.

Le bâtiment qui abrite les groupes de pompage et la centrale de production d'eau glacée se situe à l'extrémité de la traverse d'Arenc, à 15 mètres du quai de la passe d'Arenc pour éviter les risques de tassement différentiel.

Pour éviter les interactions entre la canalisation et les navires à l'accostage, une chambre de pompage sera incluse dans chacun des quais en lieu et place de blocs les constituants.



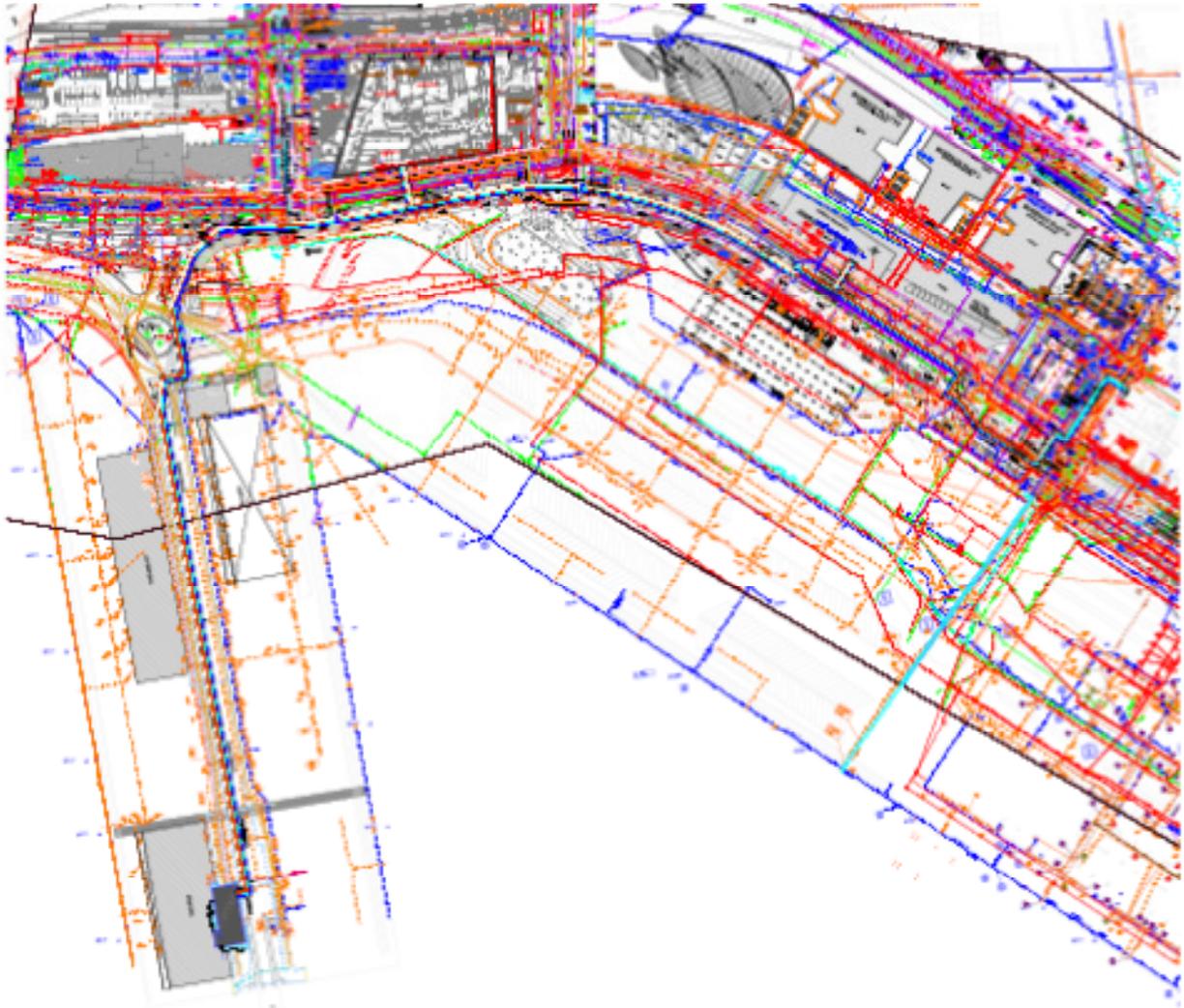
*Schéma de la chambre de pompage/rejet*

## 2.4 DESCRIPTION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

THASSALIA s'est inséré dans le schéma de coordination et de synthèse réseaux réalisé par INGEROP pour le compte d'EUROMÉDITERRANÉE.

Sur la base des plans remis, THASSALIA a présenté à INGEROP et EUROMÉDITERRANÉE un tracé en plan du réseau sur le côté port du boulevard du littoral entre la traverse d'Arcenc et les Terrasses du Port. Ce tracé a été intégré par INGEROP à sa synthèse, ce qui conduit à réserver le fuseau nécessaire.

Le cabinet GTA (Cabinet de géomètres et Maitrise d'œuvre parisienne de THASSALIA), s'est vu confier, par THASSALIA, la réalisation d'un tracé en plan, d'un profil en long du réseau ainsi que le phasage du projet en concordance avec l'opération de réaménagement du boulevard du Littoral.



*Synthèse des réseaux du boulevard du littoral intégrant le tracé en plan du réseau de distribution*

Le réseau de production et le réseau de distribution d'eau glacée sont séparés par un by-pass d'équilibrage agissant en découplage.

Chaque pompe de production sera équipée coté évaporateur d'un filtre à tamis et d'une vanne automatique ou d'un clapet anti-retour permettant de faire fonctionner chaque ensemble simultanément ou séparément en fonction des besoins de production.

Le réseau de distribution d'eau glacée 11/4°C est proposé en tube acier carbone ou, en option technico-économique intéressante, en inox 304L, calorifugé par coquille de styrofoam avec protection par tôle isoxal. Le réseau est équipé, en galerie souterraine au pied du bâtiment de :

- d'un débitmètre à ultrasons, de sondes de température sur l'aller et le retour,
- de vannes d'isolement motorisées permettant d'isoler la centrale de production.

La position « enterrée » de la galerie souterraine de distribution nécessite de prévoir des vannes d'isollements à fermeture rapide pour éviter tout risque d'inondation en cas de fuite du réseau de départ.

Depuis les collecteurs de départ et de retour d'eau glacée, une antenne isolée permet d'alimenter les équipements nécessaires à la climatisation des locaux du bâtiment (CTA, recycleurs,...). En cas de nécessité administrative un échangeur peut être intercalé pour la création d'une sous-station utilités.

Les sections des réseaux seront déterminées de manière à respecter une perte de charge < 10 mm CE/ml.

Un système d'expansion est à définir selon le volume du réseau de distribution.

Les longueurs linéaires pour chaque tronçon et les diamètres des canalisations sont données ci-après :

Réseau de froid urbain	
Tronçon (diamètre)	Longueur (m)
DN 600	627
DN 500	154
DN 400	666
DN 300	47
DN 250	83
branchements	
DN 250	61
DN 200	221
DN 150	52
DN 100	259
TOTAL	2 170

Le total inclut les branchements particuliers à l'intérieur des bâtiments jusqu'à chaque sous-station.

Le réseau de production et le réseau de distribution d'eau chaude sont séparés par un by-pass d'équilibrage agissant en découplage.

Le réseau de distribution de chaleur 45/60°C est proposé en tube acier carbone ou, en option technico-économique intéressante, en inox 304L, calorifugé par coquille de styrofoam avec protection par tôle isoxal. Le réseau est équipé, en galerie souterraine au pied du bâtiment de :

- d'un débitmètre à ultrasons, de sondes de température sur l'aller et le retour,
- de vannes d'isolement motorisées permettant d'isoler la centrale de production.

La position « enterrée » de la galerie souterraine de distribution nécessite de prévoir des vannes d'isolements à fermeture rapide pour éviter tout risque d'inondation en cas de fuite du réseau de départ.

Les longueurs linéaires pour chaque tronçon et les diamètres des canalisations sont données ci-après :

Réseau de chaleur	
Tronçon (diamètre)	Longueur (m)
DN 250	1 475
DN 150	80
DN 100	20
branchements	
DN 200	61
DN 150	273
DN 100	216
DN 80	43
TOTAL	2168

Le total inclut les branchements particuliers à l'intérieur des bâtiments jusqu'à chaque sous-station.

## 2.5 DESCRIPTION DES POSTES DE LIVRAISON

Le poste de livraison d'eau glacée de THASSALIA est constitué d'un ensemble d'échangeurs à plaques. Cet ensemble d'échangeurs à plaques assure la livraison d'énergie nécessaire au rafraîchissement des bâtiments cibles.

Les plaques intercalées permettent à l'eau glacée du réseau de rafraîchir par conduction et convection l'eau du réseau secondaire. L'ajout de plaques permet l'évolution de puissance si nécessaire. Une vanne de régulation assure une température de livraison contractuelle.

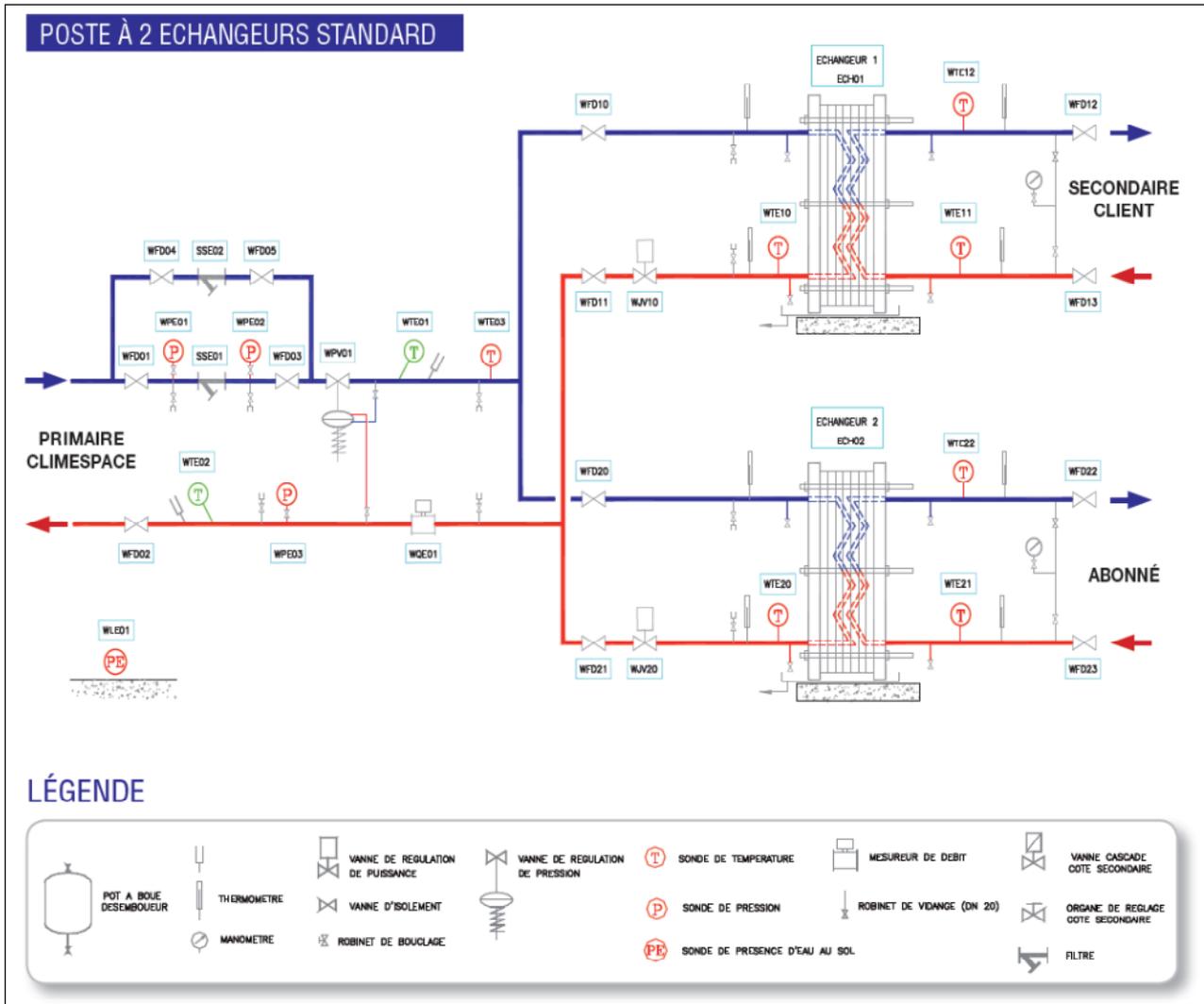


Schéma type d'un poste de livraison d'eau glacée THASSALIA à deux échangeurs

L'ensemble des installations techniques du poste est géré par un automate situé à l'intérieur d'un tableau électrique.

L'automate est relié au Poste Central de Supervision THASSALIA par le réseau téléphonique et transmet des informations sur le fonctionnement, les alarmes éventuelles ou le relevé du compteur.

La consommation du CLIENT est comptabilisée en énergie et en volume d'eau glacée, sur le primaire.

Le dispositif de comptage agréé est localisé sur le primaire et appartient à THASSALIA qui en assure l'entretien.

L'ensemble de comptage comporte un mesureur de débit/volume, des sondes de température et un intégrateur qui calcule instantanément la puissance appelée et l'énergie délivrée.

Les index des compteurs sont transmis directement à THASSALIA pour facturation, par le système de télégestion du poste.

Le poste de livraison de chaleur de THASSALIA est constitué d'un échangeur à plaques. Cet échangeur à plaques assure la livraison d'énergie nécessaire au chauffage des bâtiments cibles. Les plaques intercalées permettent à l'eau chaude du réseau de réchauffer par conduction et convection l'eau du réseau secondaire. L'ajout de plaques permet l'évolution de puissance si nécessaire. Une vanne de régulation assure une température de livraison contractuelle. Pour la livraison de chauffage et ECS deux échangeurs seront utilisés.

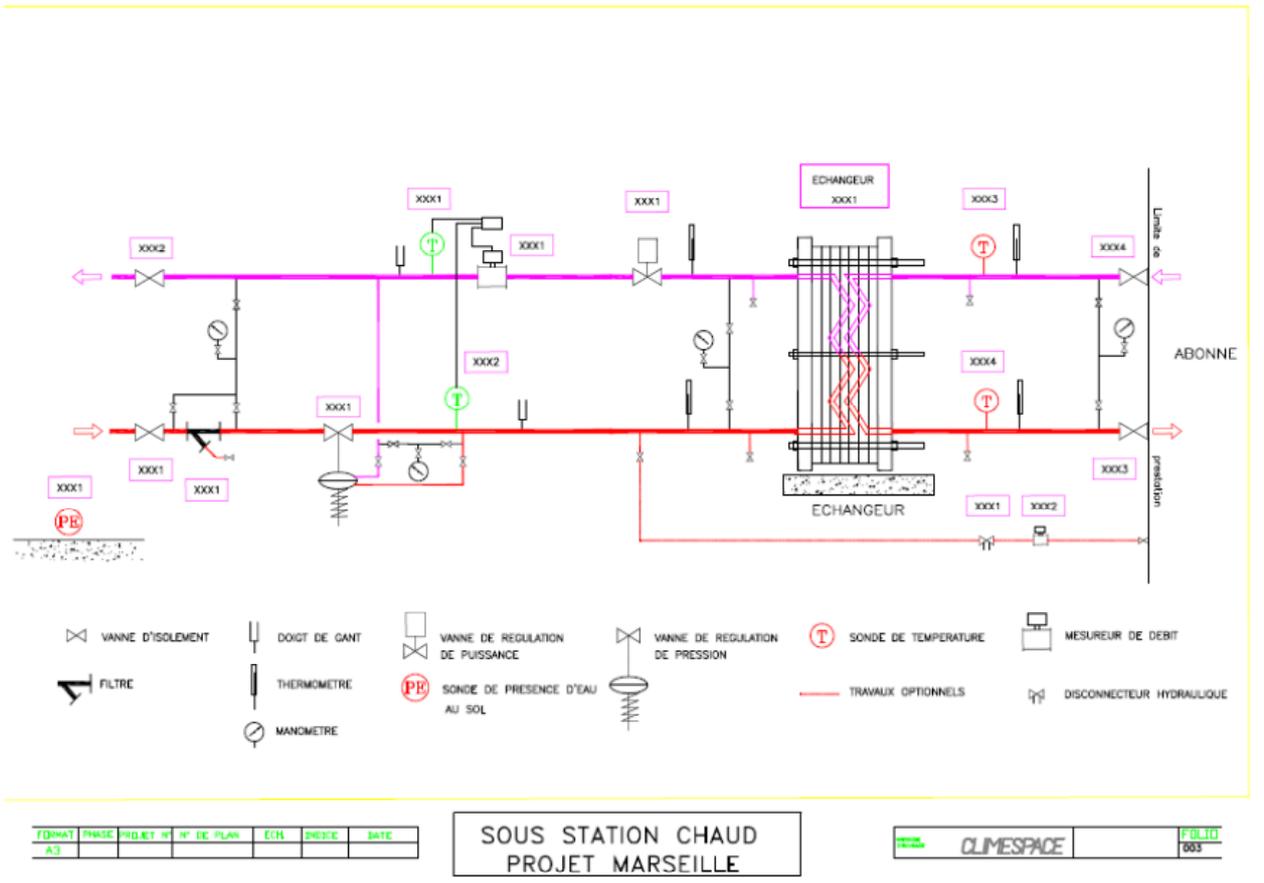


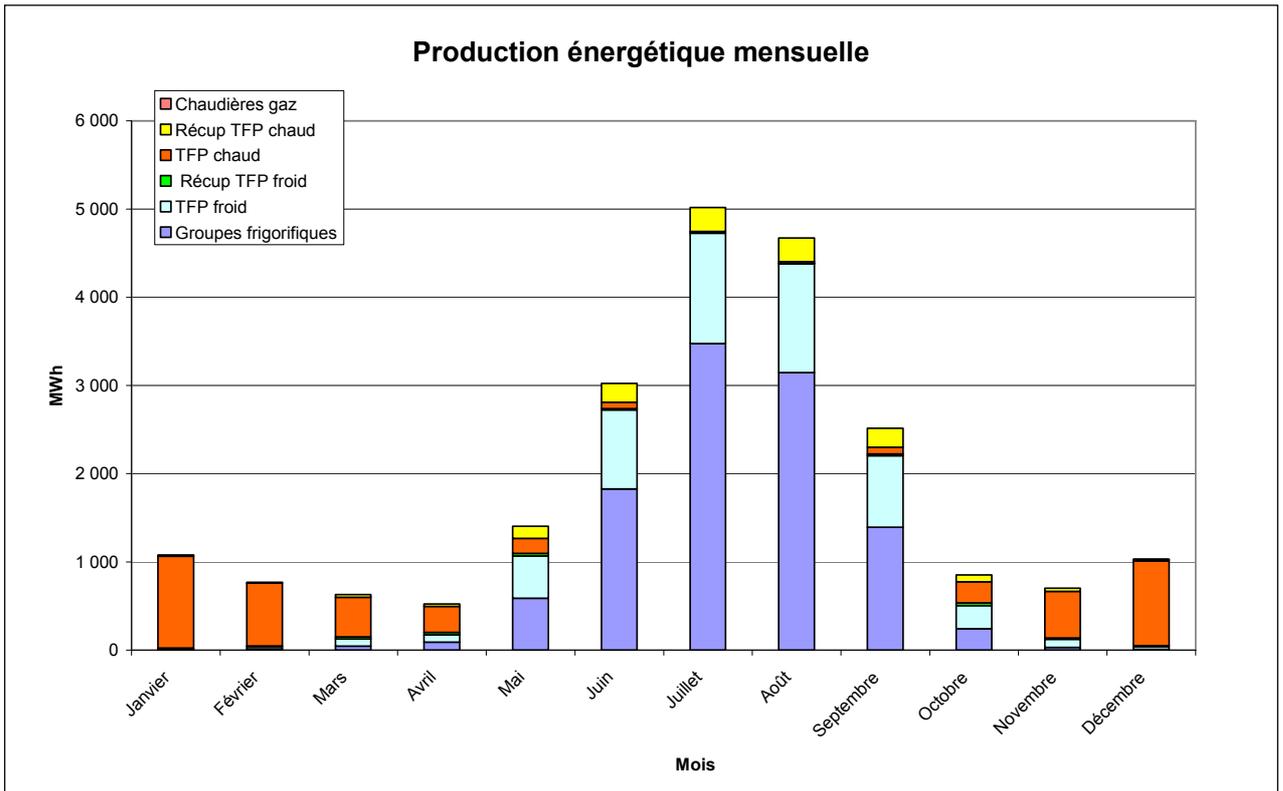
Schéma type d'un poste de livraison de chaleur (chauffage et ou ECS)

### 3. SYNTHÈSE ENVIRONNEMENTALE :

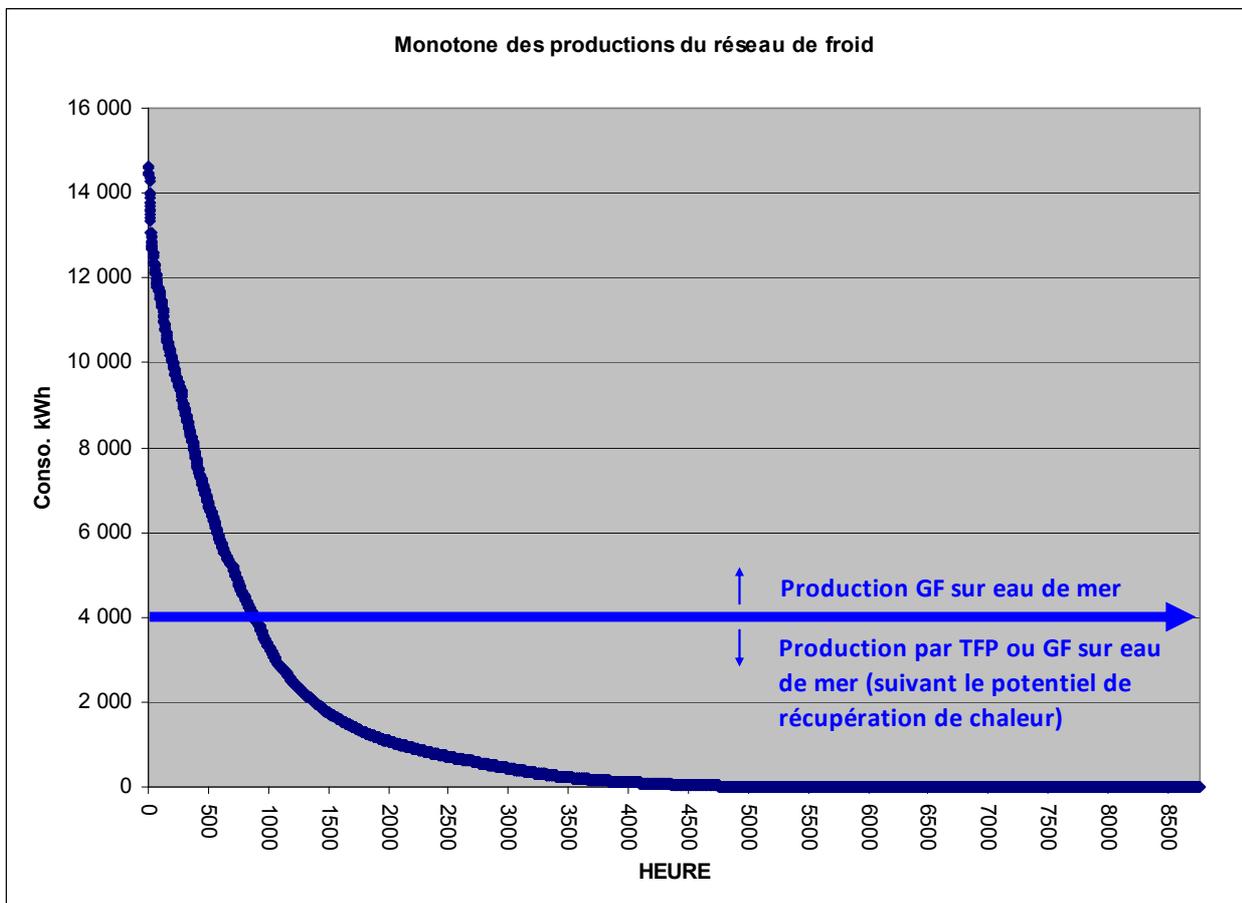
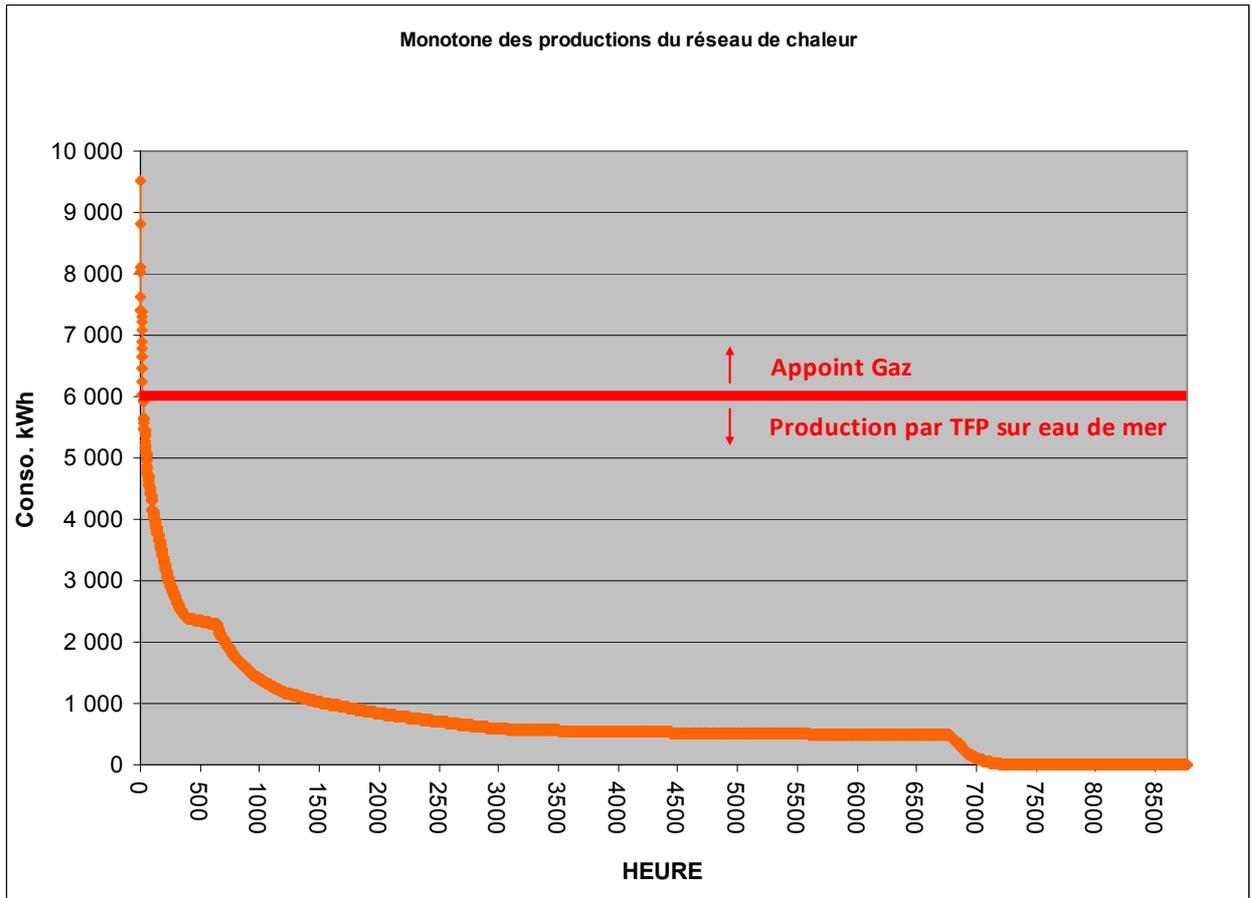
Le tableau ci-dessous récapitule la répartition de la production annuelle pour les réseaux de chaleur et de froid du précédent scénario entre les différents moyens de production.

		TFP	Chaudières	GF	récupération	total
Production Chaud	MWhc	4 573	14		1 308	5 895
Production Froid	MWhf	5 257		10 866	196	16 319

La répartition mensuelle de la production étant la suivante :



Le classement des données de production nous permet alors de tracer les monotones pour le réseau chaud et froid :



Les contenus en CO2 des réseaux de chaleur et de froid, issus du mix énergétique du réseau, sont les suivants :

Emissions CO2	Contenu CO2 [gCO2/kWh]
Réseau de froid	16,81
Réseau de chaleur	43,67

Deux valeurs de taux d'énergie renouvelable ont été déterminées, l'un, uniquement pour le réseau de chaleur, l'autre, pour la globalité de la production (chaud + froid):

$$\text{Taux ENR (Chaud)} = \frac{\text{Chaleur produite par les TFP} - \text{Energie finale des TFP en mode chaud}}{\text{Besoins chaleur}}$$

$$\text{Taux ENR (Global)} = \frac{\text{Production totale TFP} + \text{Production GF} - \text{Energie finale totale TFP} - \text{Energie finale GF}}{\text{Besoins chaleur} + \text{Besoin froid}}$$

TAUX ENR chaleur seule	TAUX ENR Global
79%	77%

Comparatif énergétique et environnemental :

Le bilan environnemental prend en compte 2 éléments : les consommations énergétiques en énergie primaire, ainsi que le rejet de gaz à effet de serre en équivalent CO2.

Le rejet de gaz à effet de serre comptabilise les émissions directes (de fluides frigorigènes), et les émissions indirectes liées aux consommations (gaz, électricité).

Les installations centralisées bénéficient d'une maintenance beaucoup plus importante et plus précise que des installations décentralisées. Il en résulte les valeurs suivantes pour les émissions directes de gaz à effet de serre :

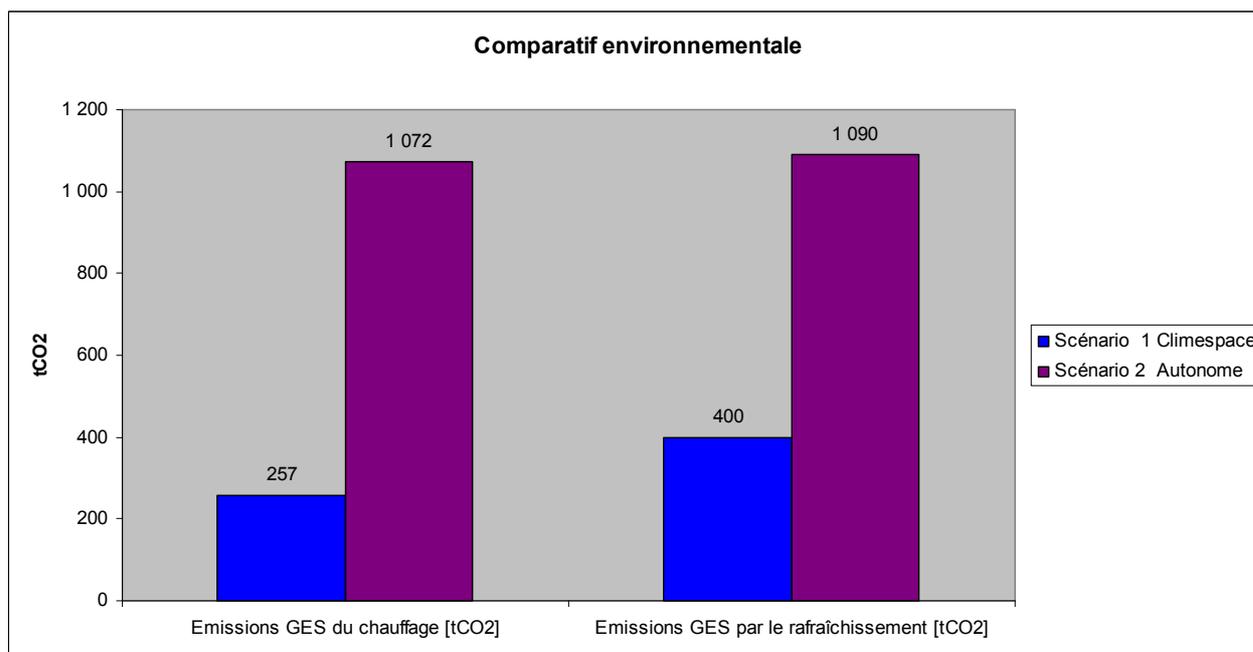
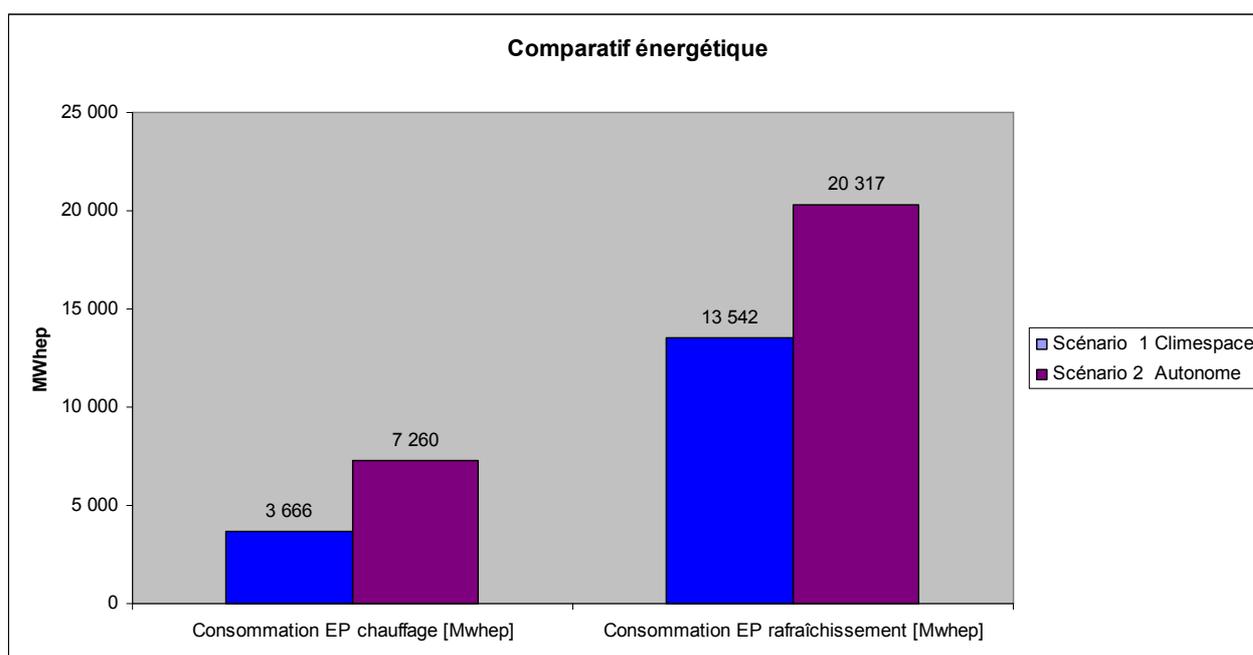
Taux de charge en fluide frigorigène	400 kg/MW installé pour une installation centralisée
	230 kg/MW installé pour une installation décentralisée
Taux de fuite	1% pour une installation centralisée
	10% pour une installation décentralisée
Facteur d'équivalence CO2 pour le fluide frigorigène R134A	1340 kgCO2/kgR134A

Les taux de fuite de fluide frigorigène annoncés ici ont été mesurés sur le parc d'installations parisiennes de THASSALIA (0.4%) et pour les installations décentralisées l'étude de ARMINES (Ecole des Mines de Paris) relative à l'évolution des fluides frigorigènes.

Les émissions de CO2 prises en compte (d'après le site CETE OUEST) sont donc les suivantes :

Emission de CO2 pour une chaudière gaz	0,205	tCO2/MWh gaz PCI
Emission de CO2 pour l'électricité (annuelle)	0,084	tCO2/MWh elec
Emission de CO2 pour l'électricité (hiver)	0,180	tCO2/MWh elec
Emission de CO2 pour l'électricité (été)	0,04	tCO2/MWh elec

Le bilan énergétique et environnemental annuel entre la solution réseau et la référence nous conduit aux histogrammes suivant :



		Scénario 1 Climespace	Scénario 2 Autonome
<b>Chauffage</b>	Production de chaud décentralisée par chaudière gaz [MWhch]	0	432
	Production de chaud décentralisée par chauffage effet joule [MWhch]	0	5 463
	Production de chaud centralisée par TFP [MWhch]	4 573	0
	Production de chaud centralisée par chaudière gaz [MWhch]	14	0
	Consommation de gaz pour le chauffage [Mwhep]	15	445
	Consommation d'électricité pour le chauffage [Mwhep]	3 651	6 815
	Emissions GES du chauffage gaz [tCO2]	2,7	89
	Emissions GES du chauffage électricité [tCO2]	255	983
<b>Rafraîchissement</b>	Puissance totale en froid installée [MWfr]	23,5	14,2
	Production de froid décentralisée par groupe frigo [MWhfr]	0	16 319
	Production de froid centralisée par groupe frigo [MWhfr]	10 864	0
	Production de froid centralisée par TFP [MWhfr]	5 257	0
	Consommation d'électricité pour rafraîchissement [Mwhep]	13 542	20 317
	Emissions GES directes [tCO2]	126	437
	Emissions GES par le rafraîchissement électricité [tCO2]	274	653

La mutualisation des équipements de production énergétique permet de diminuer les consommations d'énergie primaire et les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle du quartier. De meilleures performances et rendements, une meilleure maintenance, un bien meilleur maintien des performances dans le temps et des récupérations d'énergies sur les installations de froid centralisées ont réussi à diminuer de 38% les consommations en énergie primaire par rapport au scénario 2, soit 10 370 MWhep d'économisés chaque année, et de 37% les consommations électriques totales. Concernant les émissions de CO2, elles sont diminuées de 70% par rapport au scénario de référence soit 1 504 tonnes de CO2 évitées chaque année.

Nous précisons que les rejets thermiques sont restreints pour le scénario THASSALIA par rapport à la référence, et contribuent donc à la réduction de l'effet d'ilot de chaleur urbain. Les émissions directes de gaz à effet de serre par fuite de gaz frigorigènes représentent 20% des émissions totales.

Le développement du réseau au-delà de 2018 augmenterait bien évidemment les performances.

#### 4. CONCLUSION :

Le projet promu par THASSALIA, pour les bâtiments de la zone 1 d'Euroméditerranée, a pour but de :

- Fédérer les besoins de froid et de chaud des bâtiments en cours de construction dans la zone 1 d'Euroméditerranée, qui en l'absence de projet concret d'ici à la fin de l'année se rabattront sur des solutions autonomes.
- Réaliser un projet initiateur et démonstrateur en proposant une solution technique innovante, **économique en énergie** et en **gaz à effet de serre**.
- Mettre en place un premier réseau pouvant se connecter à terme à la boucle thalasso-thermique, proposée pour Euroméditerranée 2.
- Chercher à utiliser **l'énergie renouvelable** issue de la Méditerranée.

La solution THASSALIA permet en comparaison de la solution de référence et pour les besoins de froid et de chaud :

- Réduction de la consommation électrique globale de plus de 1/3 par rapport à un parc d'installations conventionnelles disséminées grâce à un EER froid système supérieur à 4 et un COP chaud système supérieur à 3 .
- Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> (jusqu'à 70%) par rapport à un parc de groupes frigorifiques conventionnels disséminés.
- Réduction de plus de 50% des émissions de CO<sub>2</sub> pour la production de **chaleur** par rapport à une solution classique (chaudières gaz et/ou effet joule).
- Réduction des émissions de fluides frigorigènes HFC (jusqu'à 90%) et de ce fait réduction de l'effet de serre.
- Réduction importante de la consommation d'eau potable et de produits chimiques pour le traitement de l'eau.
- Limitation des rejets thermiques (élévation de la température locale) et réduction de l'effet dit d'îlot thermique en Ville, liés aux installations de climatisations disséminées et responsables, à l'échelle d'un quartier, d'une augmentation de la température pouvant atteindre 2°C.
- Alimentation du réseau de chaleur à **plus de 50% par une énergie renouvelable** (valorisation de l'énergie de l'eau de mer).

Enfin la solution réseau a le grand mérite d'être évolutive et adaptable :

- Elle peut s'améliorer en allant chercher l'eau de mer en profondeur, à température plus constante.
- Elle peut assumer des développements ultérieurs sur la zone, y compris en remplaçant des installations autonomes en fin de vie.
- Elle peut même utiliser du froid récupérable issu de systèmes de regazéification de gaz naturel.



## ANNEXE 2

## COMPTE DE RESULTAT PREVISIONNEL

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
<b>Cash flows</b>	330	-5 402	-11 936	1 222	-1 835	-730	2 981	2 419	2 852	2 752	2 692	2 717	2 705	2 681	2 696	2 705	2 726	2 736	2 755	2 769	2 769	2 831	2 786	2 731	6 547	564			
<b>Somme des cash flows</b>	330	-5 073	-17 008	-15 786	-17 621	-18 351	-15 370	-12 952	-10 100	-7 348	-4 656	-1 940	765	3 446	6 142	8 847	11 573	14 309	17 064	19 833	22 603	25 433	28 219	30 950	37 497	38 061			
Total CA	0	18	798	1 640	2 511	5 599	5 681	6 294	6 656	6 755	6 856	6 960	7 060	7 156	7 253	7 349	7 446	7 542	7 639	7 737	7 837	7 938	8 041	8 145	8 251	8 251	8 251	8 251	
Total coûts d'exploitation	-20	-208	-672	-672	-998	-1 990	-2 089	-2 306	-2 436	-2 477	-2 518	-2 561	-2 604	-2 647	-2 691	-2 736	-2 781	-2 827	-2 864	-2 922	-2 970	-3 019	-3 068	-3 120	-3 171	-3 171	-3 171	-3 171	
Frais généraux	0	-91	-104	-130	-158	-308	-312	-346	-366	-372	-377	-383	-388	-394	-399	-404	-410	-415	-420	-426	-431	-437	-442	-448	-454	-454	-454	-454	
amortissements et provisions	0	-13	-438	-741	-849	-978	-1 197	-1 271	-1 307	-1 335	-1 334	-1 332	-1 330	-1 328	-1 327	-1 325	-1 321	-1 302	-1 271	-1 236	-1 153	-1 242	-1 023	-772	-764	-764	-764	-764	
intérêts financiers	0	-42	-544	-559	-633	-702	-762	-717	-714	-680	-648	-615	-581	-547	-512	-475	-437	-397	-356	-315	-273	-234	-185	-157	-137	-137	-137	-137	
IS	0	0	0	0	0	-558	-454	-569	-631	-651	-681	-712	-742	-771	-800	-829	-860	-896	-939	-978	-1 037	-1 035	-1 144	-1 256	-1 283	-1 283	-1 283	-1 283	
<b>Résultat net</b>	-20	-336	-961	-462	-128	1 063	865	1 084	1 202	1 240	1 297	1 356	1 414	1 468	1 523	1 579	1 638	1 706	1 788	1 862	1 974	1 972	2 179	2 392	2 442	2 442	2 442	2 442	
<b>Remboursement annuel</b>																								41	45	46	46	46	27
<b>Cumul Remboursement</b>																								41	86	132	177	223	250



# ANNEXE 3 CALENDRIER PREVISIONNEL DU PROJET

	2014				2015				2016				2017				2018				2019				2020				2021				2022			
	1T	2T	3T	4T																																
ETUDES																																				
CENTRALE PROVISOIRE																																				
TRAVAUX CENTRALE DEFINITIVE																																				
DEBUT DE LIVRAISON D'ENERGIE																																				
RESEAUX CHAUD ET FROID																																				
Place Henri Verneuil Docks																																				
GPMM - rue des Docks																																				
GPMM - AVENUE SALENGRO																																				
Antennes Zone Parc Habité																																				
Place de la Joliette vers Est																																				
RACCORDEMENT CLIENTS - SOUS STATIONS																																				

## ANNEXE 4 – DESCRIPTIF DES COUTS ADMISSIBLES

L'investissement initial de la solution THASSALIA est décomposé comme suit :

METIER	Froid	Chaud
<b>CENTRALE</b>		
TERRASSEMENT VRD	98 182 €	81 818 €
FONDATION	84 545 €	70 455 €
GROS OEUVRE	518 182 €	431 818 €
ETANCHEITE	68 182 €	56 818 €
Travaux préparatoires	109 091 €	90 909 €
Démolition/reconstruction bâtiment des douanes	163 636 €	136 364 €
LOT SECONDAIRE	280 909 €	234 091 €
MONTE CHARGE	- €	- €
OUVRAGE MER PHASE 1	634 909 €	529 091 €
OUVRAGE MER PHASE 2	218 182 €	181 818 €
TUYAUTERIE	552 481 €	460 401 €
ROBINETTERIE y compris motorisation	- €	- €
FILTRATION (POMPE)	560 245 €	466 871 €
FILTRATION (FILTRE)	68 182 €	56 818 €
PROCESS (EQUIPEMENT)	2 362 576 €	1 596 335 €
PRODUCTION CHAUD GAZ	- €	87 000 €
TRAITEMENT EAU	175 490 €	146 242 €
VENTILATION	- €	- €
Raccordement ERDF de la centrale	314 182 €	261 818 €
CFO	557 772 €	464 810 €
Cfa	486 298 €	405 248 €
<b>Total travaux</b>	<b>7 253 045 €</b>	<b>5 758 726 €</b>
Aléas (en % des travaux)	483 201 €	402 668 €
MOe (en % des travaux)	638 760 €	532 300 €
MOa (en % de MOe)	354 866 €	295 722 €
Bureaux de contrôles (en % des travaux)	35 487 €	29 572 €
Assurance TRC	28 858 €	24 048 €
<b>Total Investissement à financer</b>	<b>8 794 216 €</b>	<b>7 043 035 €</b>
Frais intercalaires	86 385 €	71 988 €
Frais de mise en service	272 727 €	227 273 €
<b>Total HT</b>	<b>9 153 329 €</b>	<b>7 342 296 €</b>
<b>Réseaux</b>		
INSTALLATIONS ET AMENAGEMENTS CHANTIER	678 957 €	290 982 €
FOURNITURES EAU GLACEE et EAU CHAUDE	2 295 833 €	983 929 €
POSE DU RESEAU EAU GLACEE et EAU CHAUDE	1 946 064 €	834 027 €
DIVERS	239 505 €	102 645 €
TRAVAUX EN TRANCHE	1 568 602 €	672 258 €
FIN DE CHANTIER	471 724 €	202 168 €
<b>Total HT</b>	<b>7 200 685 €</b>	<b>3 086 008 €</b>
<b>Sous-stations</b>		
<b>Total HT</b>	<b>1 359 857 €</b>	<b>906 571 €</b>
<b>TOTAL Central+Réseaux+Sous-stations</b>	<b>17 713 871 €</b>	<b>11 334 875 €</b>

**Nota :** Les coûts présentés ci-dessus n'intègrent pas le renouvellement en fin de durée de vie des équipements (25 ans pour les équipements de production et 15 ans pour les postes de livraison).