

L'EAU

UNE RICHESSE

**UNE RESSOURCE
RARE**

**UN ENJEU POUR
L'AVENIR**

Quelle quantité d'eau sur terre?

- ✓ Approximativement 1385 millions de kilomètres cubes d'eau sont disponibles sur Terre.
- ✓ **97,5% de l'eau est de l'eau salée et se trouve dans les océans.**
- ✓ Seul 2.5% est de l'eau douce qui peut être utilisée par les plantes, les animaux, les êtres humains.

Cependant, presque 90% de cette eau douce n'est pas directement disponible car elle se trouve dans les calottes glacières de l'antarctique.

✓ Seul 0.26% de l'eau sur terre est disponible pour l'homme et les autres organismes vivants, ce qui représente à peu près 93000 kilomètres cube.

Seul 0.014% de cette eau peut être utilisé pour la production d'eau potable, car elle est principalement stockée sous forme de nuage ou dans le sol.

et ... pour les hommes?

L'augmentation de la population mondiale implique une augmentation de l'utilisation de l'eau et donc moins d'eau disponible par personne. En 1989 il y avait environ 9000 mètres cube d'eau douce disponibles par personne. En 2000 ce chiffre était descendu à 7800 mètres cube et il est prévu qu'il tombe à 5100 mètres cube par personne en 2025, quand la population mondiale devrait atteindre 8 milliards d'habitants.

On utilise déjà plus de la moitié de l'eau douce accessible, et on devrait en utiliser presque les 3/4 d'ici 2025. Au cours du 20ème siècle, l'utilisation d'eau annuelle mondiale est passée de 300 km³ à à peu près 2100 km³

LA RARÉFACTION DE LA RESSOURCE IMPOSE LA RECHERCHE DE NOUVEAUX GISEMENTS

Nécessité de trouver des approvisionnements



Des approvisionnements raisonnés

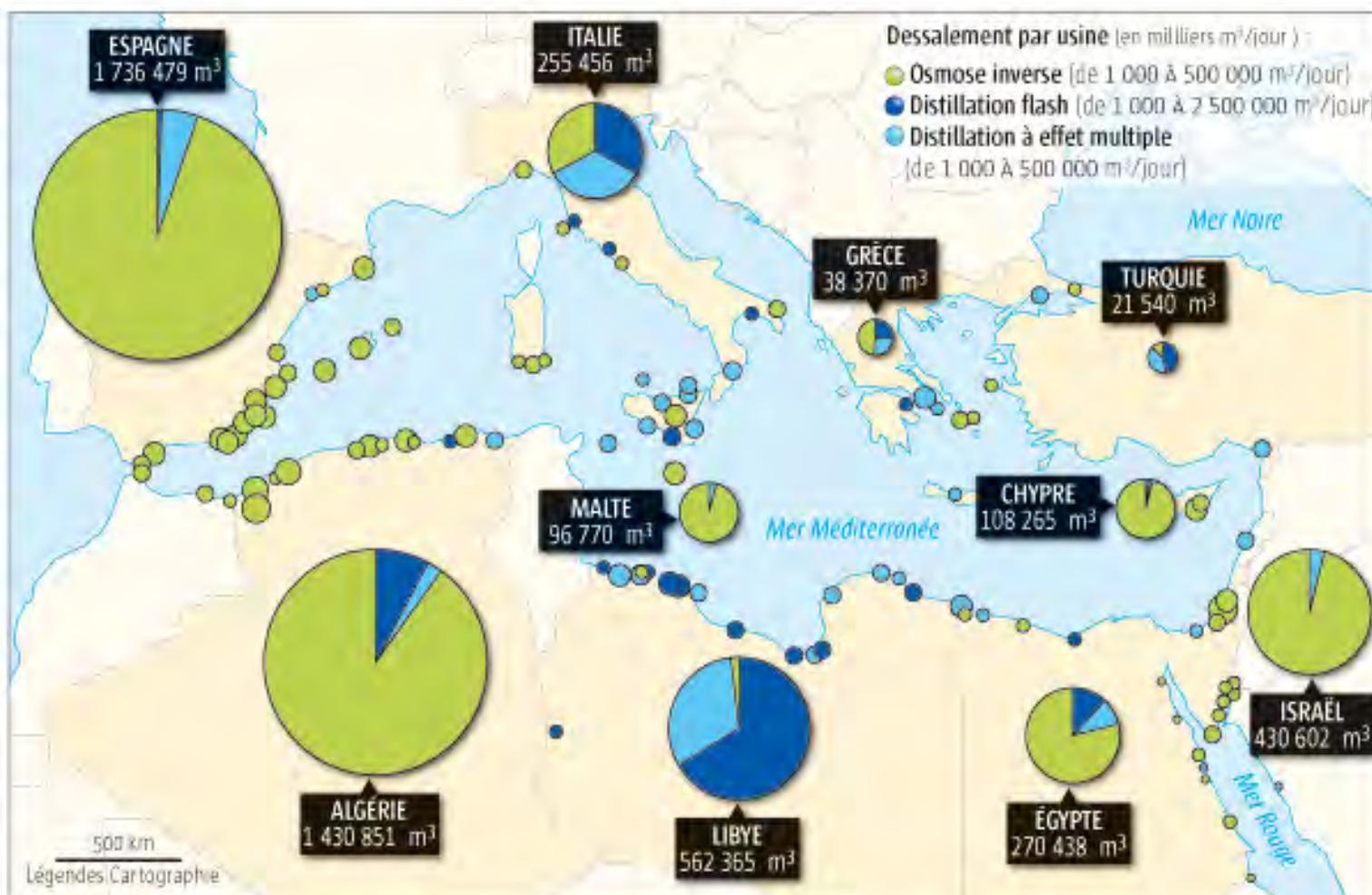


En termes financiers autant qu'écologiques

QUELLES SOLUTIONS EN MILIEU LITTORAL ?

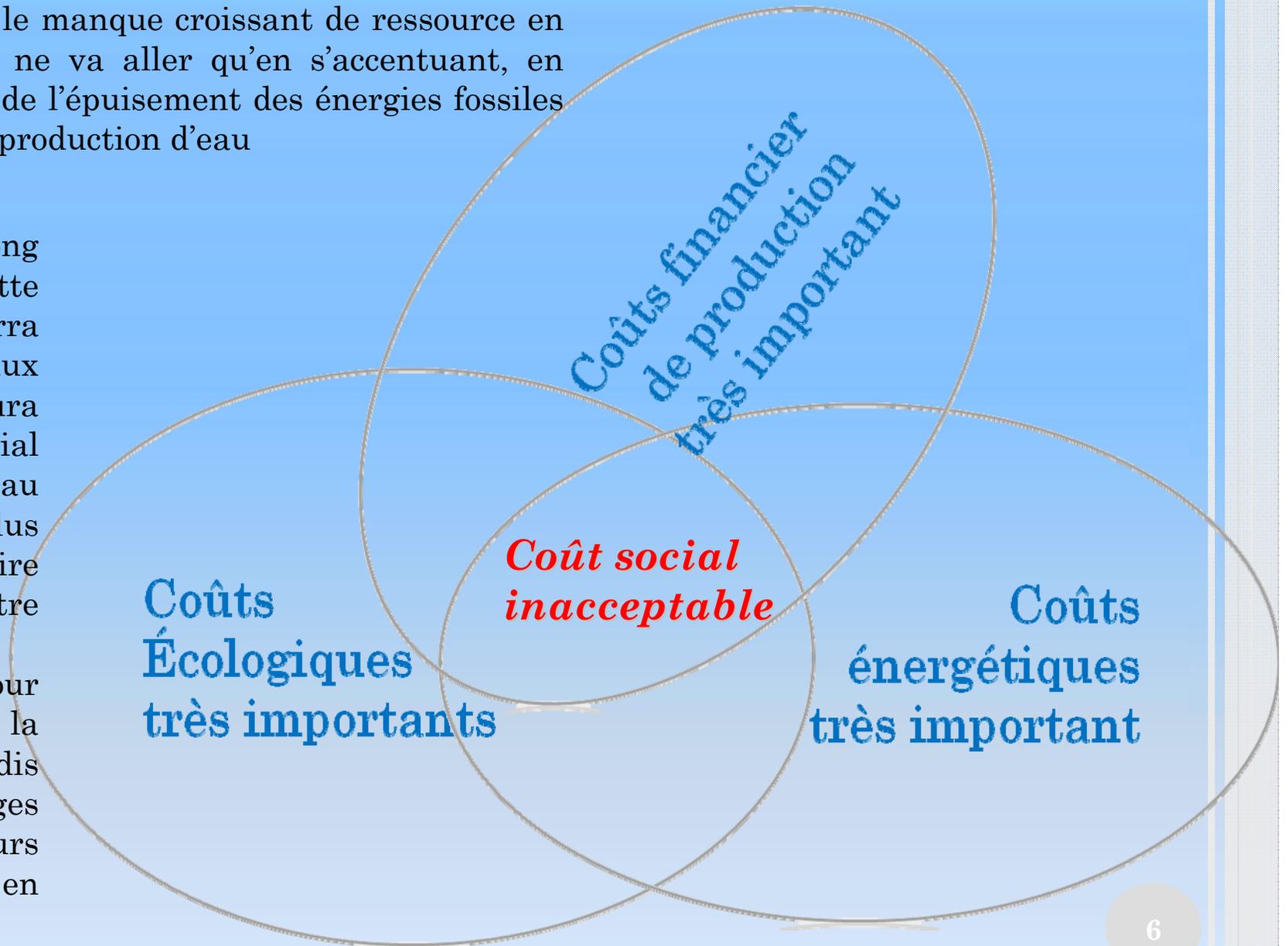
LE DESSALEMENT, UNE SOLUTION ?

SUR LE POURTOUR DE LA MÉDITERRANÉE, 76 % de la production d'eau douce est assurée par des installations d'osmose inverse. Les plus grosses usines sont situées en Espagne, en Israël et en Algérie, ainsi que dans certaines grandes îles, comme les Canaries. La carte indique toutes les installations produisant plus de 1 000 mètres cubes par jour. La salinité moyenne de la mer Méditerranée est de 36 à 39 grammes par litre mais elle s'élève à 40 grammes par litre dans la mer Rouge et atteint 270 grammes par litre dans la mer Morte (en Israël).



Le dessalement de l'eau de mer est une technique destinée à palier le manque croissant de ressource en eau. Ce manque ne va aller qu'en s'accroissant, en parallèle inverse de l'épuisement des énergies fossiles permettant cette production d'eau

A moyen et long terme cette technique ne pourra répondre aux besoins car elle aura un coût social inacceptable : l'eau de plus en plus chère à produire devra être largement subventionnée pour rester accessible à la population, tandis que des dommages écologiques toujours plus grands en résulteront.



Tous les problèmes écologiques du dessalement ne seront pas solutionnés par la mise au point de techniques de production moins gourmandes en énergie ou utilisant des énergies renouvelables puisque les rejets en mers des produits d'exploitation persisteront.

La production mondiale d'eau dessalée s'élève actuellement à 47 millions de mètres cubes par jour, soit 0,45 % de la consommation d'eau douce journalière sur notre planète. Elle est en pleine croissance, de l'ordre de 10 % par an.

- ❑ Cette technique en plein essor n'est pas adaptable à toutes les situations.
- ❑ Le dessalement n'est pas la seule alternative pour produire de l'eau douce a usage domestique.
- ❑ D'autres possibilités existent, avec des impacts moindres sur l'environnement



**IL FAUT TROUVER DES RESSOURCES
DISPONIBLES ET LES EXPLOITER DE MANIÈRE
RAISONNÉE**

LES RÉSURGENCES MARINES

LE CAPTAGE D'EAU DOUCE EN MER : UNE ALTERNATIVE DURABLE

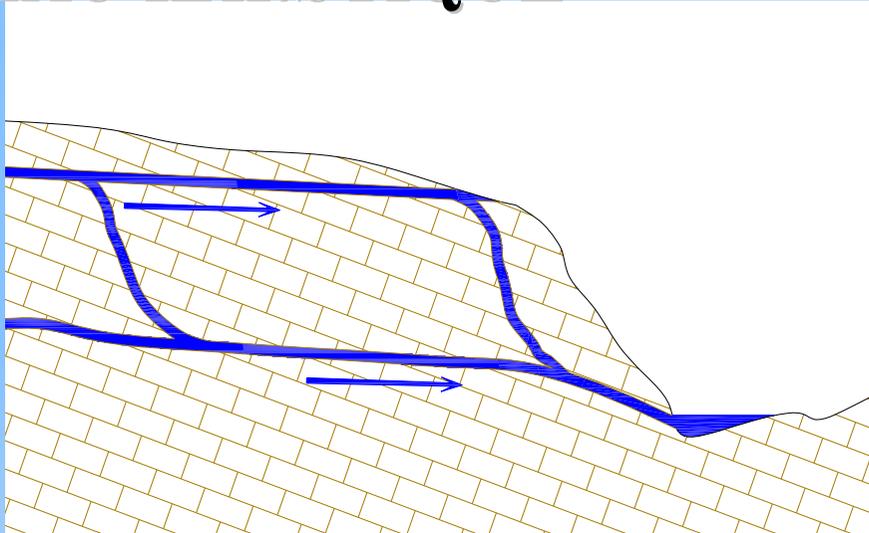
Les sources sous-marines sont pour la plupart connues depuis longtemps des pêcheurs et marins. La mer change d'aspect dans leur voisinage, à cause des différences de densité entre eau douce et eau de mer, et des variations de leur débit.

Les ressources en eau douce souterraine représentent d'importantes réserves potentielles mais technologiquement limitées dans leur exploitation par forages.

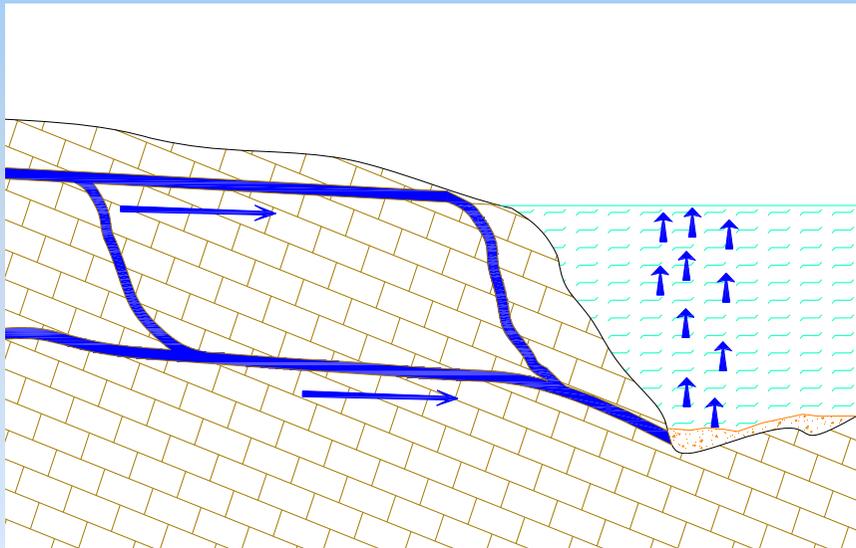
**Si les forages sont inefficaces,
comment récupérer cette eau ?**

- Les systèmes karstiques sont composés de gigantesques cavités, dont le creusement résulte de l'action des eaux de pluies qui dissolvent le calcaire, sur des périodes de plusieurs millions d'années, et forment ainsi des cavités liées les une aux autres pour former un réseau réparti de manière aléatoire, non modélisable.
- Dans un système karstique donné, dès lors que le niveau de la cavité submergée d'eau douce se situe suffisamment au-dessus du niveau de la mer, les conduits du réseau sont remplis d'eau douce et, c'est la pression même de cette eau qui permet de repousser l'eau de mer et de faire jaillir l'eau douce sous le niveau marin, sous forme de résurgences.
- Il existe toutefois des configurations favorisant l'intrusion saline dans le réseau, qu'il convient de qualifier et maîtriser.
- Une étude de la FAO datant de 1962 estime que de l'eau d'origine karstique se déverse selon un débit de 1 000 m³/s dans la Méditerranée, soit une quantité journalière d'eau douce se perdant en mer de plus de **90 millions de m³**.

D'OÙ VIENT CETTE EAU ? : LA FORMATION D'UN RÉSEAU KARSTIQUE



Ruissellement des eaux de pluie à une époque où le niveau de la mer était beaucoup plus bas qu'aujourd'hui



Remontée du niveau d'eau
Apparition de résurgences d'eau douce

QUEL EST LE PRINCIPE DU CAPTAGE ?

Les résurgences naturelles d'eau douce au fond de la mer se comportent physiquement de façon similaire aux rejets d'eaux usées en sortie d'émissaire de station d'épuration.

Dans les deux cas, il s'agit d'un rejet d'eau de densité sensiblement plus faible que celle de l'eau de mer qui pénètre le milieu marin. L'interaction entre les deux liquides,

qui a fait l'objet de nombreuses études de dispersion de panaches de rejet en mer, est aujourd'hui un phénomène bien maîtrisé.

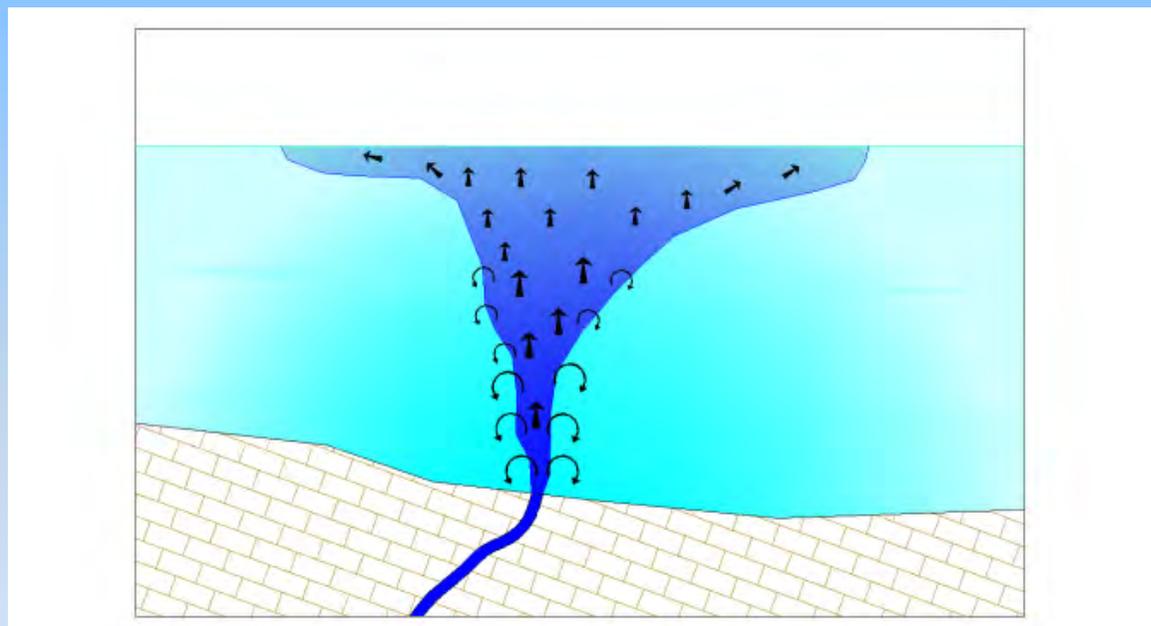


Schéma de principe d'une remontée de panache d'eau douce 1

QUEL EST LE PRINCIPE DU CAPTAGE ?

A quelques dizaines de mètres de profondeur un rejet d'eau douce, comme ceux classiquement contrôlés en sortie d'émissaire marin en Méditerranée, sera dilué environ 1000 fois lorsqu'il atteint la surface.

Dans certaines configurations particulières de résurgence naturelle, il est possible de rencontrer de l'eau pratiquement douce en surface. Pour cela, plusieurs conditions doivent être réunies :

1. un débit d'eau douce conséquent (plusieurs m³/s),
2. une faible profondeur d'eau limitant le mélange avec le milieu alentour à la remontée,
3. de faibles courants, c'est-à-dire un emplacement naturellement abrité ,
4. un faible mélange turbulent en sortie au fond (sortie massive sur une large section avec une vitesse modérée).

Même dans ces conditions, une bonne partie de l'eau douce en bordure du panache se charge en sel.

Pour éviter ce mélange qui s'opère naturellement, il est nécessaire de séparer physiquement les deux liquides. Pour séparer l'eau douce pénétrant dans l'eau de mer, il suffit d'effectuer les opérations suivantes :

1. Monter une enceinte étanche autour de la sortie du rejet d'eau douce.
2. Récupérer via une sortie contrôlée tout ce qui pénètre dans l'enceinte.

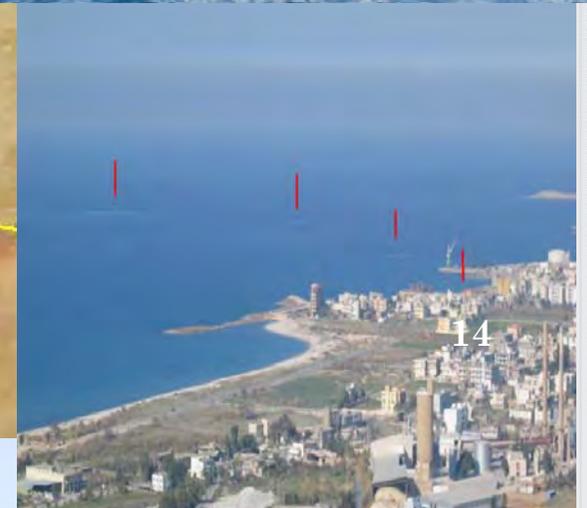
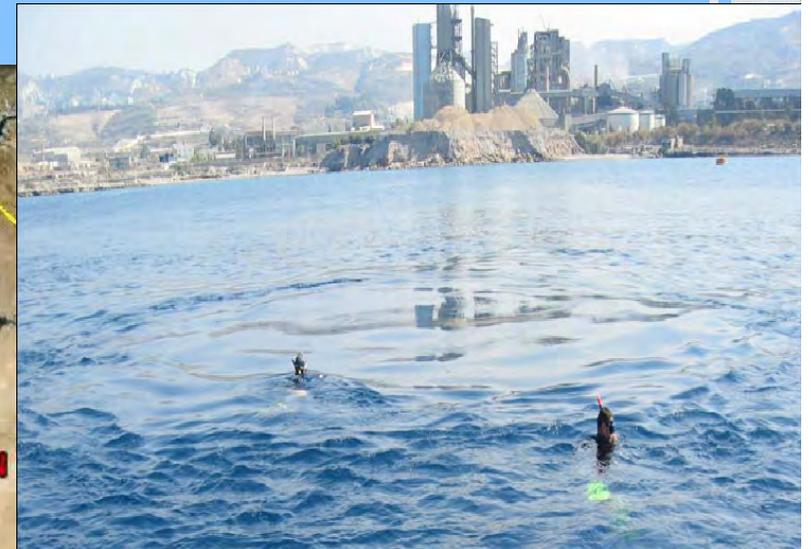
Au début, on puiserait de l'eau saumâtre issue du mélange avec l'eau de mer initialement confinée dans l'enceinte, puis l'eau douce finirait par envahir entièrement l'enceinte étanche pour s'évacuer vers la sortie contrôlée.

La ressource est disponible, mais peut-elle être exploitable ?



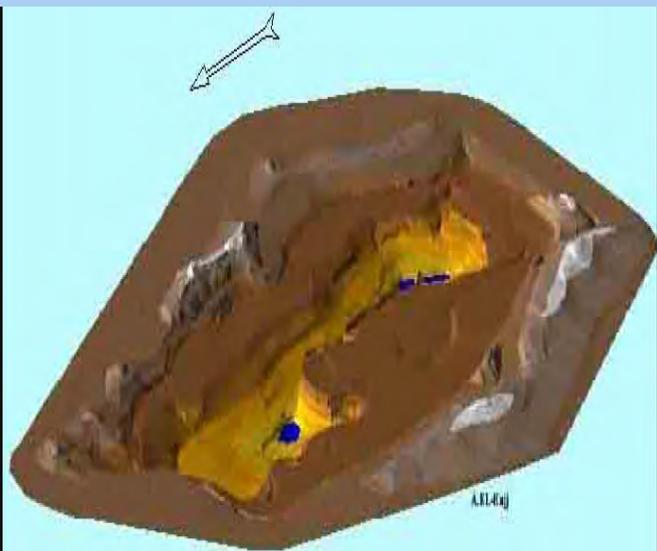
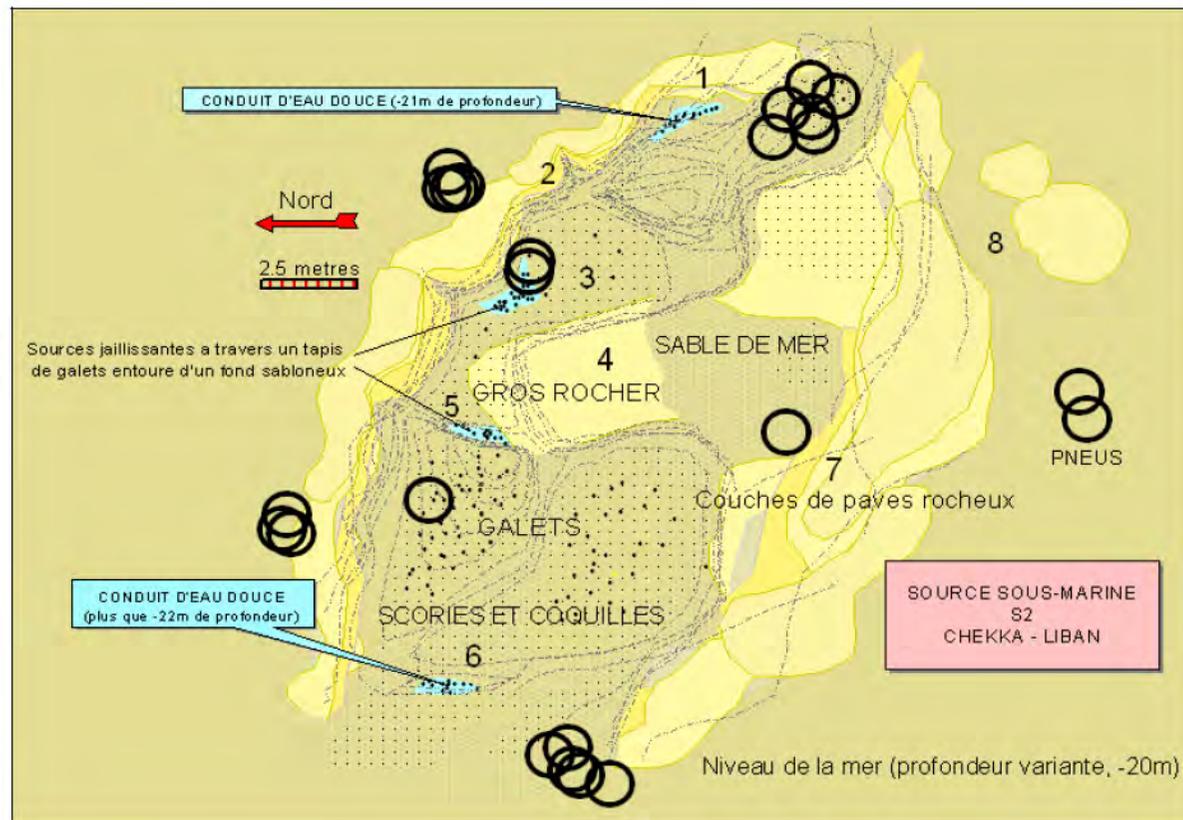
L'exploitation des résurgences marines est possible, l'exemple le plus emblématique se situe en Grèce, sur le site d'ANAVALOS, où la production s'élève à 900 000 m³ par jour , soit 10 m³/s

Mais un autre site, CHEKKA, situé au Liban, peut s'avérer stratégique dans l'avenir, tant par son potentiel de production que par la pénurie chronique de ressource dans cette région



S12

Localisation des résurgences de Chekka



Environnement de la résurgence S2

Nous l'avons vu, la simple identification d'une résurgence ne suffit pas à déterminer son exploitabilité.

Pour **caractériser** la fiabilité d'une résurgence, il faut, de manière préliminaire, poser 4 questions

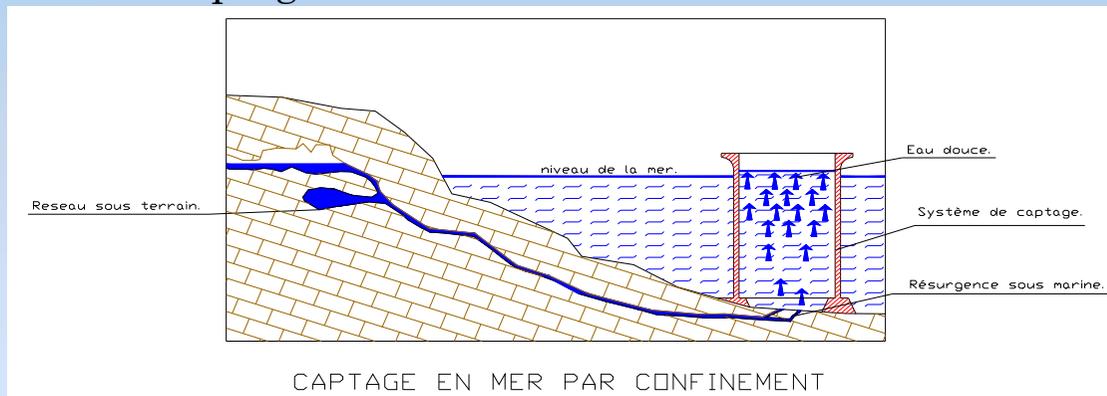
1. **La résurgence observée est-elle une résurgence d'eau douce,**
2. **ou un mélange eau douce / eau salée inexploitable ?**
La ressource a-t-elle un débit stable ou soumis à des variations saisonnières?
3. **Quel est le débit annuel de la résurgence ?**
4. **L'installation d'un captage est-il susceptible de perturber le réseau karstique ?**

Pourquoi la question de la perturbation du réseau karstique est-elle si importante ?

Au-delà de la simple volonté de trouver une technique de production d'eau douce alternative, n'ayant pas les effets écologiques préjudiciables du dessalement, l'exploitation d'une résurgence marine ne peut s'entendre que comme une **collaboration** avec le milieu.

IL EST IMPÉRATIF DE NE PAS ROMPRE L'ÉQUILIBRE HYDRAULIQUE NATUREL DU RÉSEAU KARSTIQUE

En effet les phénomènes hydrauliques régulant les résurgences ne permettent pas d'interaction extérieure, au risque de perturber le schéma hydraulique du système (intrusion saline, fuite de l'eau douce vers d'autres sorties, etc.). La conception des solutions de captage doit donc être neutre en terme de fonctionnement hydraulique.



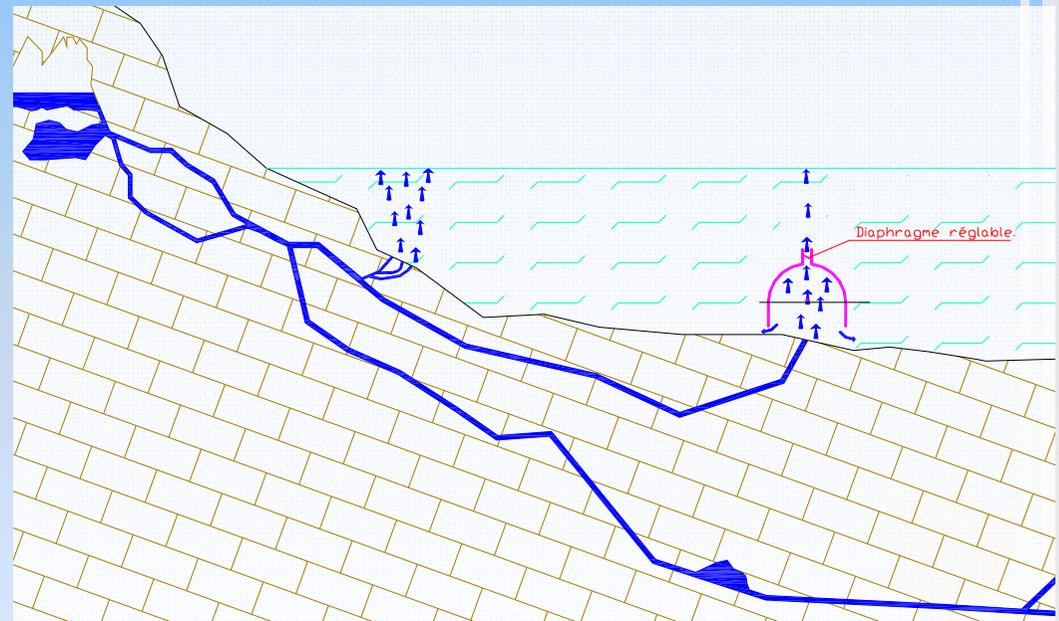
Principe du système de confinement sans perturbation de l'équilibre hydraulique naturel

Chekka, un investissement pour le futur

La 1^{ère} étape pour s'assurer de la fiabilité de la résurgence de Chekka et de son potentiel réel en termes de production d'eau douce est de mener des études préliminaires de caractérisation. Ce site a déjà fait l'objet d'études, notamment du BRGM, ce qui permet d'avoir déjà certaines données comme le **débit annuel moyen : 2 m³ / s soit plus de 63 millions de m³/an**).

En quoi consistent les études préliminaires de caractérisation ?

1. analyse des données environnementales (houles, vents, courants, bathymétrie, nature des fonds, biologie marine), ainsi que l'analyse des caractéristiques géologiques du milieu karstique.
2. Des campagnes ciblées de mesures IN SITU du débit et de la salinité de la résurgence, au moyen d'une enceinte provisoire de confinement instrumentée, grâce à laquelle on peut recueillir des échantillons d'eau non mélangés et mesurer le débit.
3. La mise en place d'instruments de mesures sur plusieurs mois pour vérifier les modifications saisonnières de débit et quantifier le débit annuel.



Chekka, un investissement pour le futur

Une fois assuré de la fiabilité de la ressource et du potentiel de production, il s'agit, dans une **2^{ème} étape**, de concevoir le dispositif de captage en réalisant des études de conception. C'est lors de cette étape décisive que l'infrastructure et les équipements seront dimensionnés en termes de :

- géométrie,
- structure,
- interaction houle- structure,
- génie civil
- Fonctionnement hydraulique

La **3^{ème} étape**, est la construction de l'unité de production et, enfin, la mise en exploitation dans un **4^{ème} temps**.

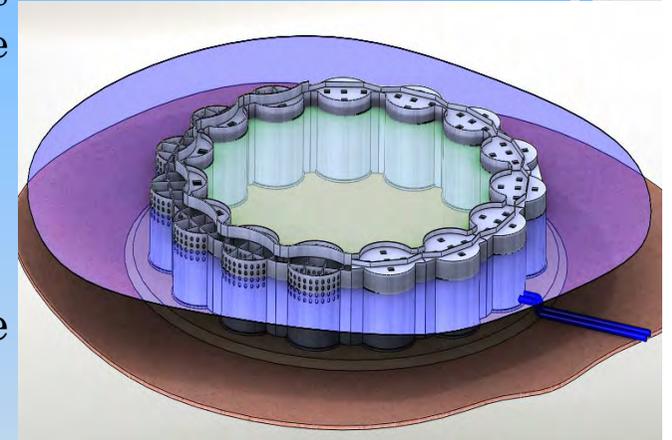
Chekka, un investissement pour le futur

L'avantage de BETERSON WATER est d'avoir déjà développé un concept technique d'unité de captage, issue de la combinaison d'études hydrauliques, hydrodynamiques et de techniques de génie maritime.

L'enceinte est constituée de caissons circulaires modulaires indépendants, autostables dans la houle, juxtaposés et reliés entre eux sur site. Cette installation reprend toutes les fonctions nécessaires à l'exploitation de n'importe quel type de résurgence exploitable tout en s'adaptant aux différentes contraintes.

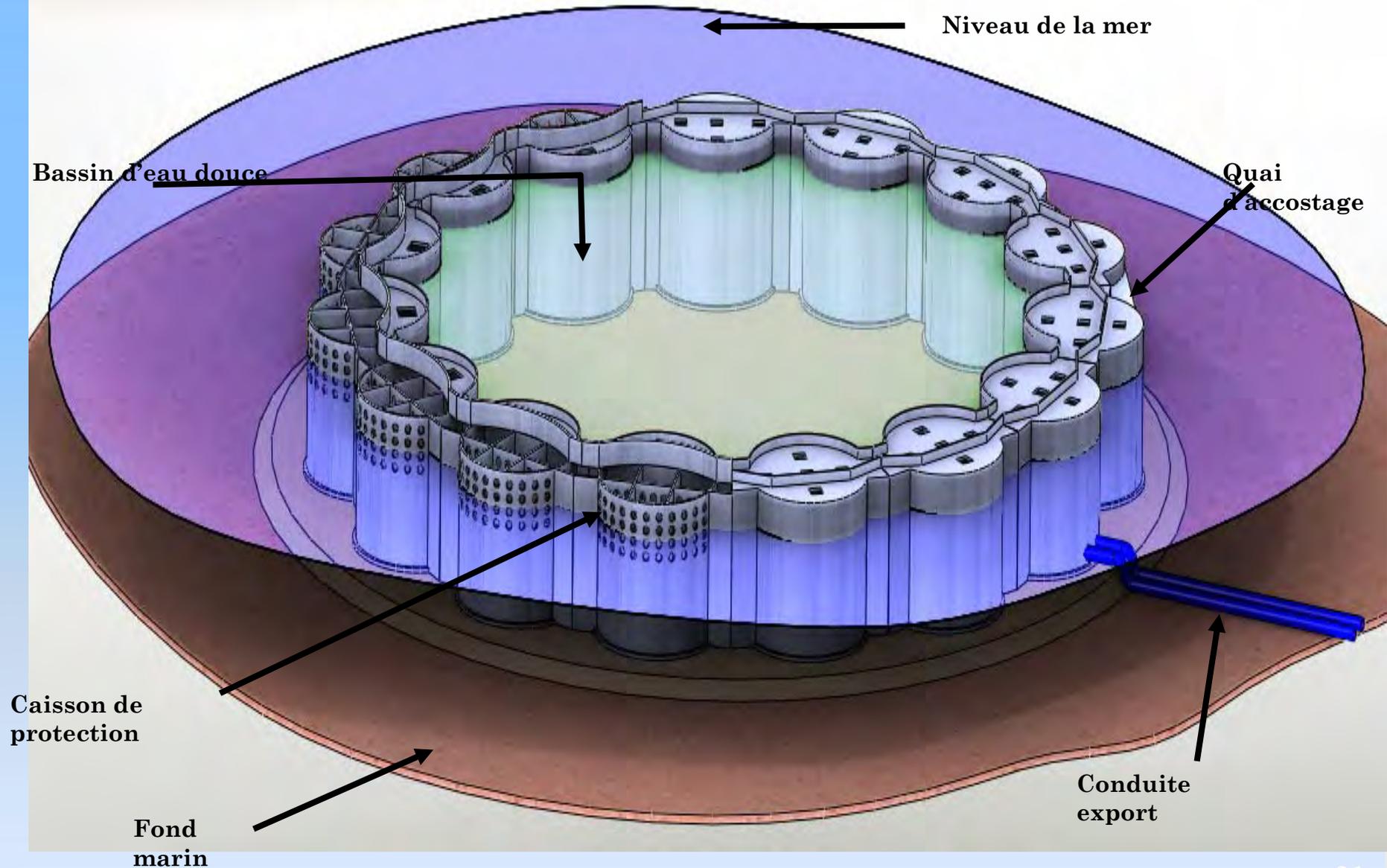
Les fonctions principales de l'ouvrage :

- création d'un bassin tranquillisé dont la forme est adaptée à celle de la résurgence,
- captage de la résurgence,
- accueil des installations techniques, gestion des niveaux d'eau intérieurs, et pompage de l'eau douce,
- protection du bassin contre la houle (stabilité de l'ouvrage et franchissement),
- circulation sur l'ensemble de l'enceinte,
- accueil des bateaux de service.

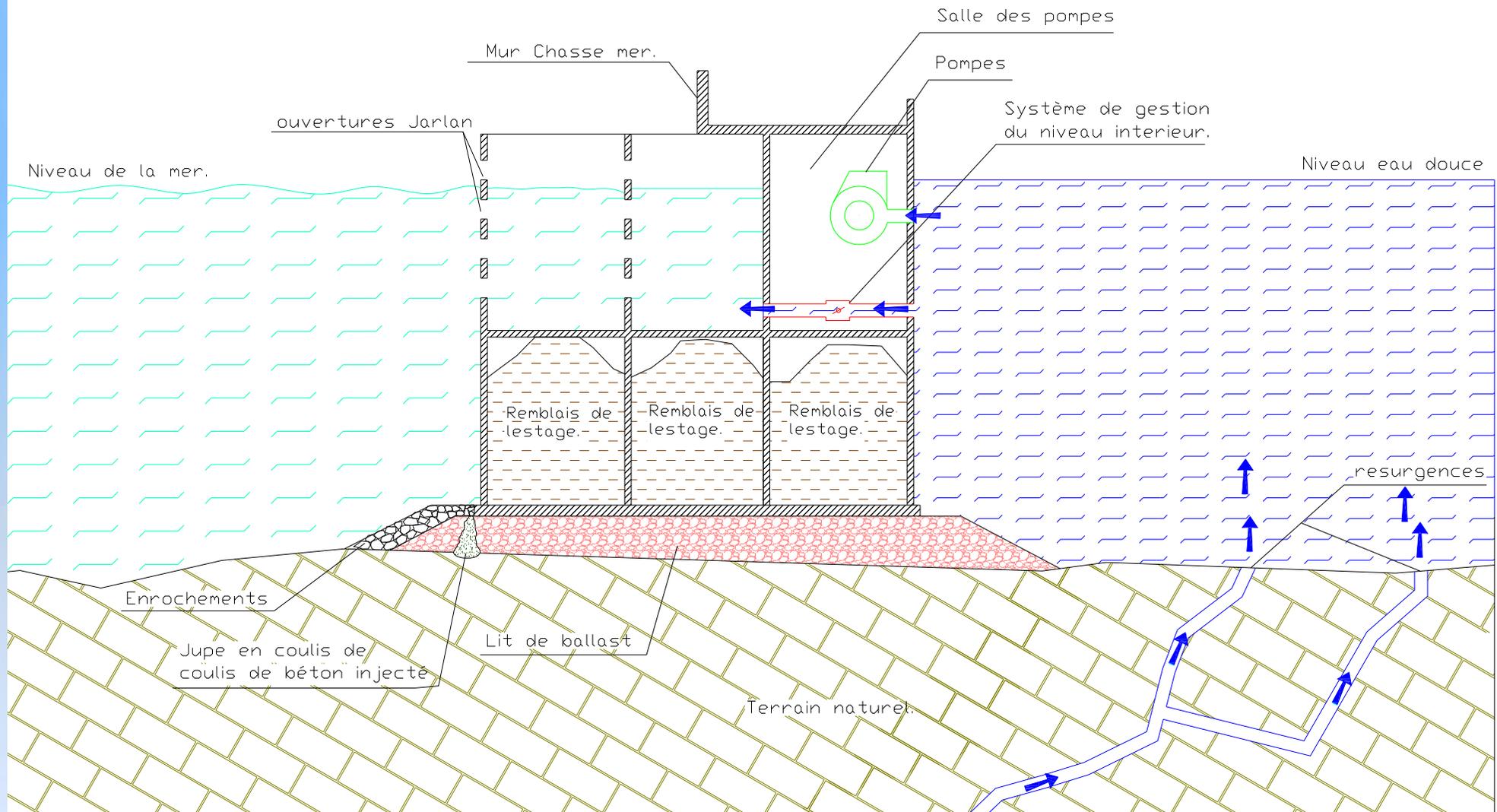


Chekka, un investissement pour le futur

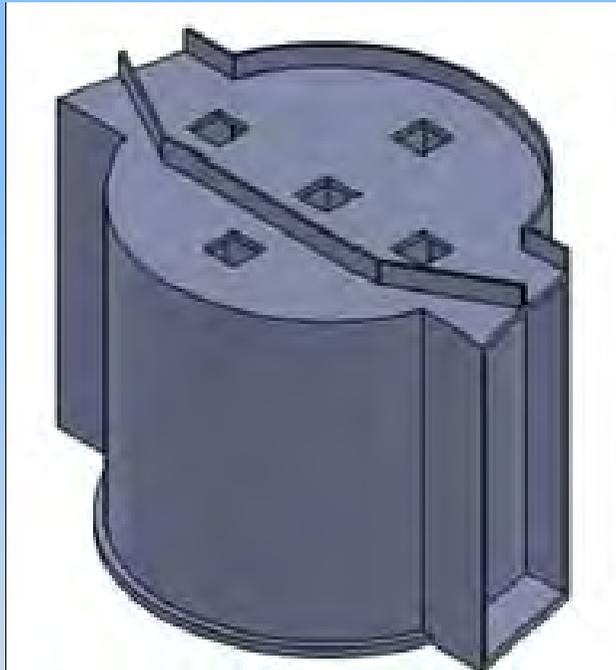
Enceinte modulable de captage - plan d'ensemble



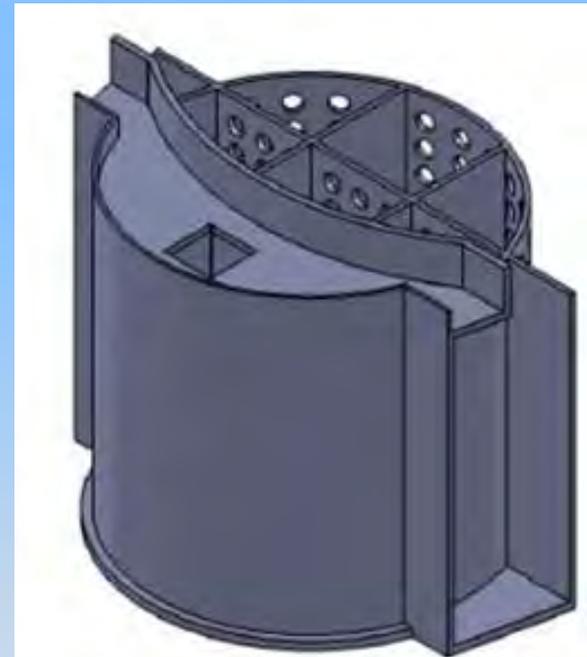
Coupe de principe au niveau d'un caisson



Plan de principe des caissons



Caisson arrière



Caisson jarlan de protection
contre la houle

Pour résumer :

1. Les Enjeux du captage d'eau douce en mer

Stratégique

- Nécessité de trouver de nouveaux approvisionnements

Ecologique

- Approvisionnements raisonnés par le respect du schéma hydraulique du système karstique,
- Faible impact sur le milieu

Economique

- Des consommations d'énergie et un coût de production très inférieurs au dessalement

Industriel

- Mise au point d'une méthodologie de caractérisation et d'exploitation adaptable à chaque site.

2. La méthodologie pour initier l'exploitation d'un résurgence marine

- Identification d'un site,
- Etudes préliminaires de caractérisation,
- Etudes de Maîtrise d'œuvre (conception et suivi des travaux),
- Construction de l'unité d'exploitation,
- Mise en production.

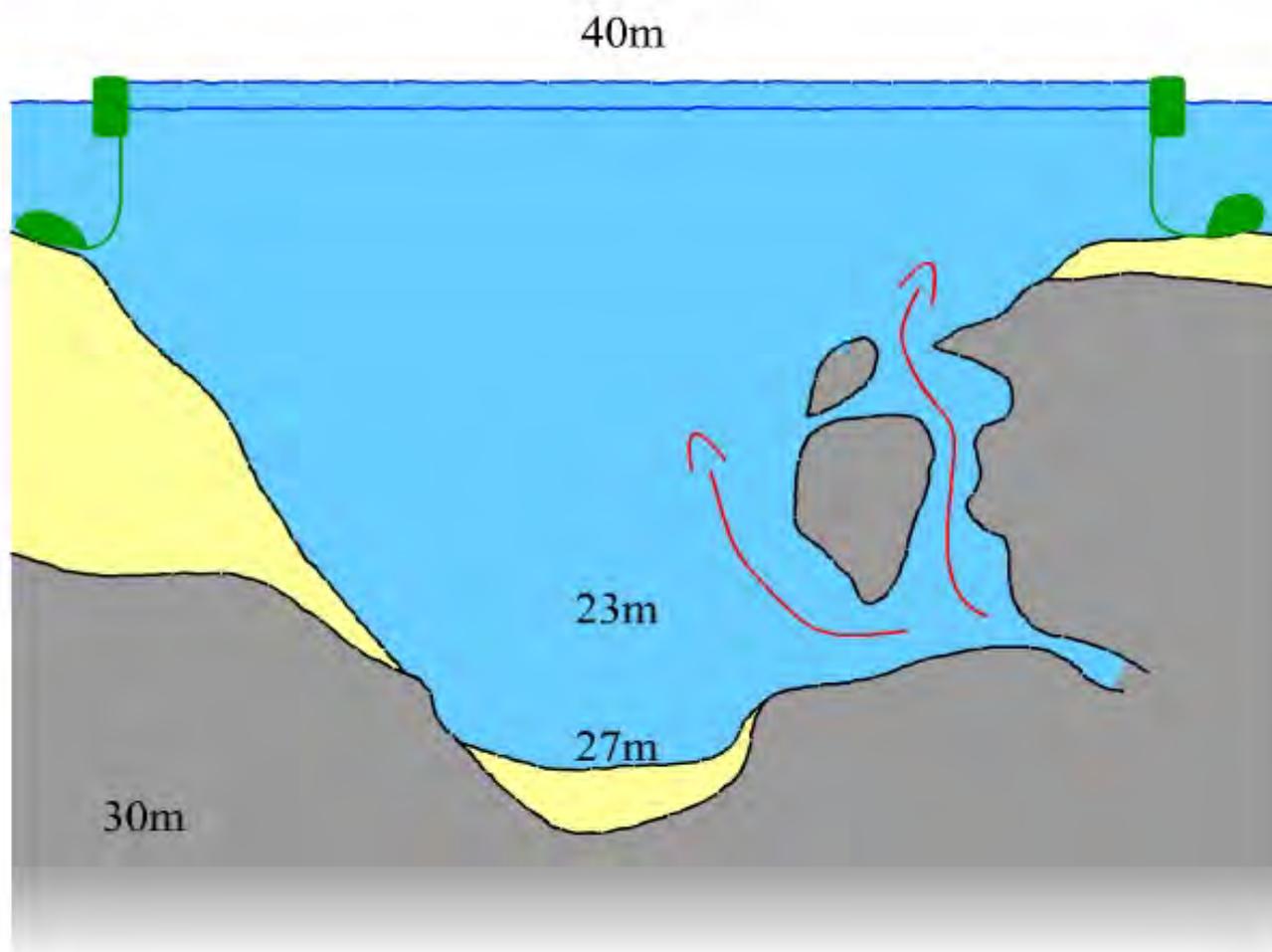




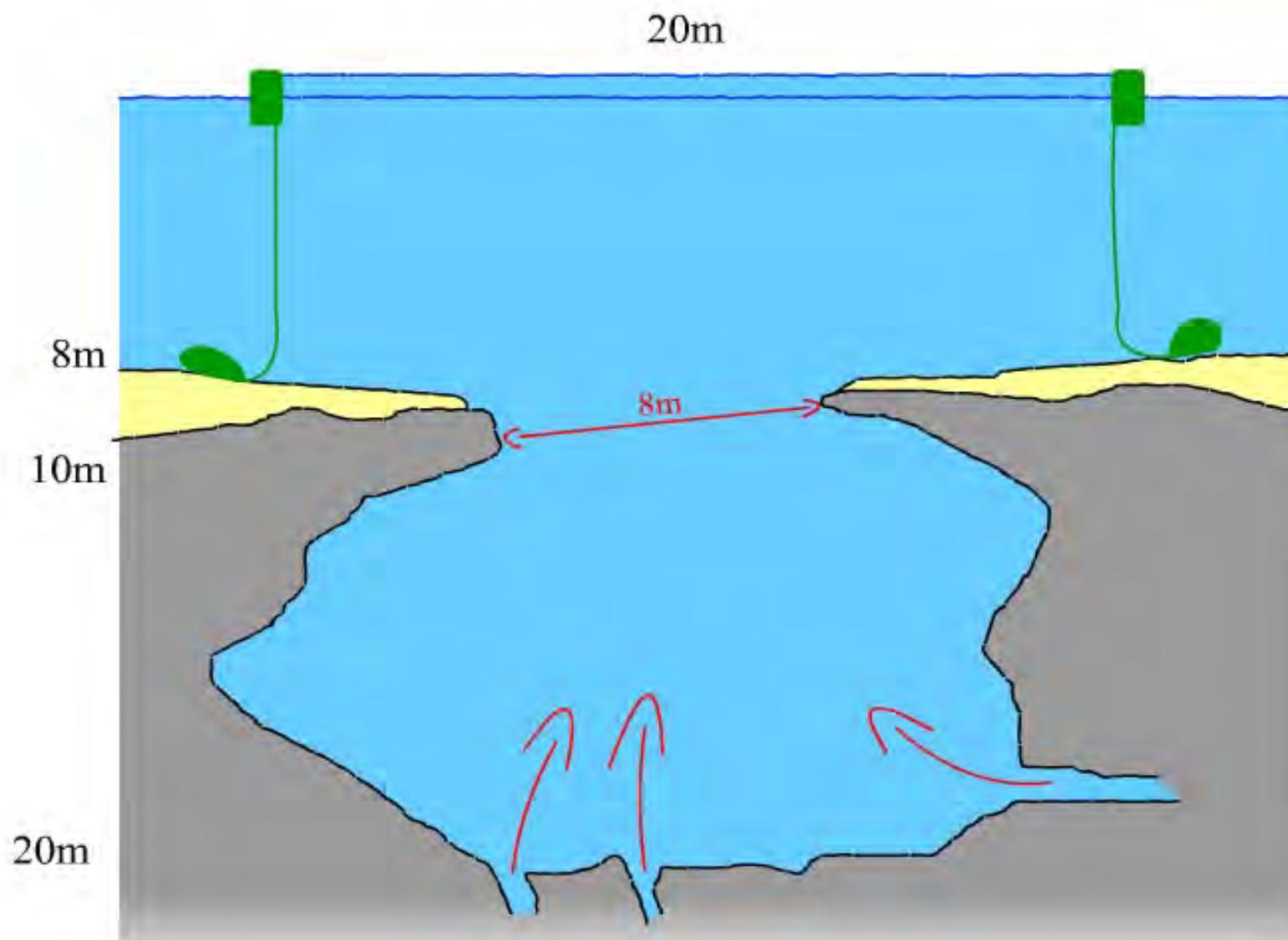




STOUPA Nord



STOUPA Sud



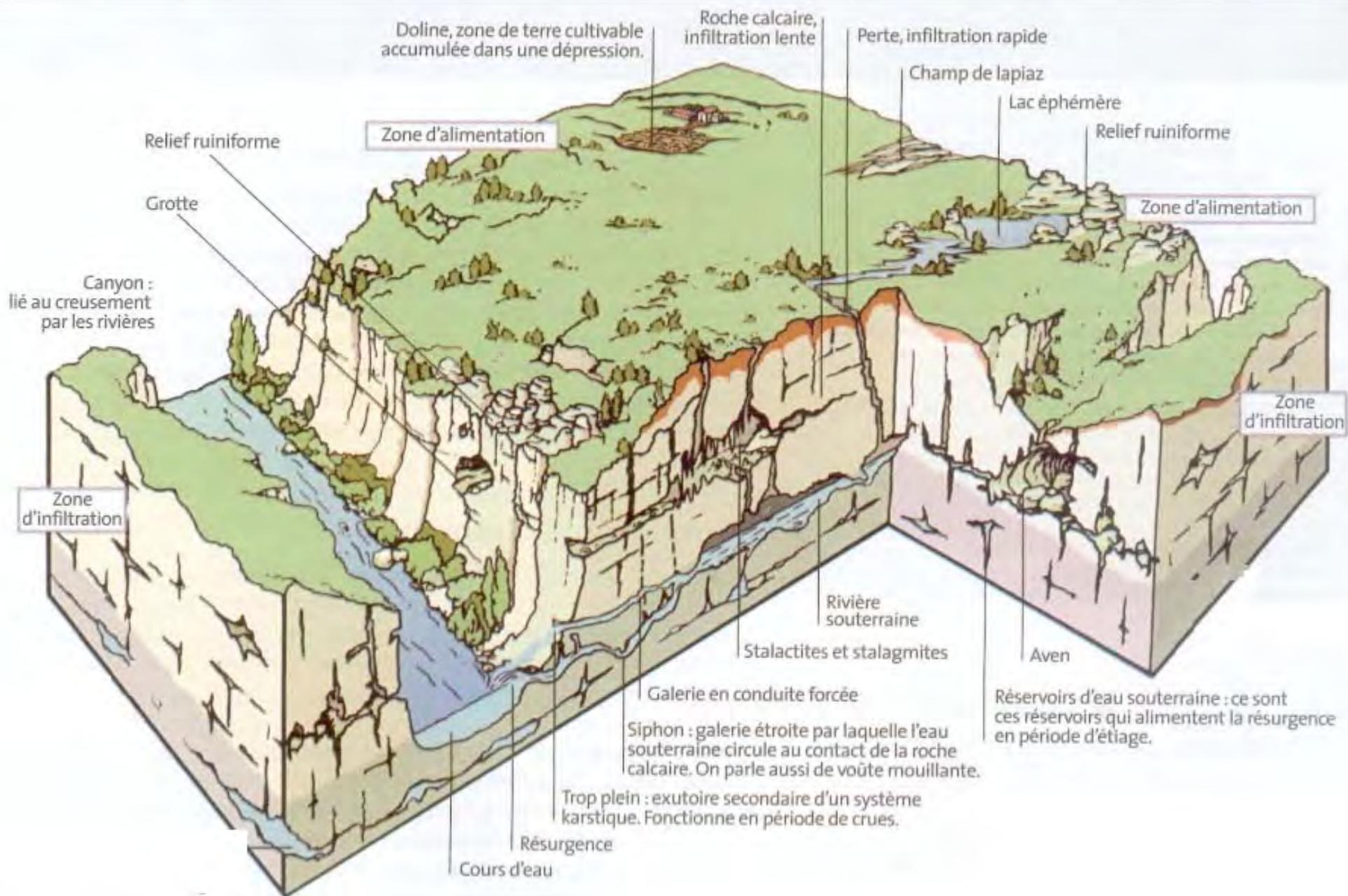


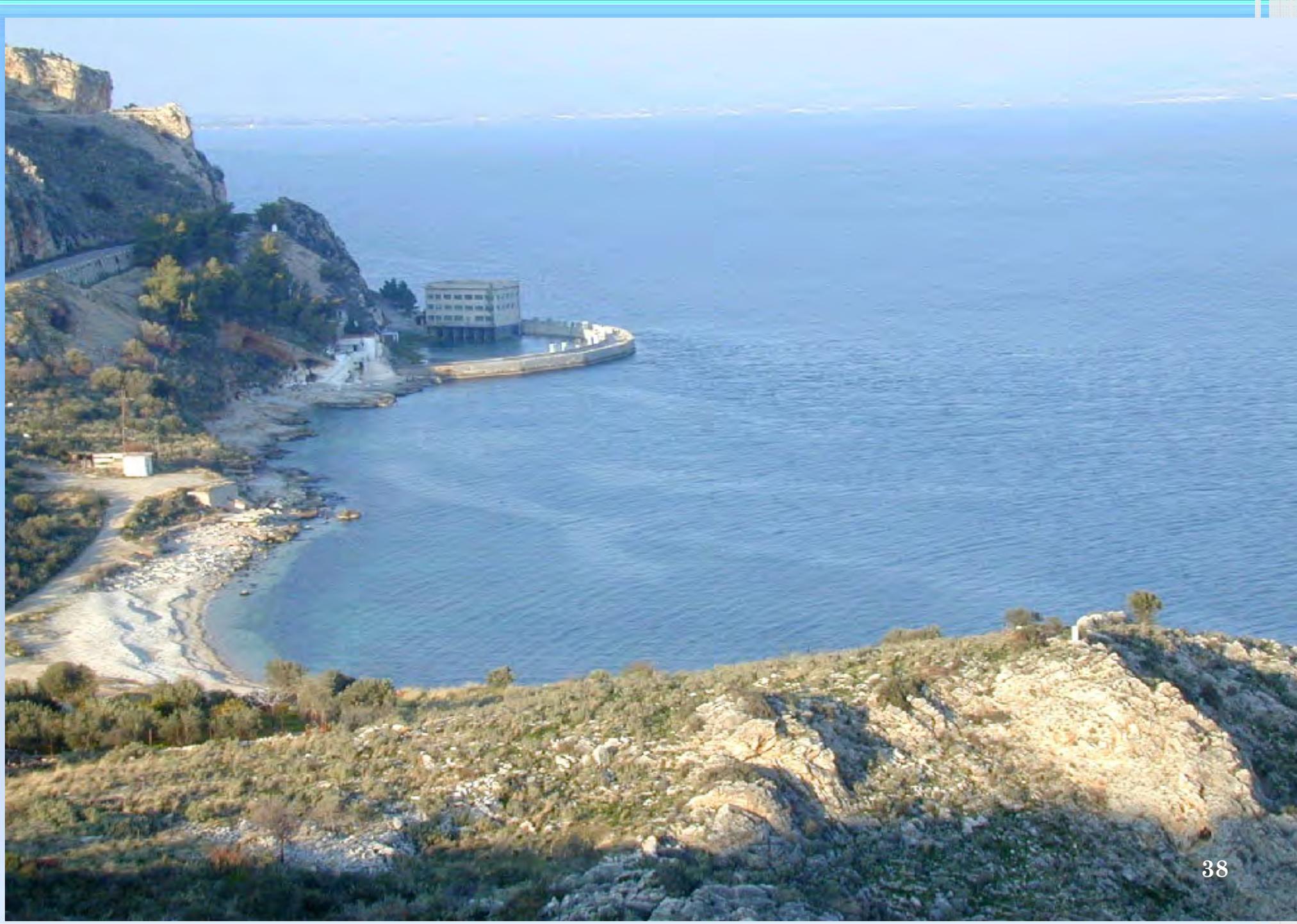


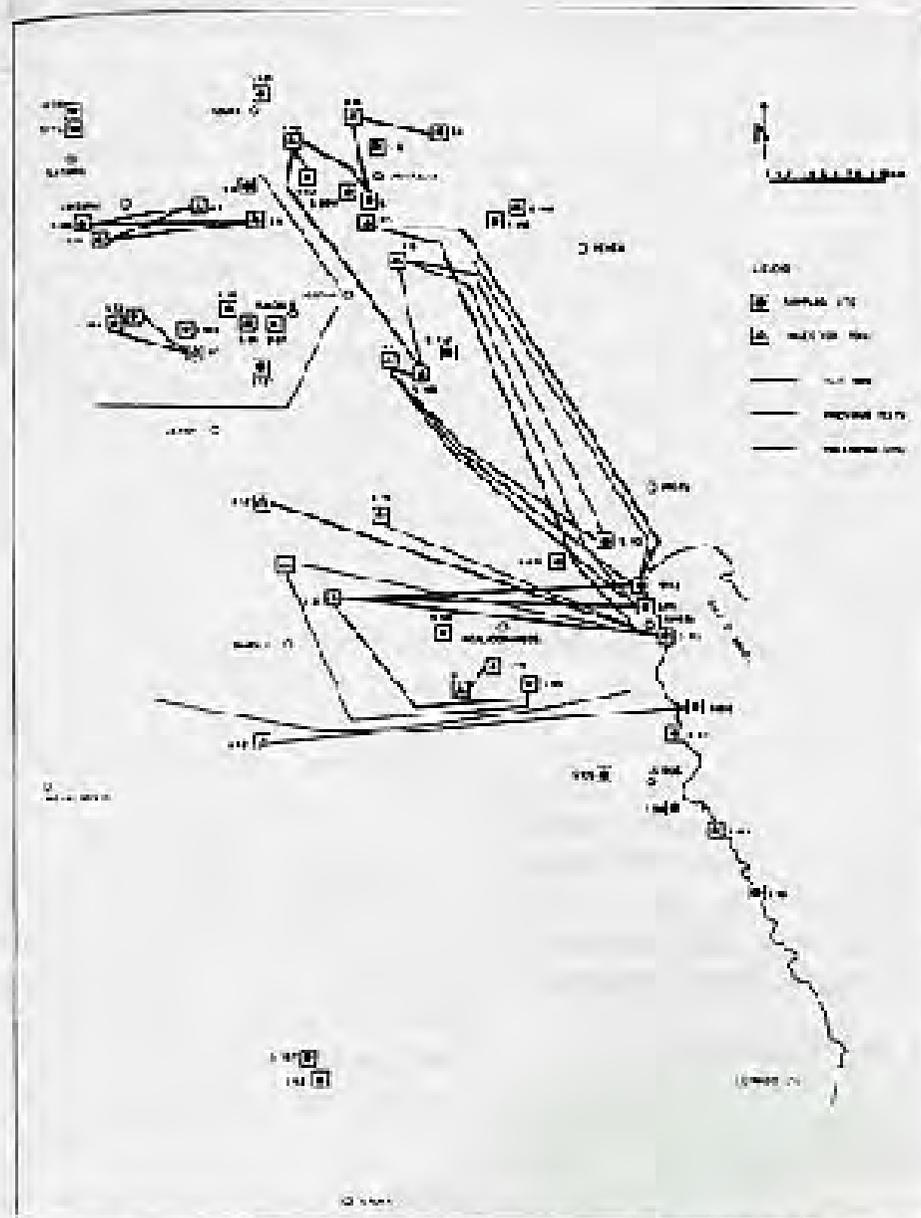












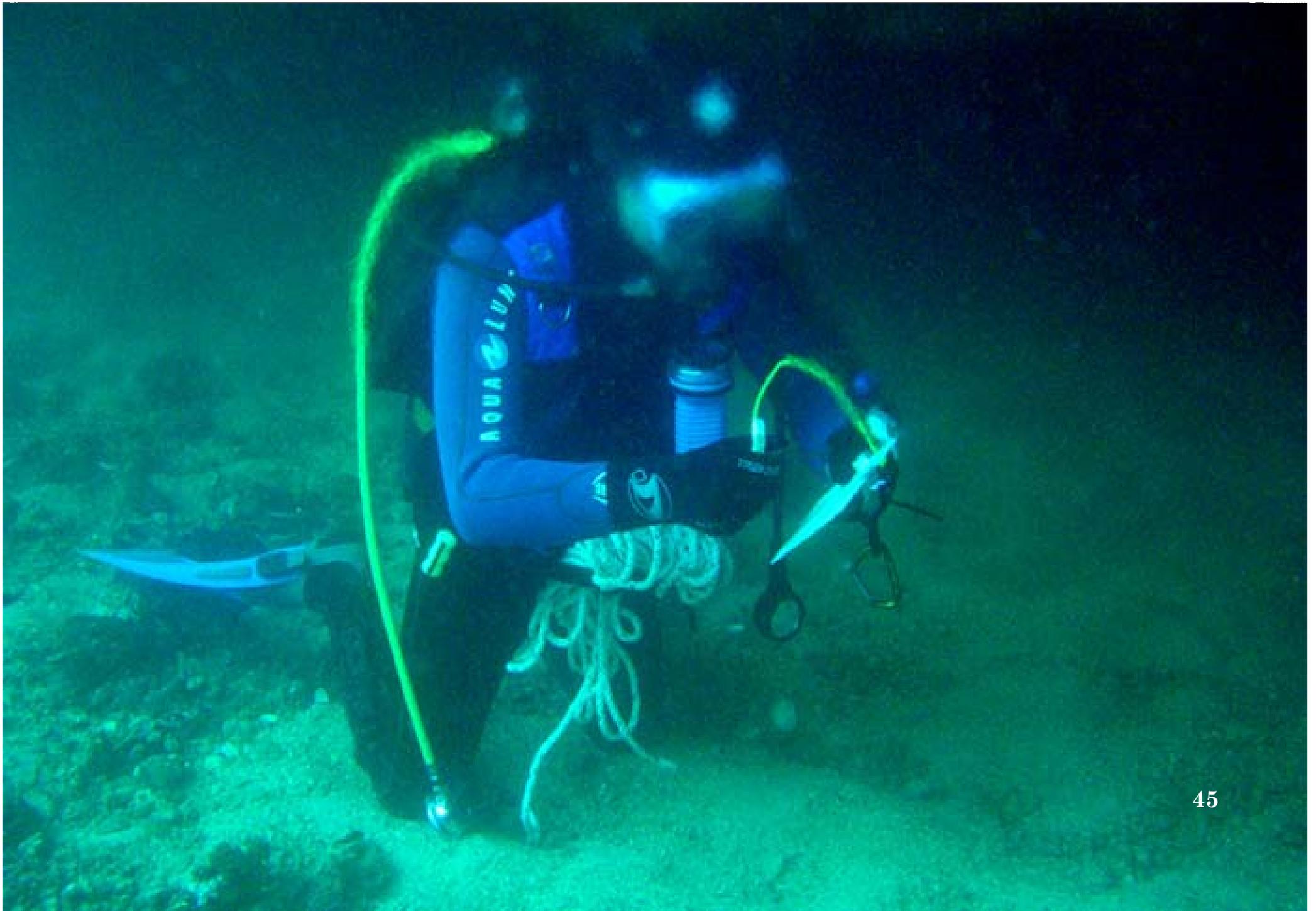
Υδραυλική επικοινωνία μεταξύ των καρστικών πηγών στο Κβέρι, το Κεφαλάρι και τη Λέρνη
 Hydraulic connection between Kveri, Kefalari and Lemi springs



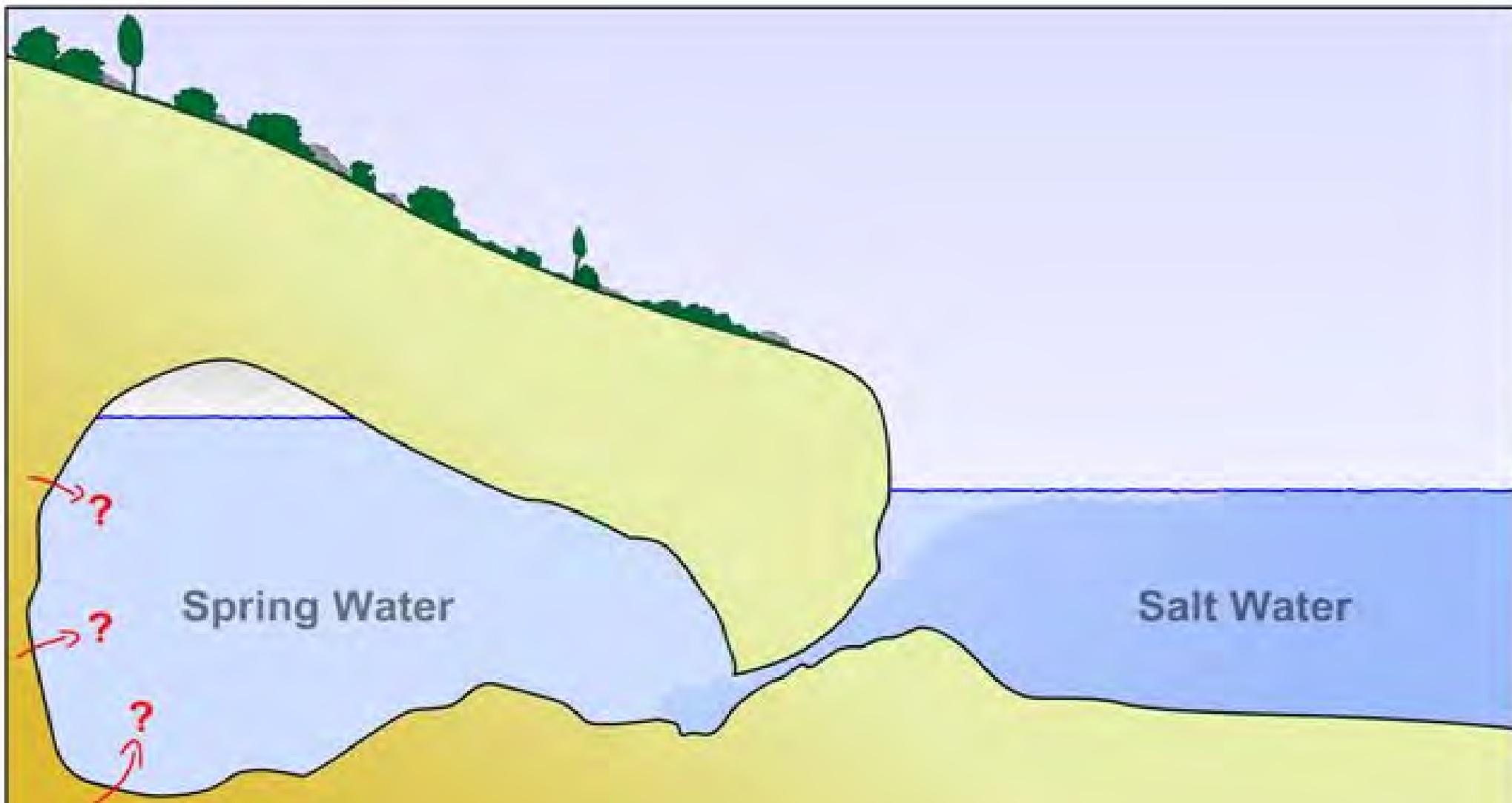












**Coupe schématique de la grotte de Korfos
exploration du 13 mai 2007**





UNION POUR LA MEDITERRANEE

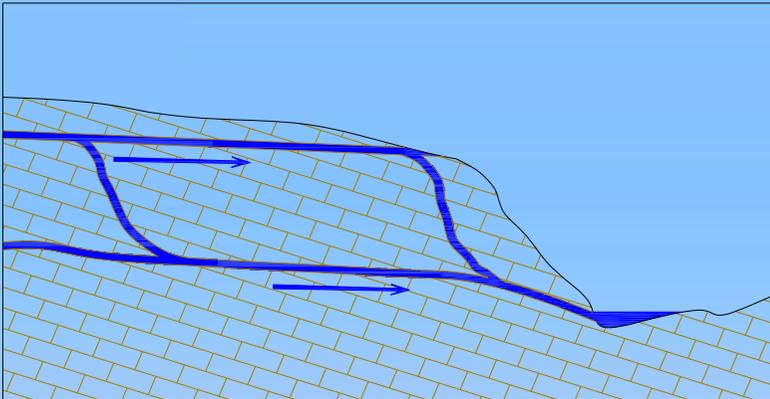
Captage de résurgences d'eau douce en mer
Etude préliminaire de faisabilité

Beterson WATER INTERNATIONAL

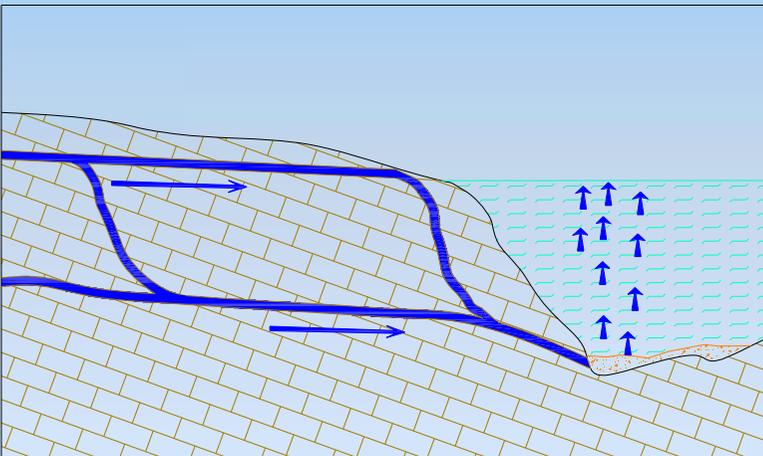
Dr Nicolas REMY-HURST

Palais de l'Elysée
2012

FORMATION D'UN RESEAU KARSTIQUE

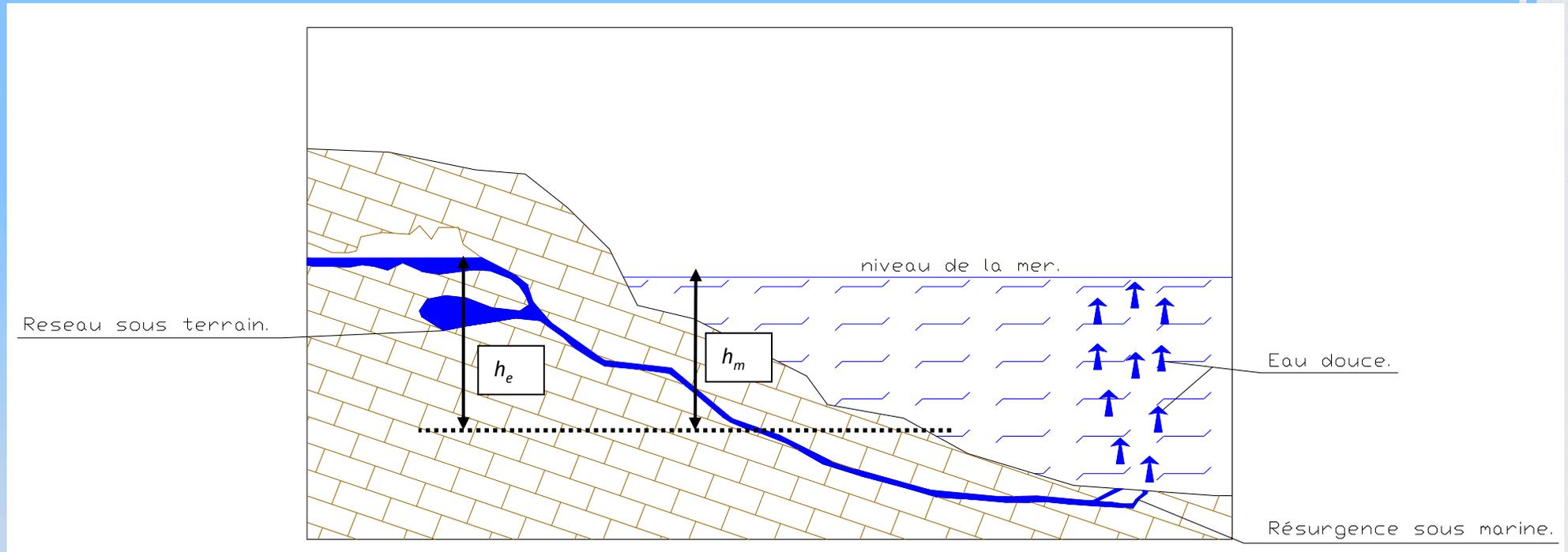


Ruissellement des eaux de pluie à une époque où le niveau de la mer était beaucoup plus bas qu'aujourd'hui



Remontée du niveau d'eau
Apparition de résurgences d'eau douce

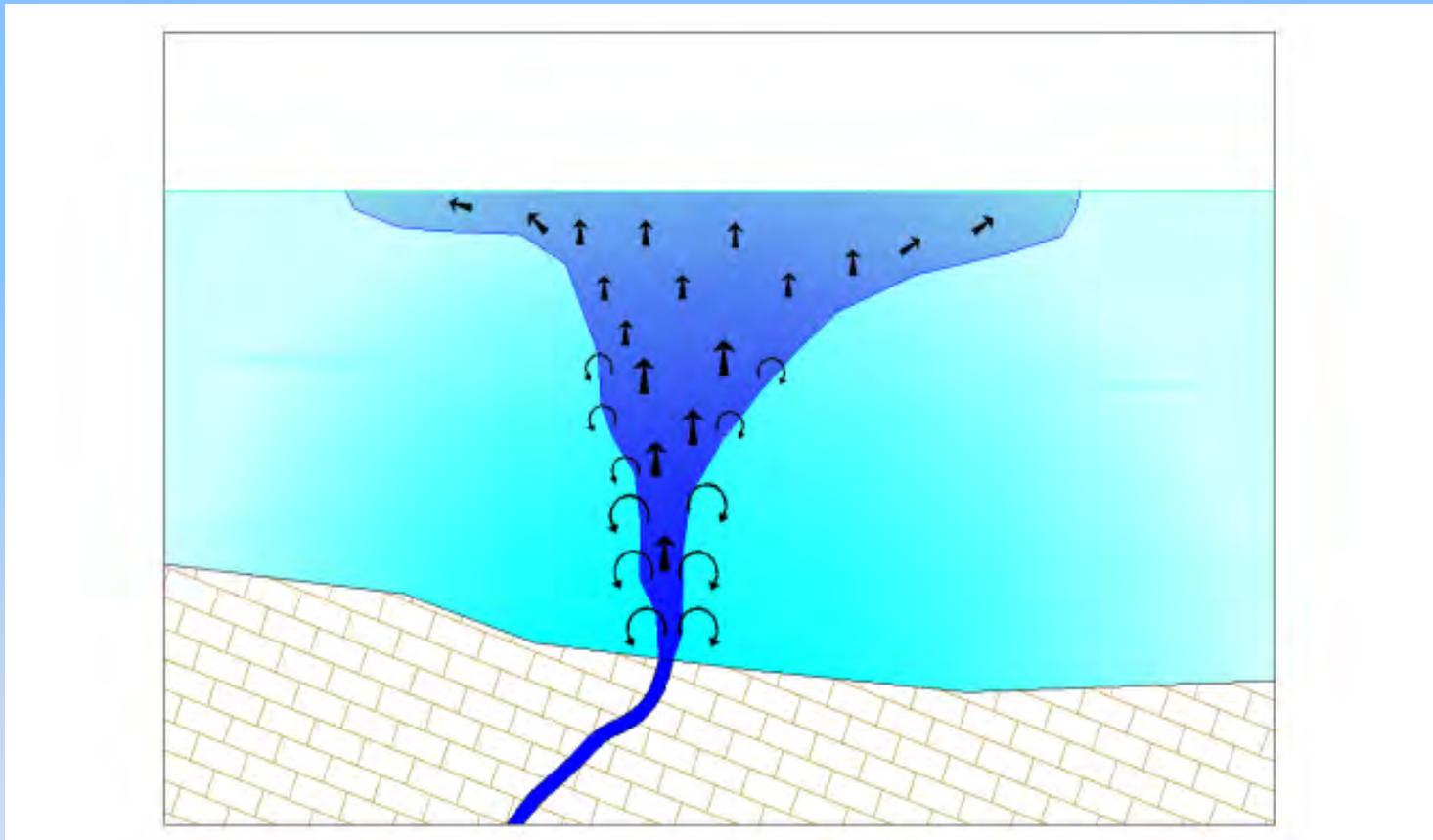
PRINCIPE D'UN ECOULEMENT KARSTIQUE CAS D'ECOLE



Le réseau se charge d'eau douce. L'écoulement au niveau de la résurgence commence dès que la colonne d'eau douce est plus lourde que la colonne d'eau de mer

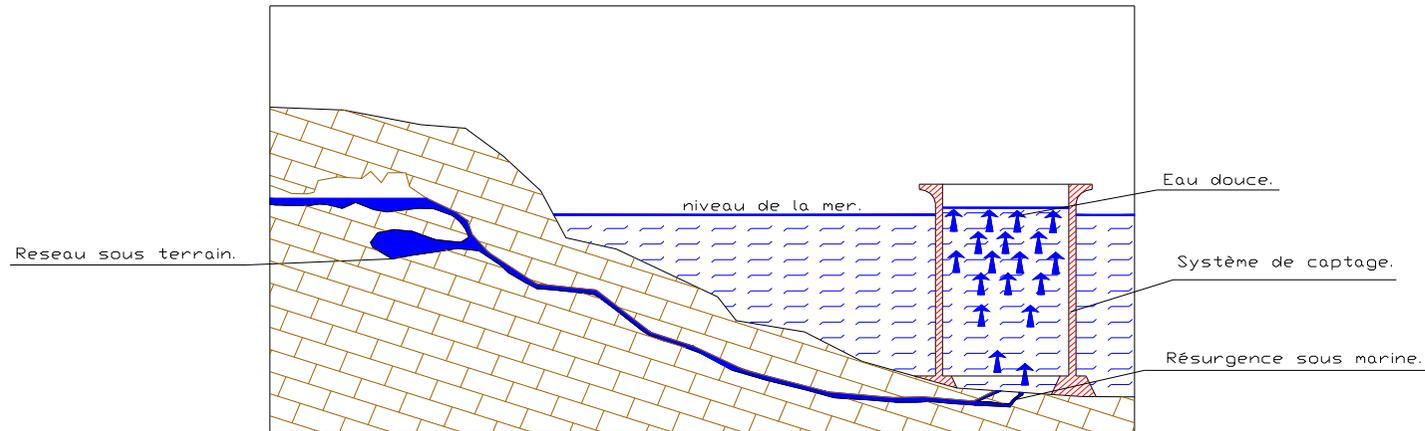
$$h_e > 1.03 h_m$$

PRINCIPE D'UN ÉCOULEMENT KARSTIQUE COMPORTEMENT DU REJET EN SORTIE



3 niveaux de dilution : jet initial – remontée par flottabilité - étalement

PRINCIPE DE LA METHODE DE CAPTAGE



CAPTAGE EN MER PAR CONFINEMENT

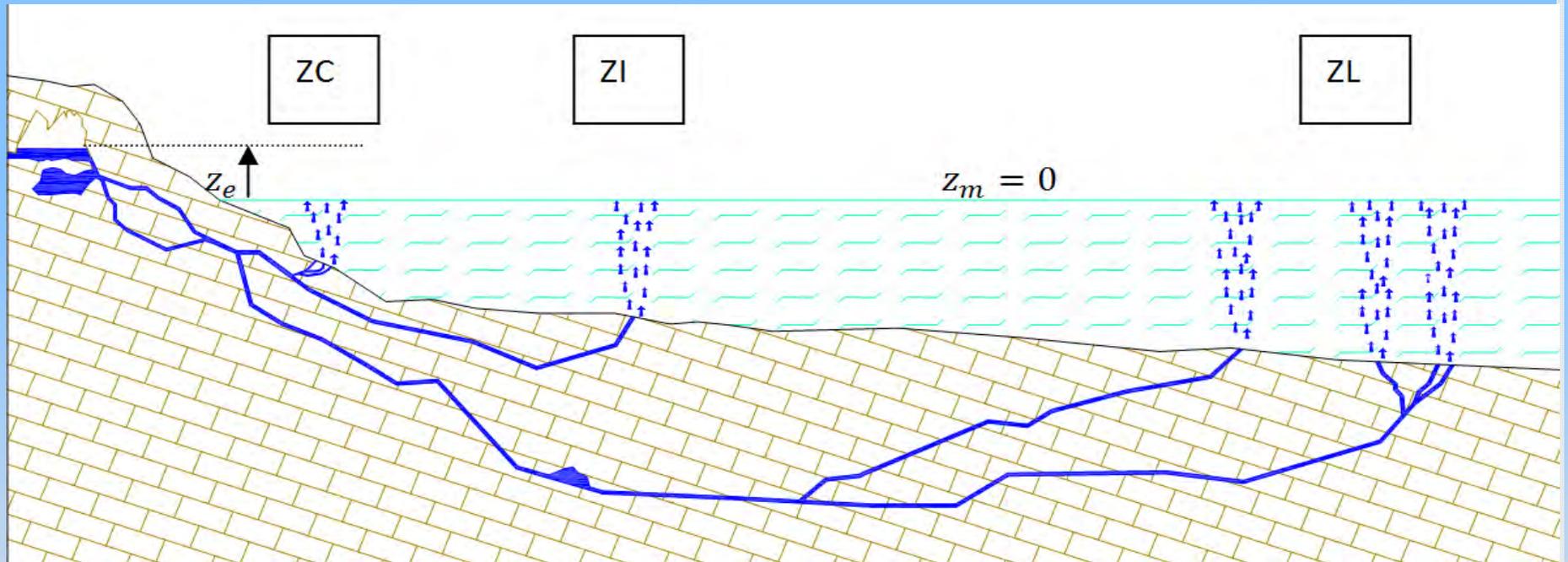
1. Nécessité d'une barrière physique entre l'eau douce et l'eau de mer
 2. Contrainte impérative de ne pas rompre l'équilibre naturel de l'écoulement
- ⇒ Mise en œuvre d'une enceinte étanche avec contrôle des sorties
 - ⇒ Contrôle du niveau d'eau douce pour reproduire la charge hydraulique naturelle
 - ⇒ Enceinte suffisamment large pour laisser s'épanouir le jet en sortie

EXEMPLE CONCRET D'ANAVALOS (GRECE)

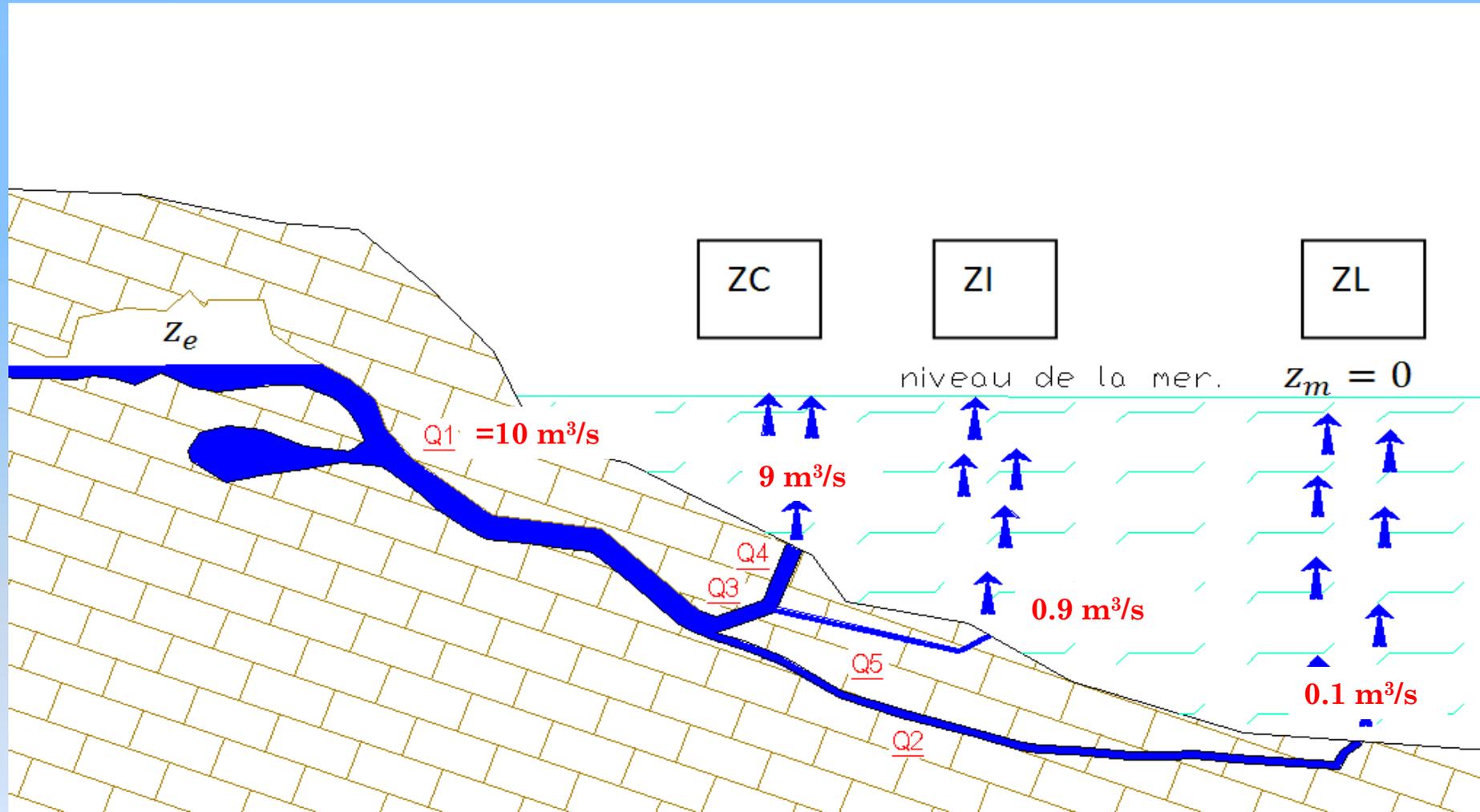
Débit 900 000 m³ par jour , soit 10 m³/s



QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES D'UN RESEAU KARSTIQUE COMPLEXE

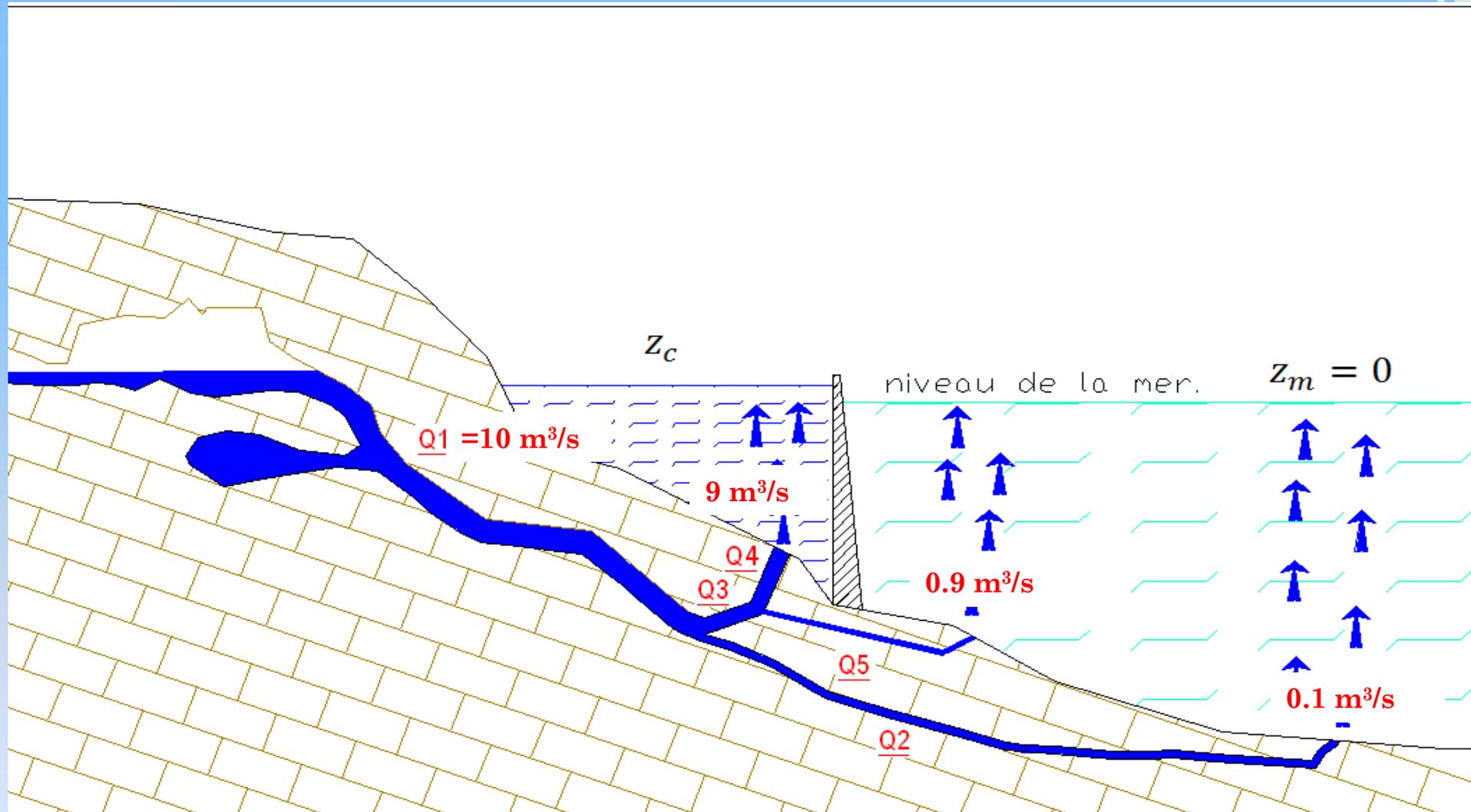


QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES SCHEMA HYDRAULIQUE EQUIVALENT



Scénario 1 : la zone ciblée est un chemin préférentiel du réseau

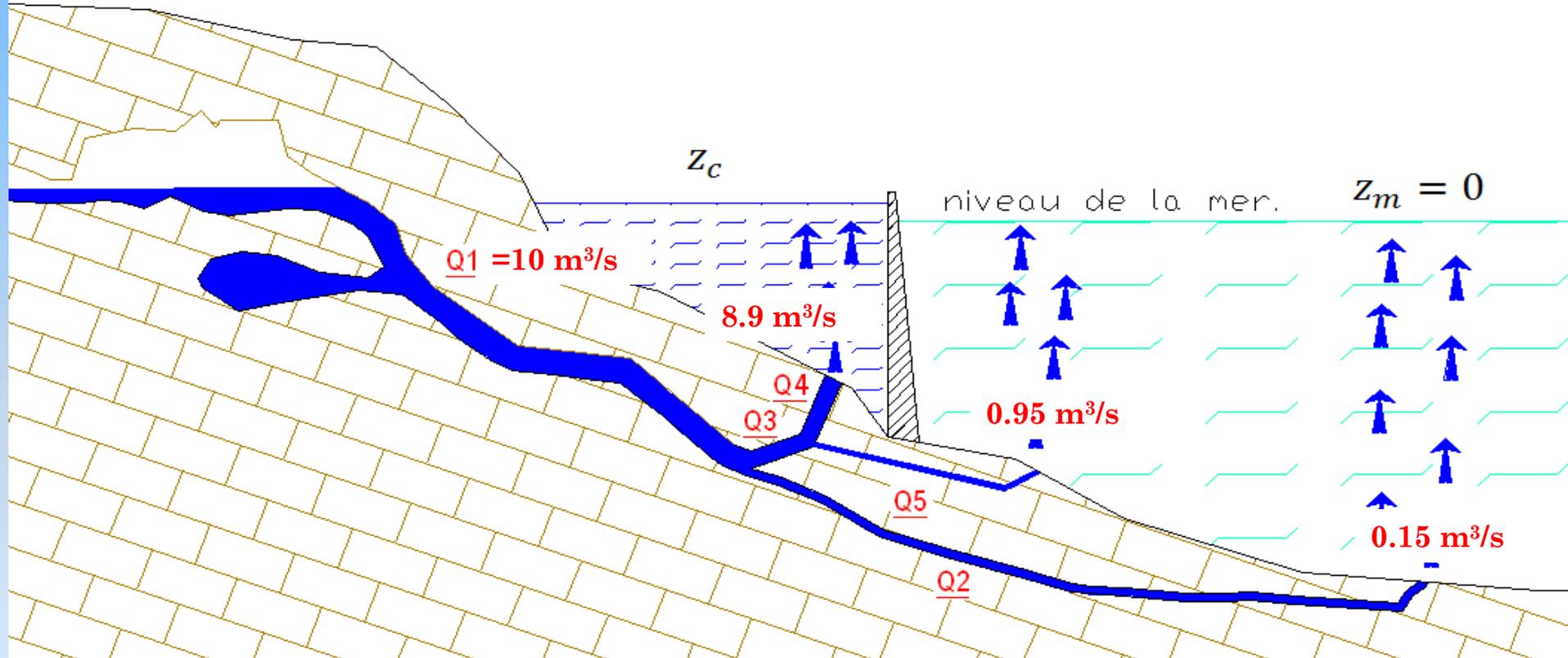
QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES SCHEMA HYDRAULIQUE EQUIVALENT



Scénario 1 : $h_m = 15\text{m}$, $z_c = 0.45\text{m}$ à l'équilibre hydraulique

QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES SCHEMA HYDRAULIQUE EQUIVALENT

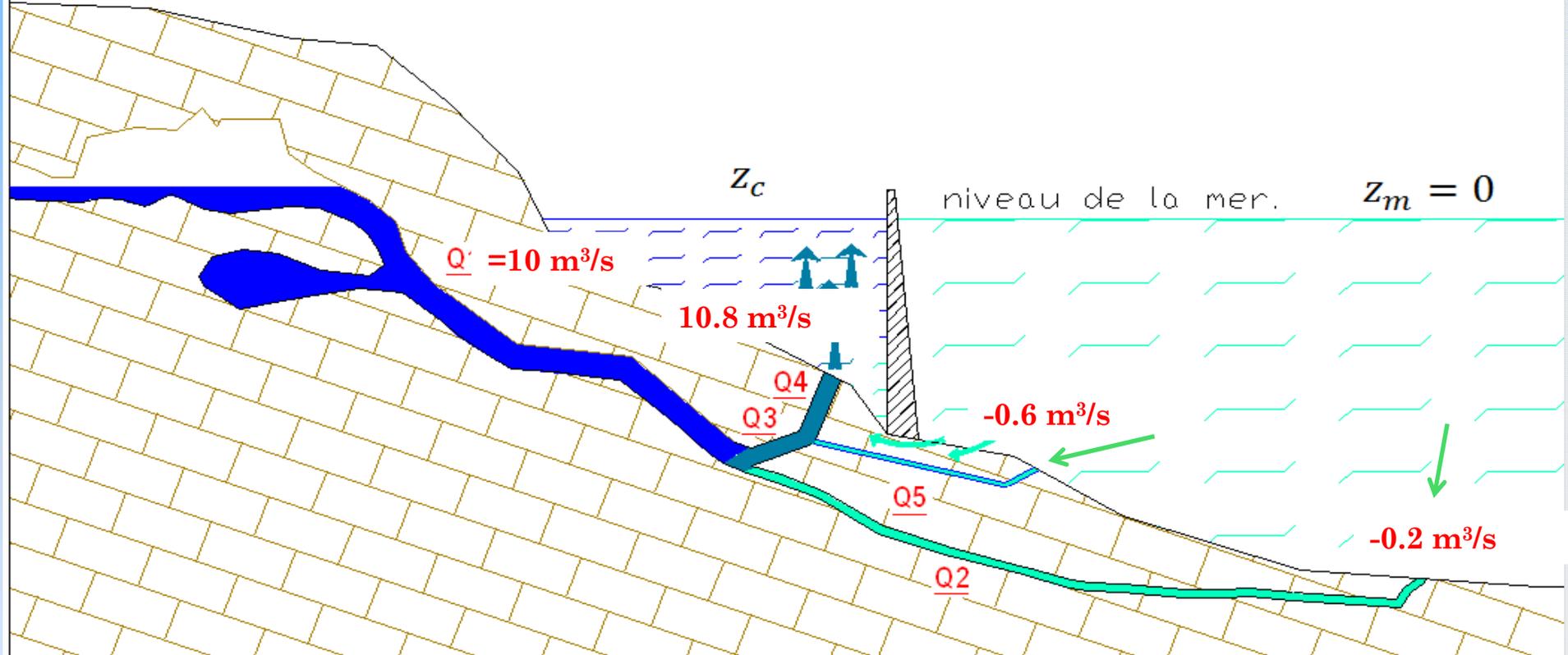
Captage robuste



Scénario 1 : enceinte de captage en surpression $z_c = 0.5m$

QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES SCHEMA HYDRAULIQUE EQUIVALENT

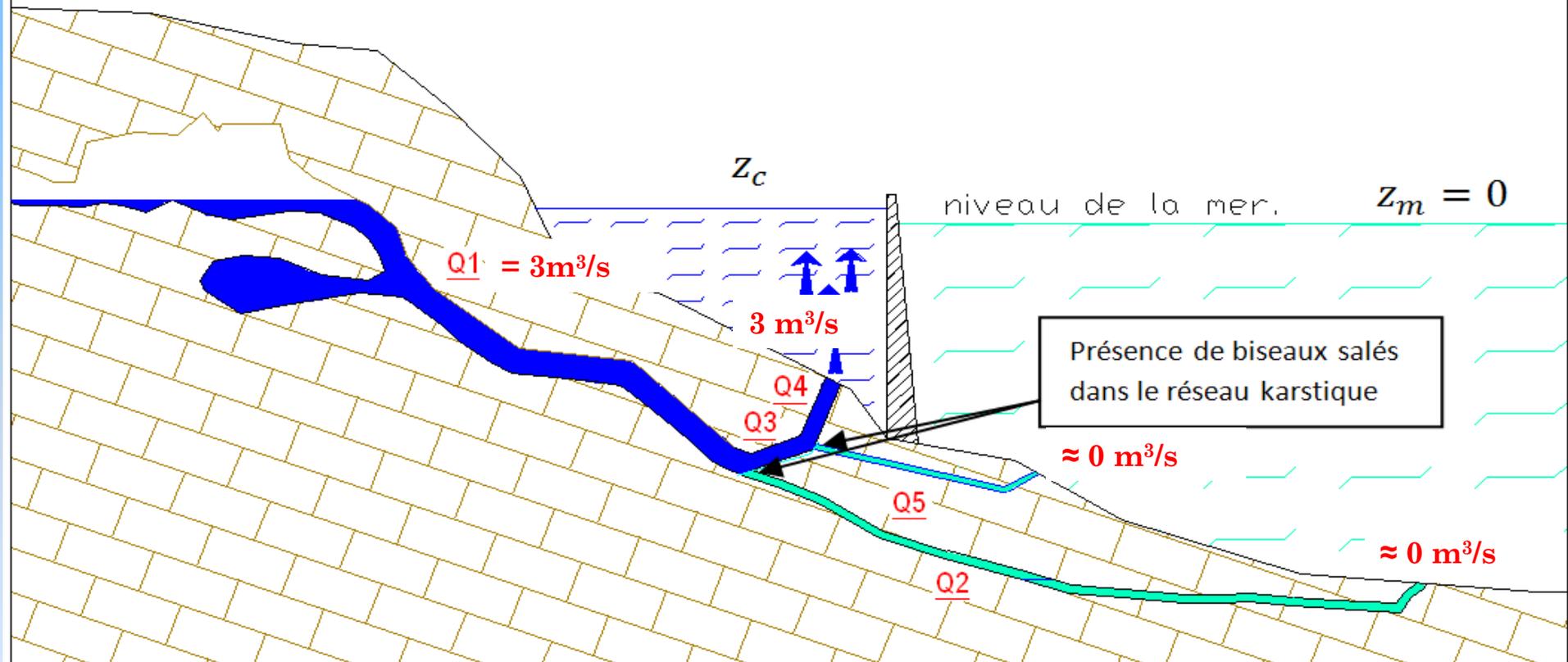
Dépression dans l'enceinte à proscrire !



Scénario 1 : enceinte de captage en dépression $z_c = 0 \text{ m}$

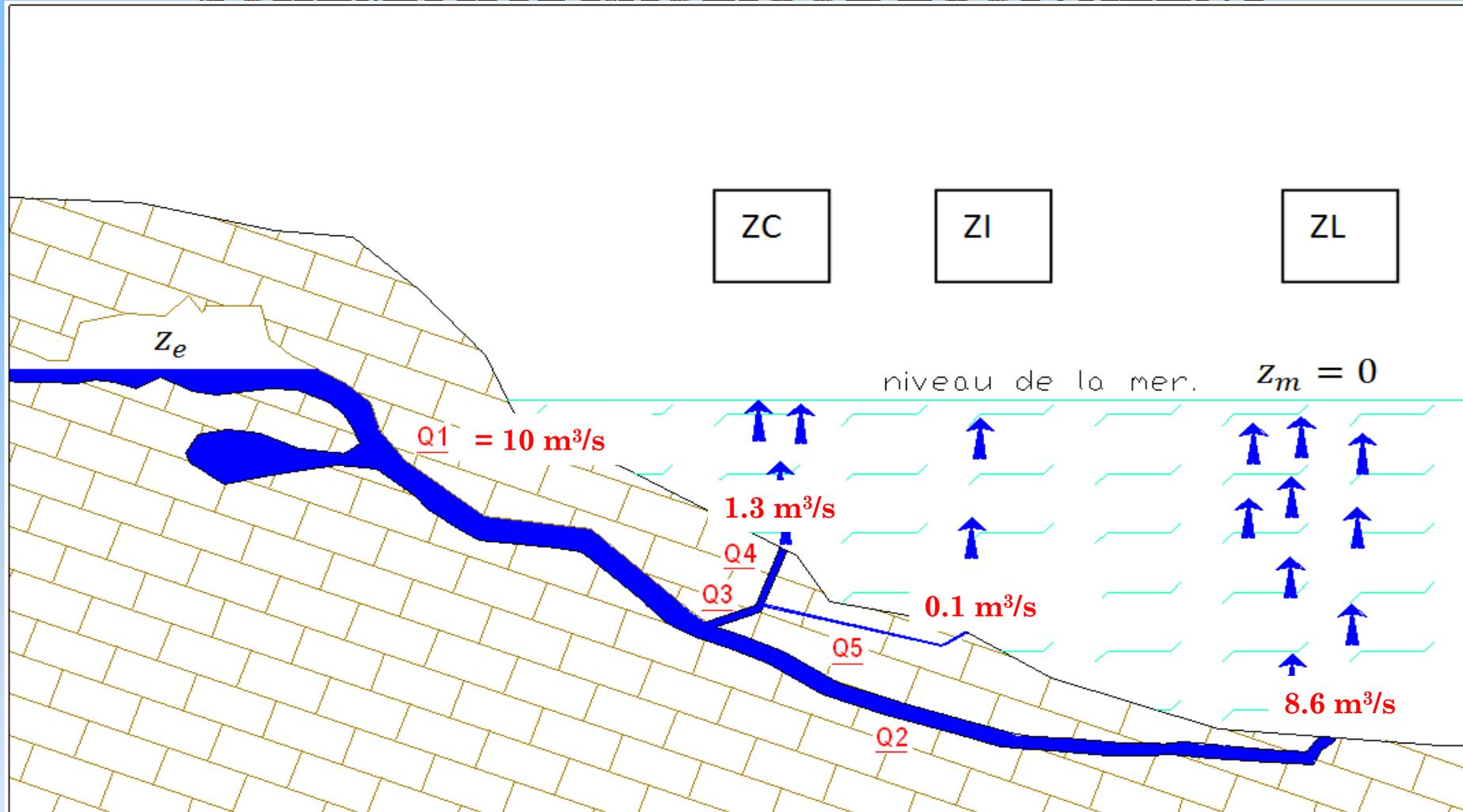
QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES SCHEMA HYDRAULIQUE EQUIVALENT

Risque d'intrusion saline à faible débit
mais les apports en sel sont en principe marginaux



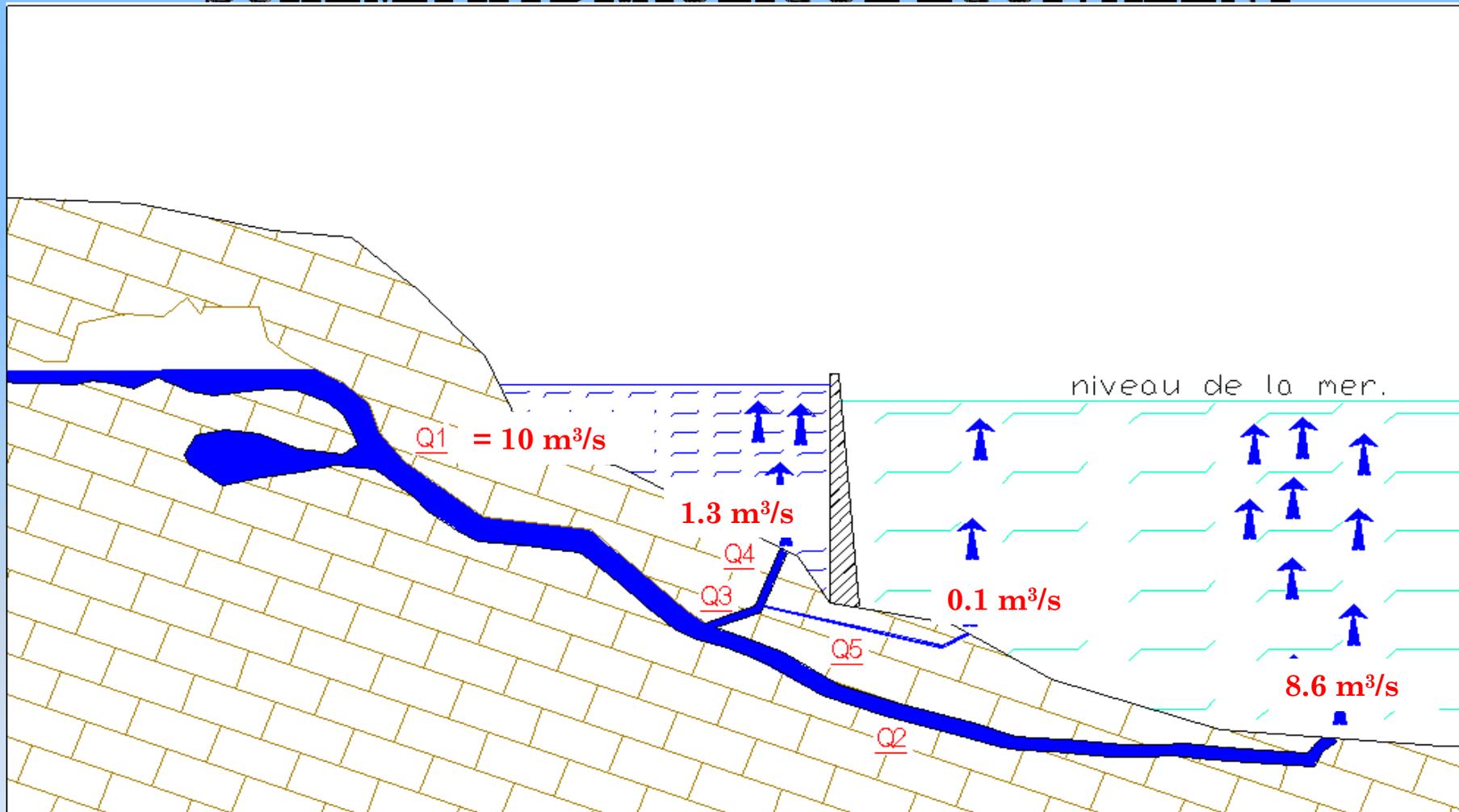
Scénario 1 : Equilibre hydraulique $z_c = 0.45 \text{ m}$. Baisse du débit

QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES SCHEMA HYDRAULIQUE EQUIVALENT



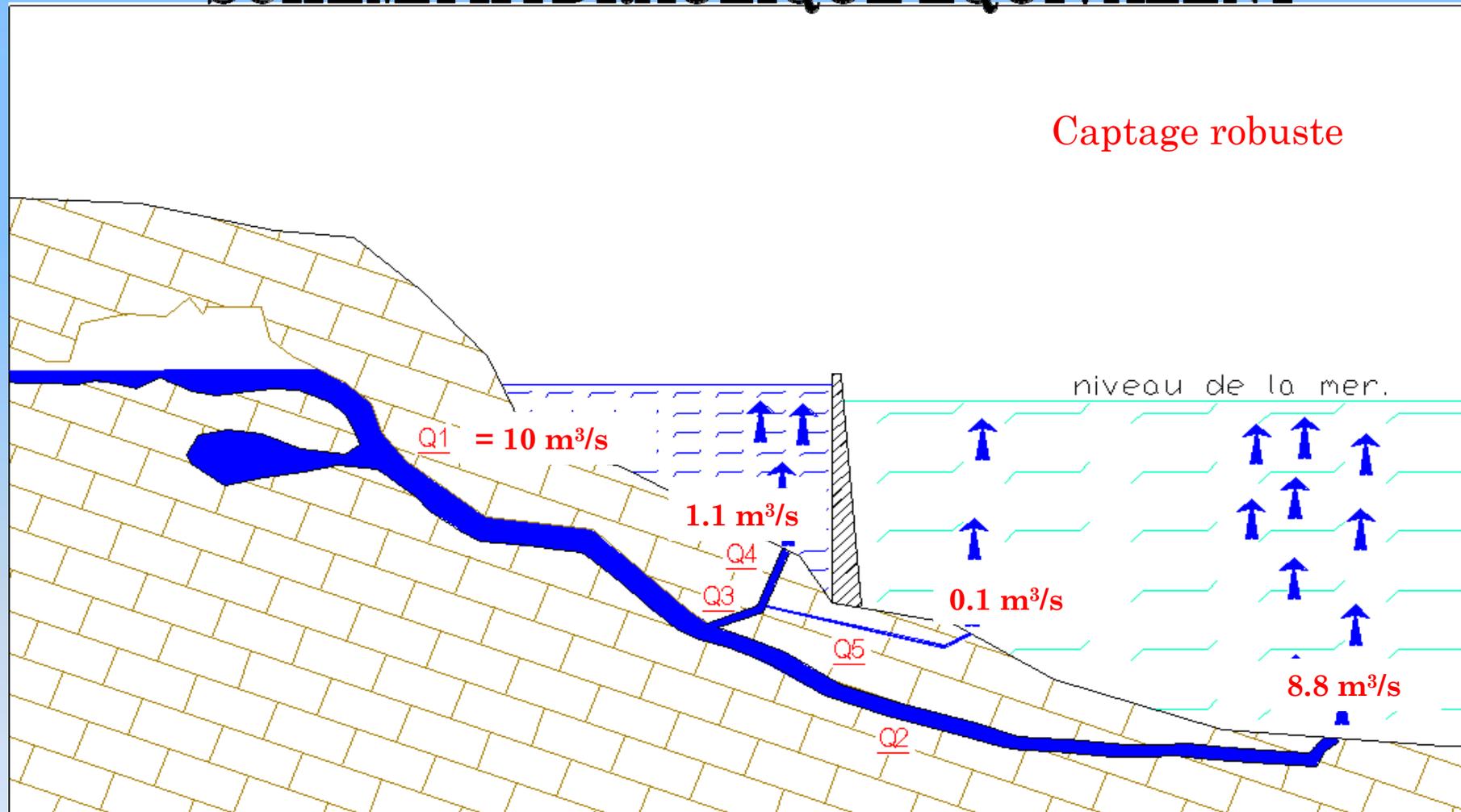
Scénario 2 : La zone ciblée est une branche préférentielle secondaire

QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES SCHEMA HYDRAULIQUE EQUIVALENT



Scénario 2 : enceinte de captage avec équilibre hydraulique

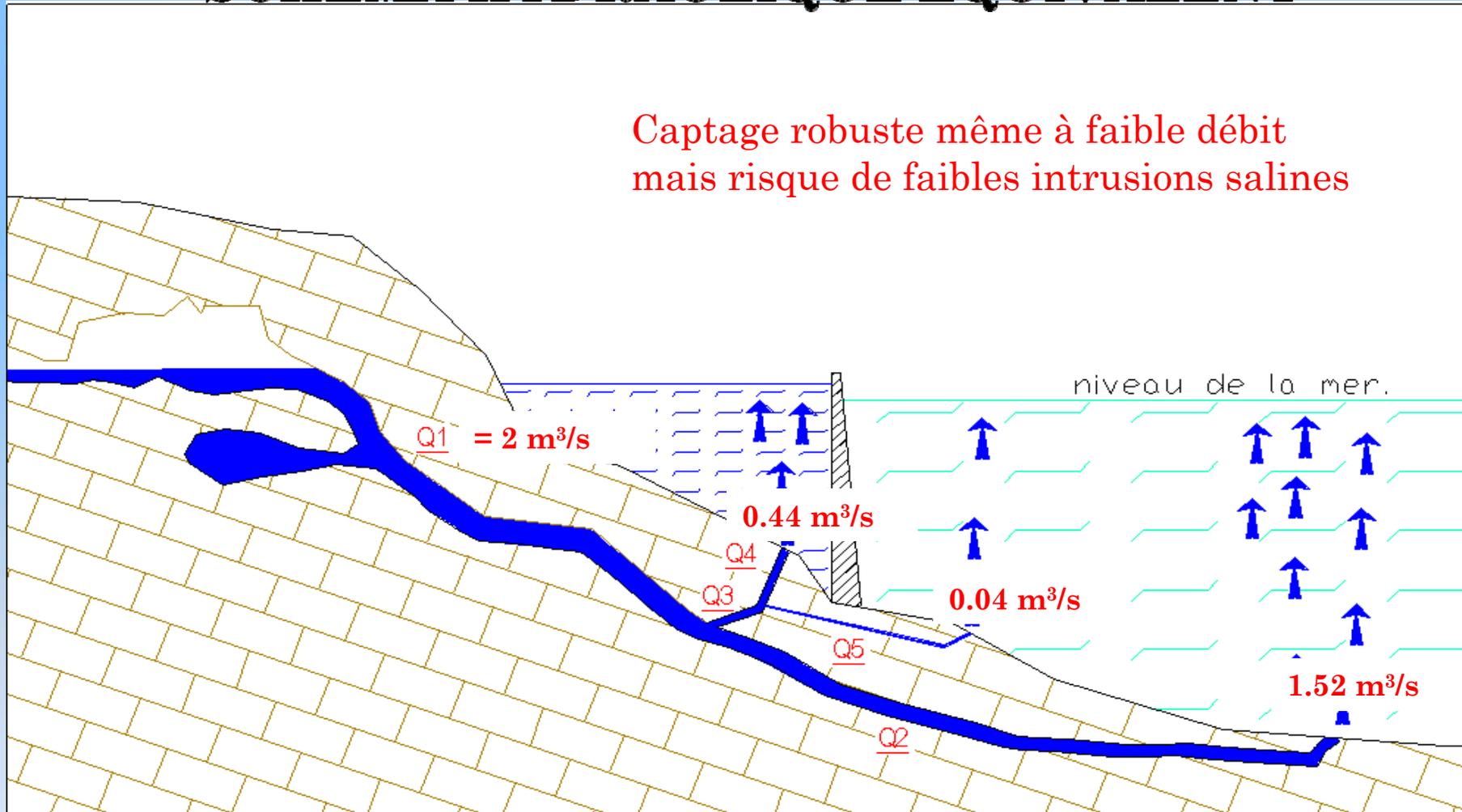
QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES SCHEMA HYDRAULIQUE EQUIVALENT



Scénario 2 : enceinte de captage en surpression $z_c = 0.6\text{m}$ au lieu de 0.45m

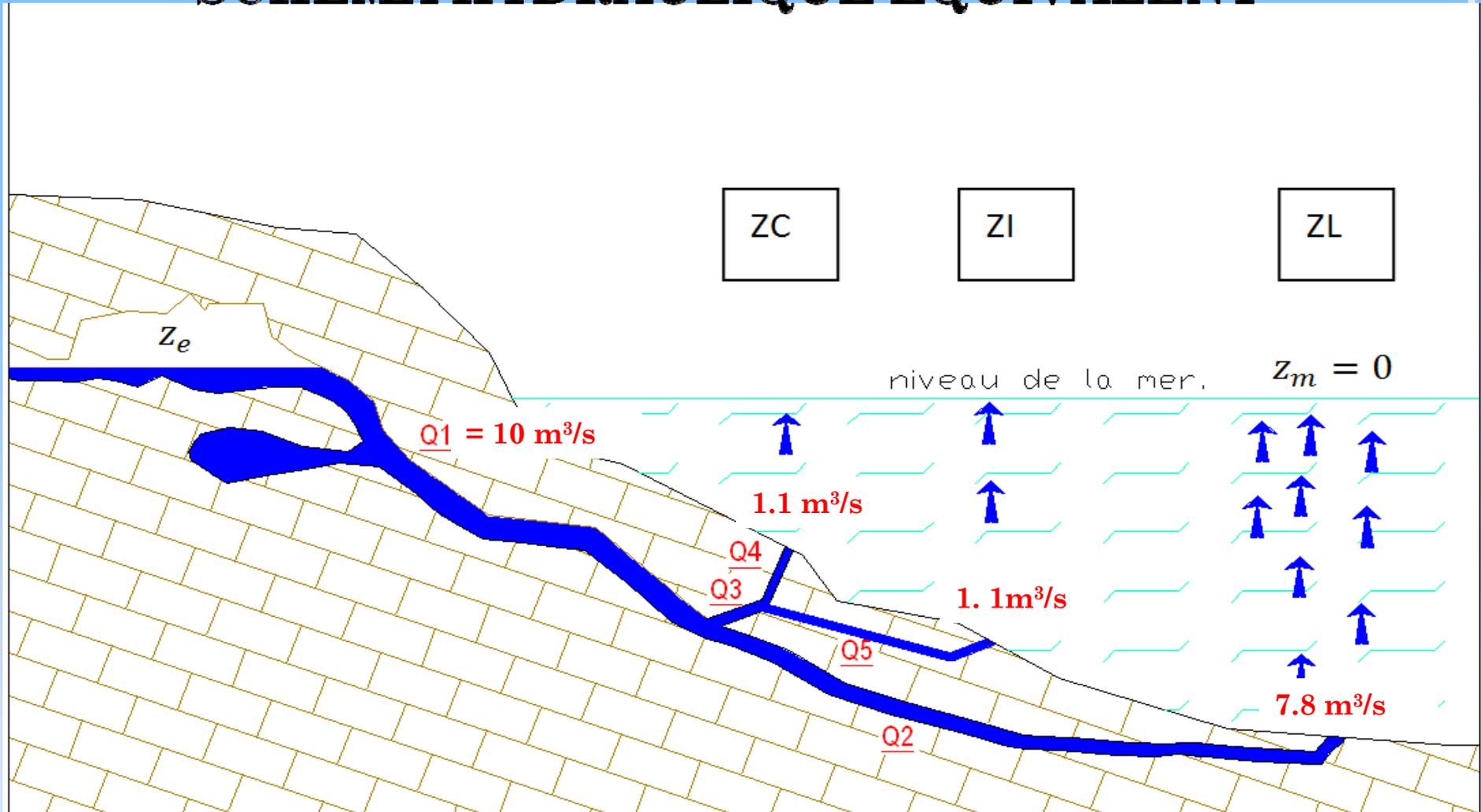
QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES SCHEMA HYDRAULIQUE EQUIVALENT

Captage robuste même à faible débit
mais risque de faibles intrusions salines



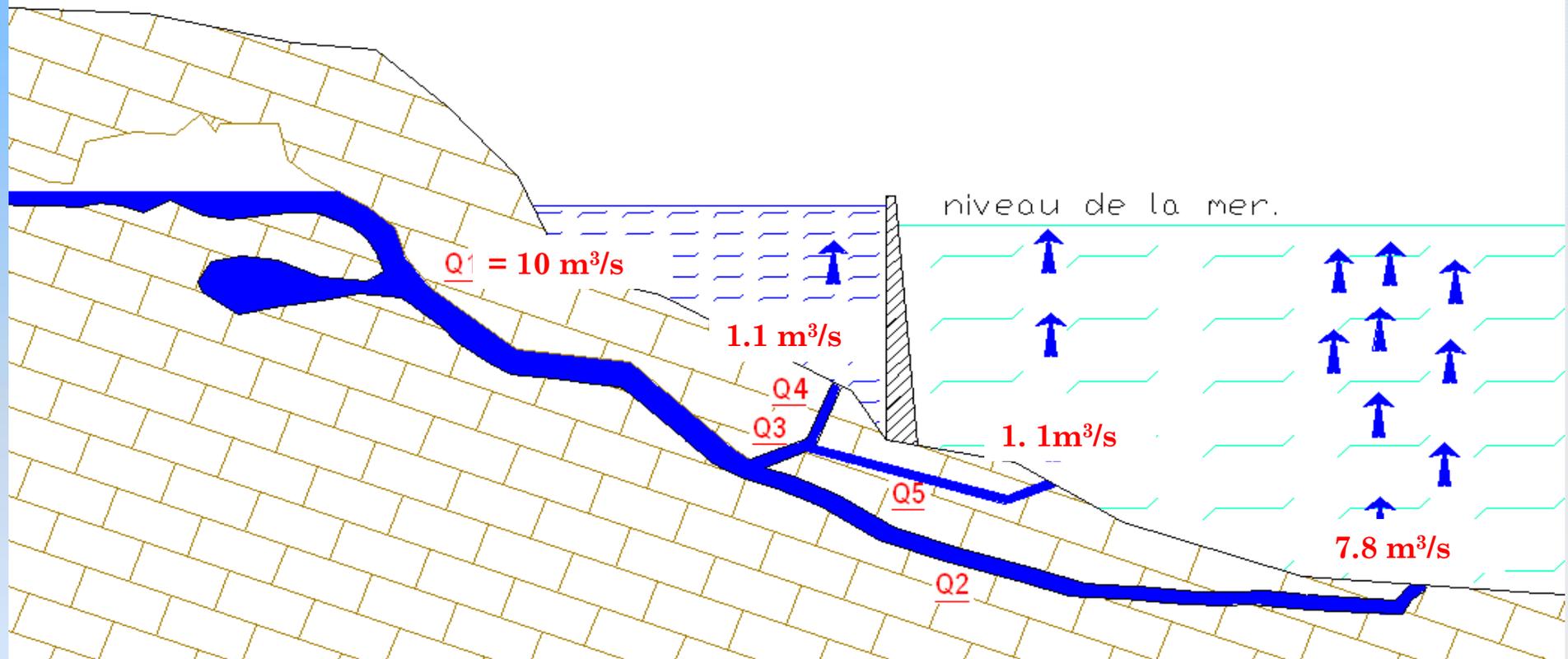
Scénario 2 : enceinte de captage à l'équilibre $z_c=0.45\text{m}$. Baisse du débit

QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES SCHEMA HYDRAULIQUE EQUIVALENT



Scénario 3 : Sortie diffuse autour de la zone ciblée

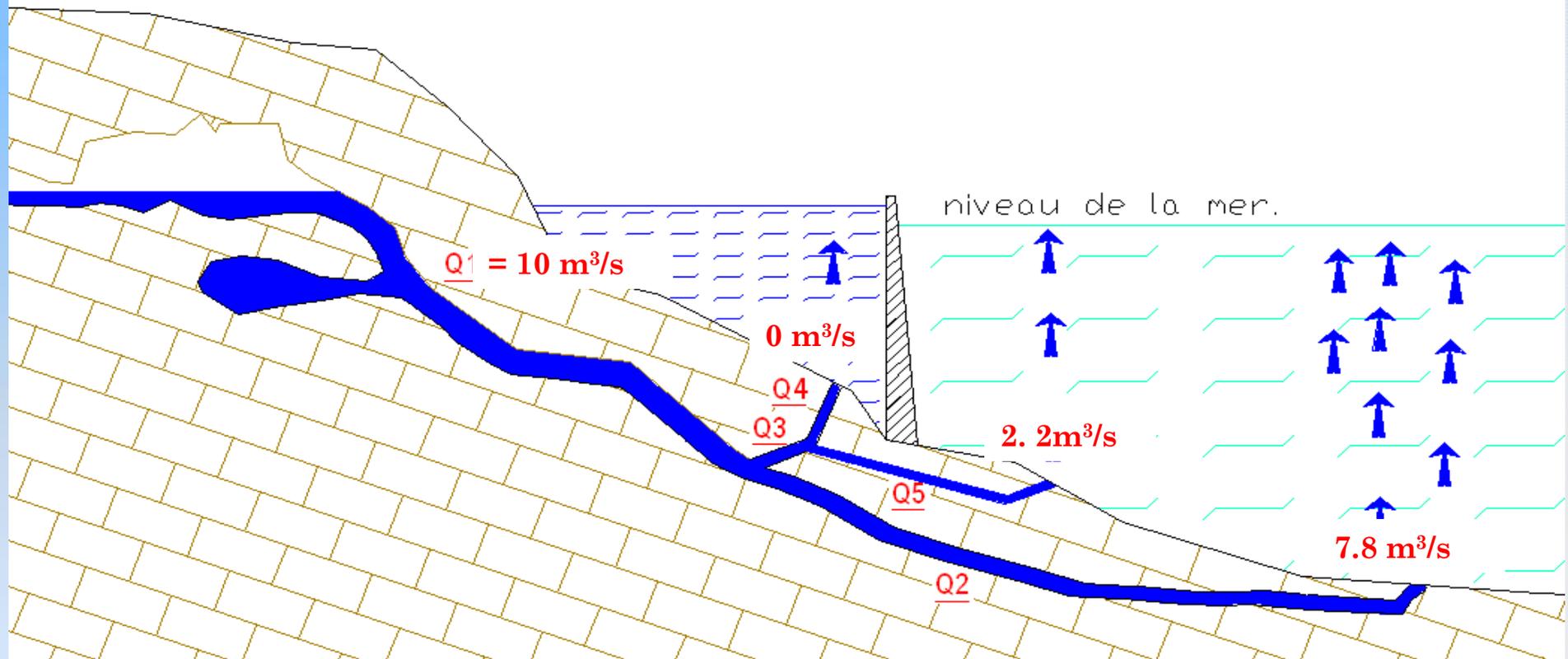
QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES SCHEMA HYDRAULIQUE EQUIVALENT



Scénario 3 : enceinte de captage à l'équilibre hydraulique

QUELQUES CONFIGURATIONS REPRESENTATIVES SCHEMA HYDRAULIQUE EQUIVALENT

Captage très peu fiable !



Scénario 3 : enceinte de captage en légère surpression $z_c = 0.46\text{m}$ au lieu de 0.45m

SYNTHESE DES SIMULATIONS HYDRAULIQUES

- Bon nombre de configurations de réseaux karstiques sont certainement appropriées pour le captage de l'eau douce par confinement de la sortie**
- Il existe toutefois des risques d'intrusions salines naturelles par certains embranchements**
- La sortie identifiée ne doit pas être diffuse sur une large surface ou proche d'une autre zone de sortie**



FIABILITE D'UNE RESURGENCE ?

Une fois une sortie karstique identifiée, il faut se poser les quatre questions essentielles suivantes :

1. Etant donné le risque d'intrusion saline à travers le réseau karstique, le rejet observé est-il un rejet d'eau douce ?
2. Si l'eau rejetée est effectivement douce, l'est-elle de façon durable toute l'année ?
3. Quel est le débit annuel du rejet ?
4. L'installation d'une enceinte de captage peut-elle perturber l'équilibre naturel du réseau karstique ?

METHODOLOGIE PRECONISEE EN QUATRE AXES

1. Analyse classique du milieu environnemental

- houles, vent, bathymétrie, nature des fonds, géologie, vie marine,...

2. Campagnes de mesures ponctuelles par plongeurs sur site

- mesures ponctuelles fiables du débit et de la salinité
- vérification de la robustesse hydraulique de la sortie

3. Instrumentation ciblée en continu

- mesures des variations des caractéristiques de la résurgence

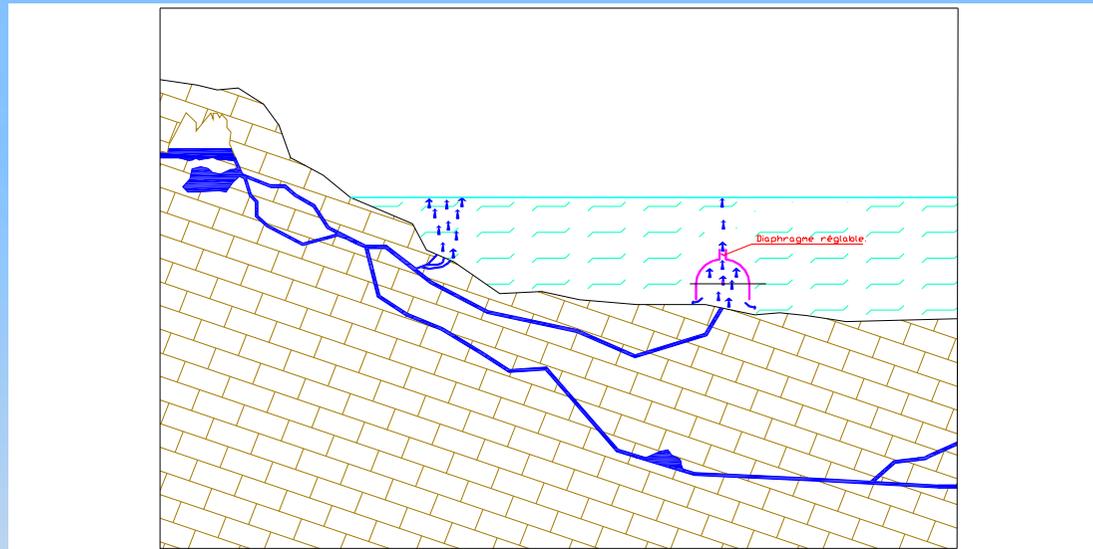
4. Reproduction des écoulements par modèle réduit physique en laboratoire

- mise au point de la méthode de mesures ponctuelles
- corrélations entre mesures ponctuelles et mesures en continu
- reproduction des effets d'intrusion saline
- validation du concept de l'enceinte de captage dédié au site



CAMPAGNES DE MESURES PONCTUELLES

Campagnes de mesures ponctuelles par plongeurs sur site



Principe d'une chambre de passage provisoire munie d'un diaphragme réglable en sortie permettant :

1. d'isoler l'eau sortant de la résurgence du milieu marin (-> salinité du rejet) ;
2. de mesurer ponctuellement le débit de façon fiable ;
3. de provoquer de légères surpressions par rapport à la charge naturelle pour éprouver la robustesse hydraulique du rejet.

INSTRUMENTATIONS EN CONTINU

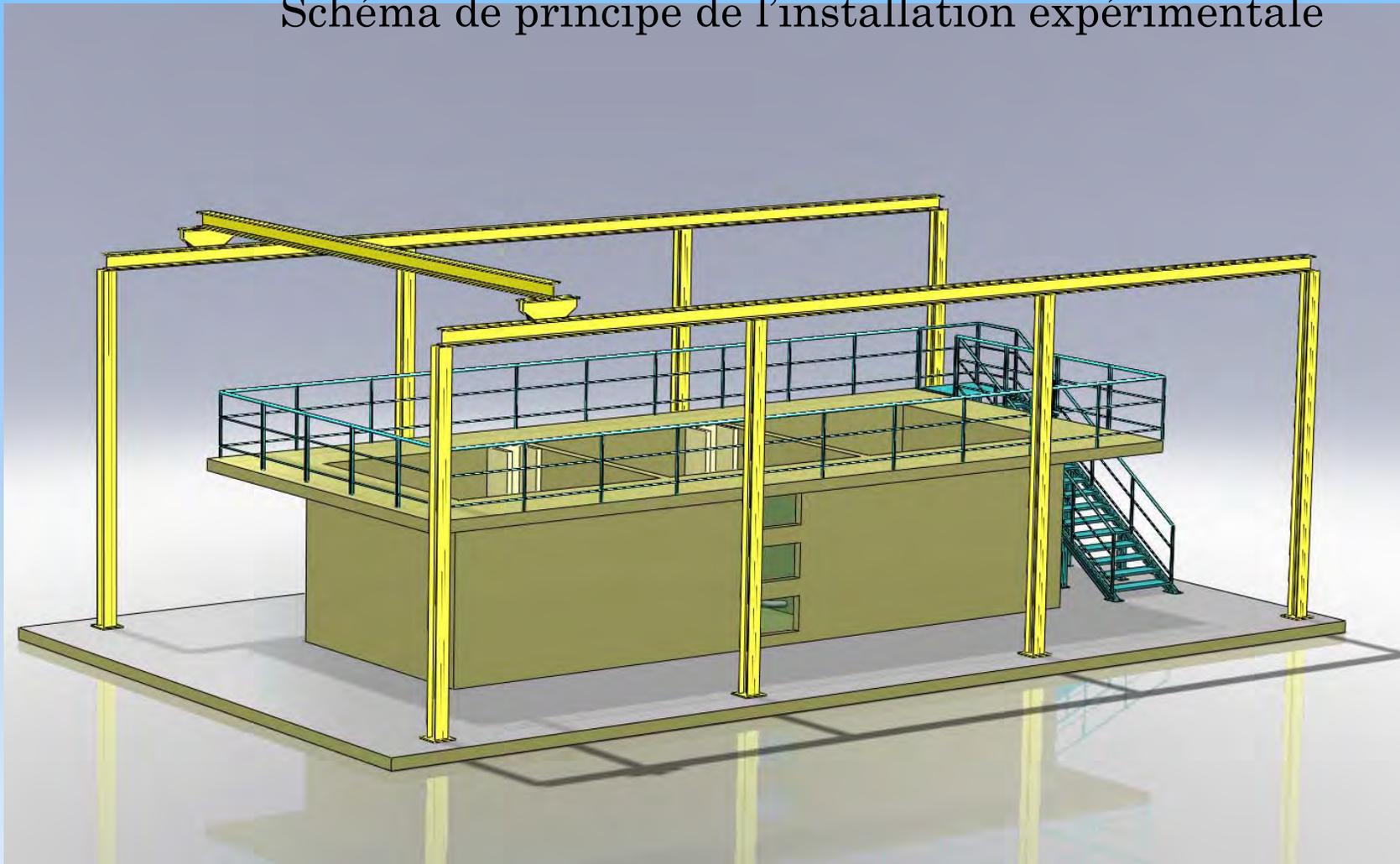
- **Mesures continues d'un profil de vitesse sur un an**
 - **Analyses des variations sur quelques points en sortie**
 - **Aide à la planification de la prochaine campagne ponctuelle**
 - **Corrélation entre vitesses locales avec les mesures ponctuelles de débit à l'aide du modèle en laboratoire**

NECESSITE D'UN LABORATOIRE

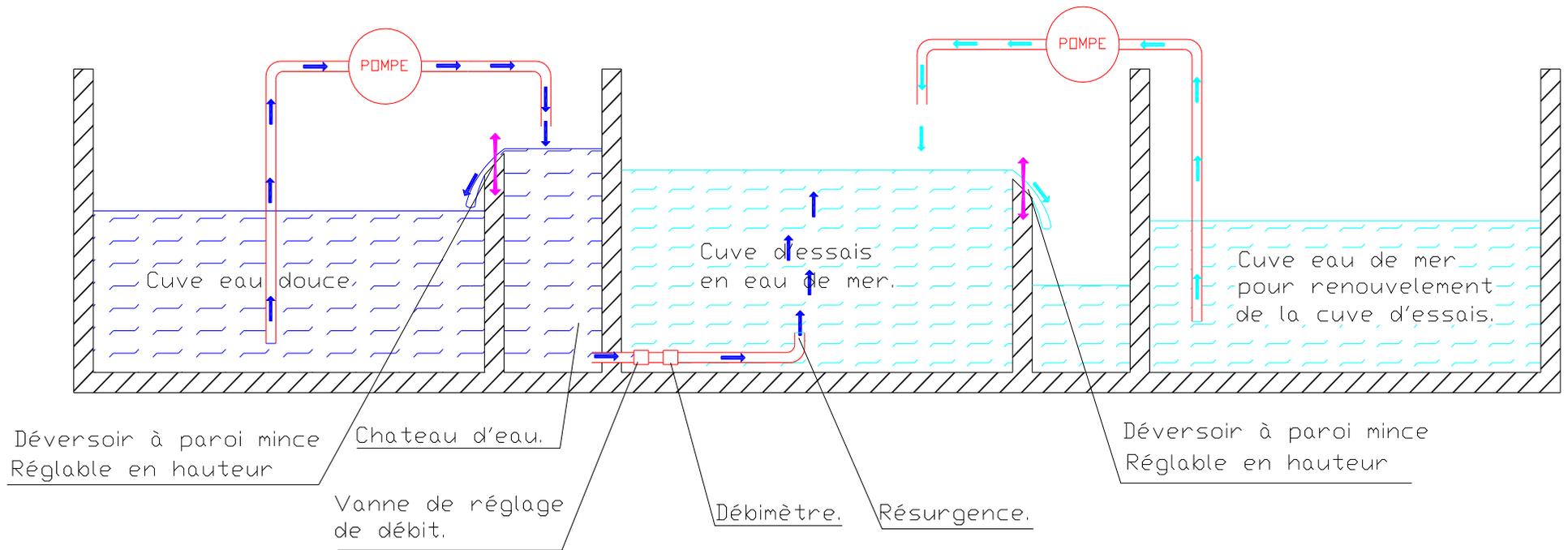
- **Reproduction à l'échelle réduite de la résurgence et éventuellement d'une partie connue du réseau karstique**
 - **Mise au point des méthodes de mesures ponctuelles à travers la chambre de passage provisoire**
 - **Reproduction des mesures effectuées en continu et corrélation avec les valeurs de débit et de salinité fiables mesurées ponctuellement. Le laboratoire permettra de recouper toutes les mesures sur site pour fiabiliser la réponse aux quatre questions essentielles initiales**
 - **Validation et optimisation de l'enceinte de captage**
 - **Reproduction des effets d'intrusion saline et validation des solutions pour les réduire**
 - **Moyen de démonstration du bien fondé de la méthode de captage**

DESCRIPTION D'UN LABORATOIRE APPROPRIE

Schéma de principe de l'installation expérimentale



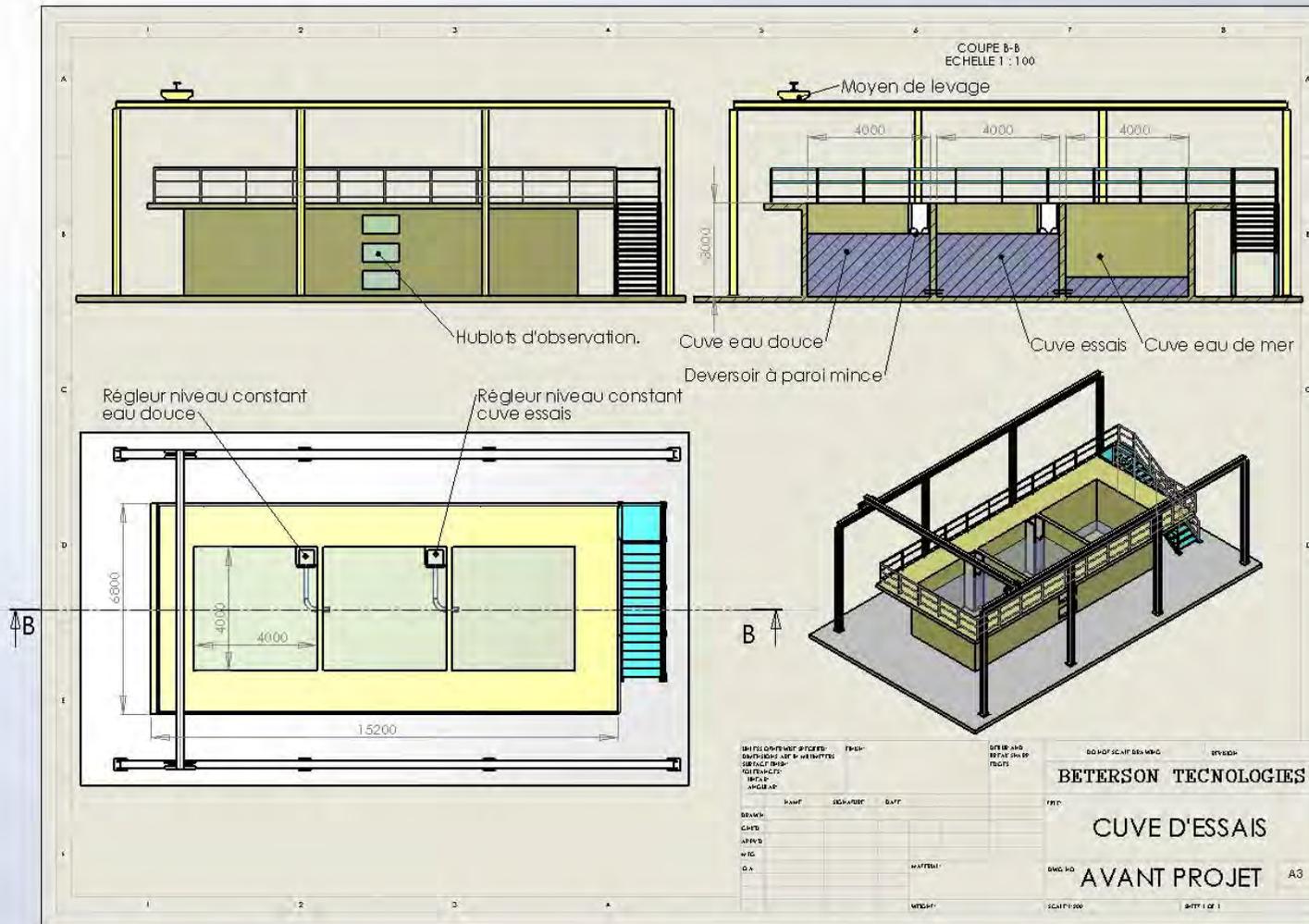
DESCRIPTION D'UN LABORATOIRE APPROPRIE



PRINCIPE SIMPLIFIE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE
DES MOYENS D'ESSAIS.

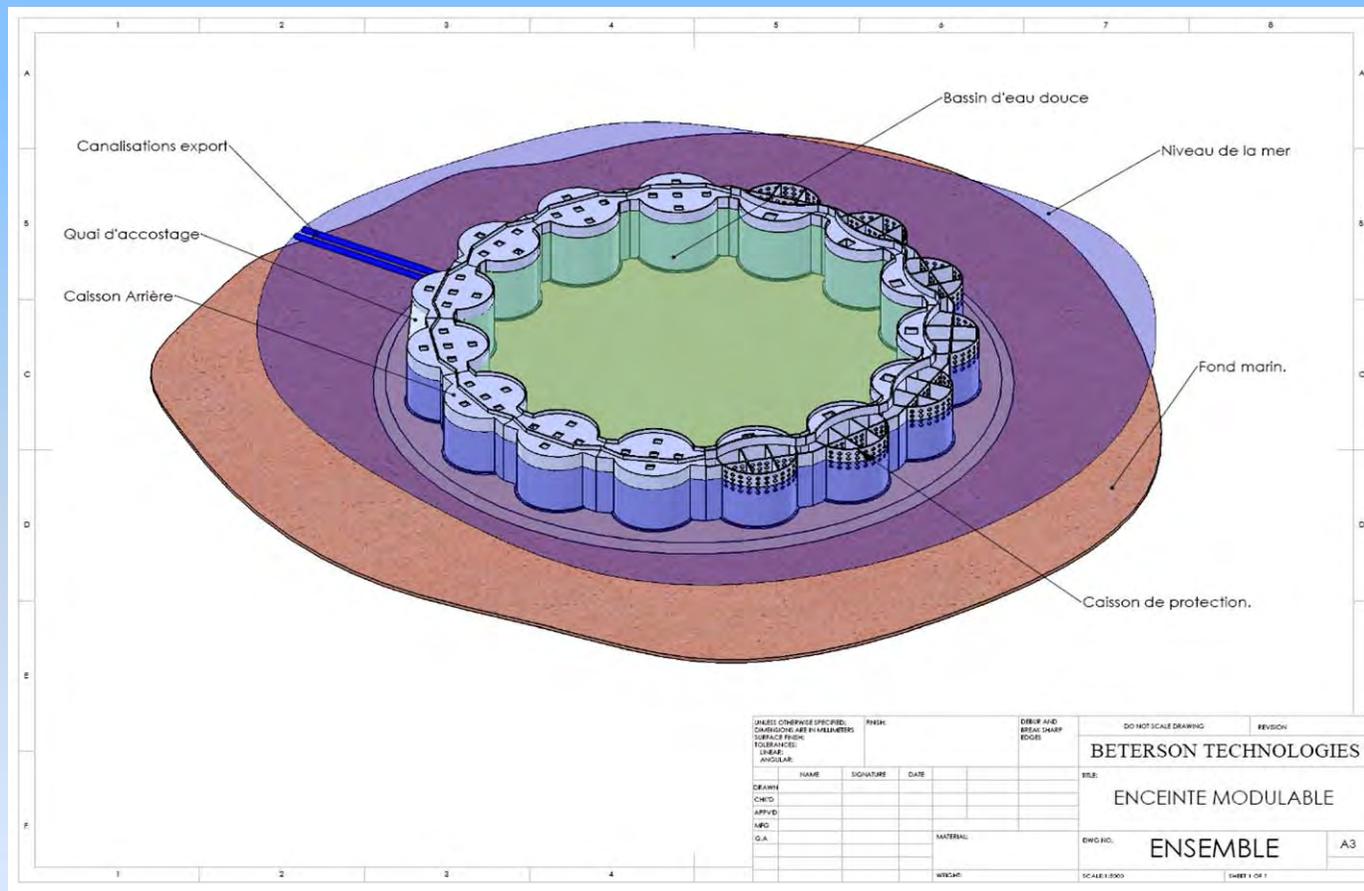
DESCRIPTION D'UN LABORATOIRE APPROPRIE

Installation de trois cuves dédiées à la reproduction des résurgences



CONSTRUCTION DE L'ENCEINTE DE CAPTAGE

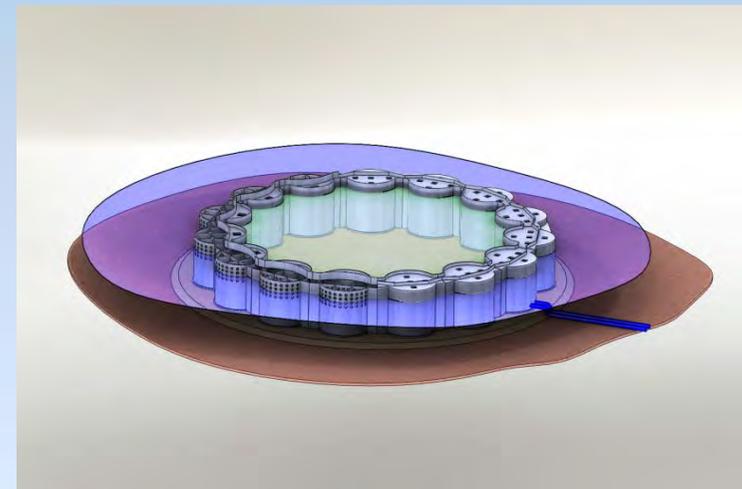
L'enceinte est constituée de caissons circulaires modulaires indépendants, autostables dans la houle, juxtaposés et reliés entre eux sur site. Chaque caisson est préfabriqué dans un site dédié avant d'être remorqué en flottaison.



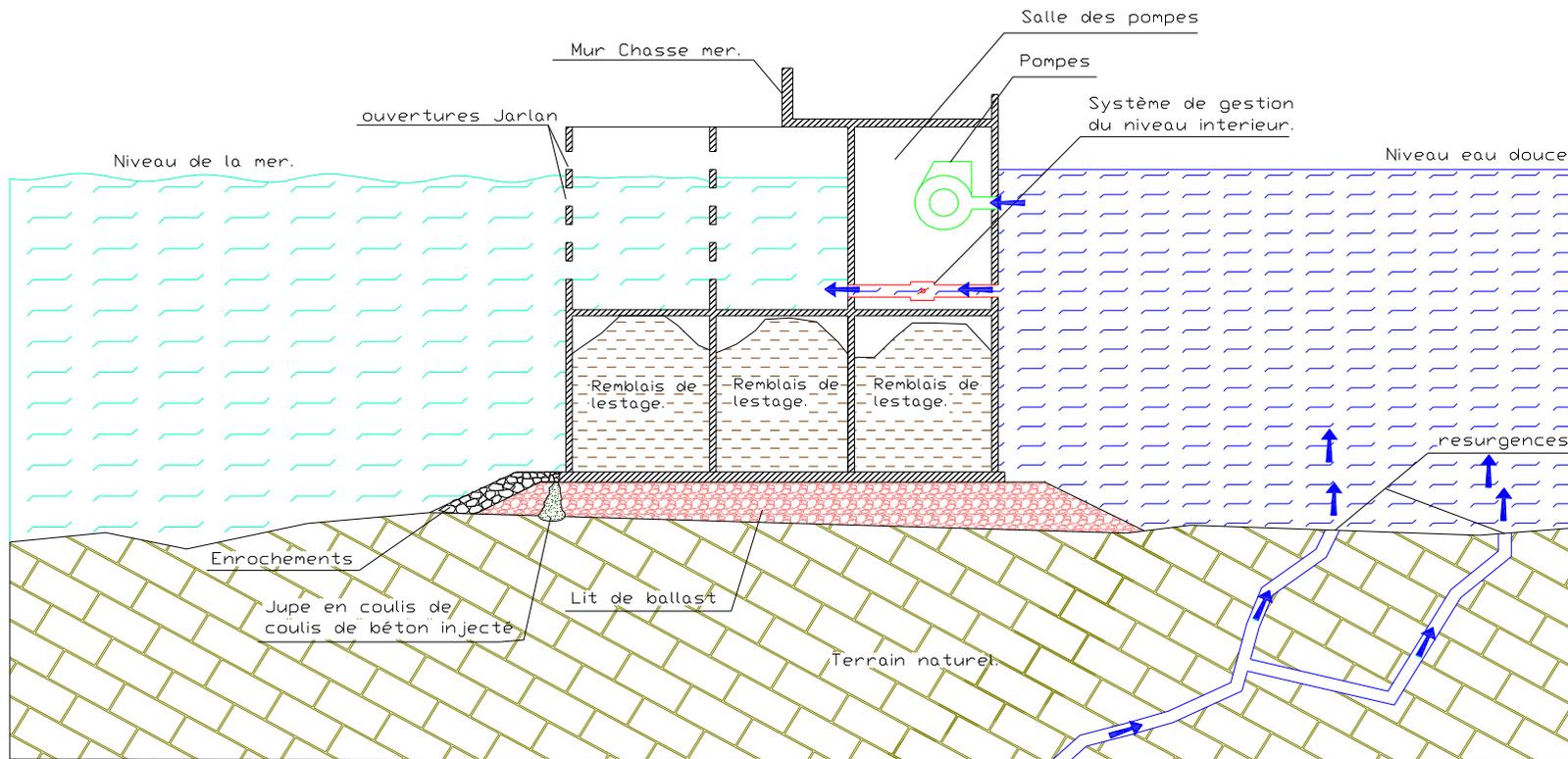
CONSTRUCTION DE L'ENCEINTE DE CAPTAGE

Les fonctions principales de l'ouvrage sont les suivantes :

- ❑ création d'un bassin tranquillisé de forme circulaire ou oblong, le design des caissons peut s'adapter à toutes les formes de résurgence ;
- ❑ captage de la résurgence ;
- ❑ accueil des installations techniques, gestion des niveaux d'eau intérieurs, et pompage de l'eau douce ;
- ❑ protection du bassin contre la houle (stabilité de l'ouvrage et franchissement) ;
- ❑ circulation sur l'ensemble de l'enceinte ;
- ❑ accueil des bateaux de service.



CONSTRUCTION DE L'ENCEINTE DE CAPTAGE



COUPE DE PRINCIPE DE L'INSTALLATION
AU NIVEAU D'UN CAISSON.



Beterson Water International

Beterson Water International maîtrise la seule technologie au Monde capable de capter l'eau douce des résurgences sous-marines en mer



Anavalos, Grèce - seule exploitation au monde - **900'000 m³** d'eau douce par jour

Les résurgences d'eau douce en mer constituent une ressource inexploitée et inépuisable. Plus de 30 Milliards de m³ d'eau douce se perdent chaque année en Méditerranée faute d'être exploités.

Carte des principales zones de résurgences en Méditerranée



83

En partenariat avec le BRGM, nous avons identifié plus de **4'000** résurgences d'eau douce exploitables en Méditerranée



Beterson Water International

Notre Compagnie

Depuis sept années, **BETERSON WATER INTERNATIONAL (BWI)** a rassemblé l'intégralité des compétences nécessaires à l'analyse, la compréhension et l'exploitation des ressources d'eau douce d'origine karstique en mer et océans. Depuis la recherche Universitaire fondamentale et appliquée jusqu'à la maîtrise des techniques hydrauliques et de génie civil sous-marin.

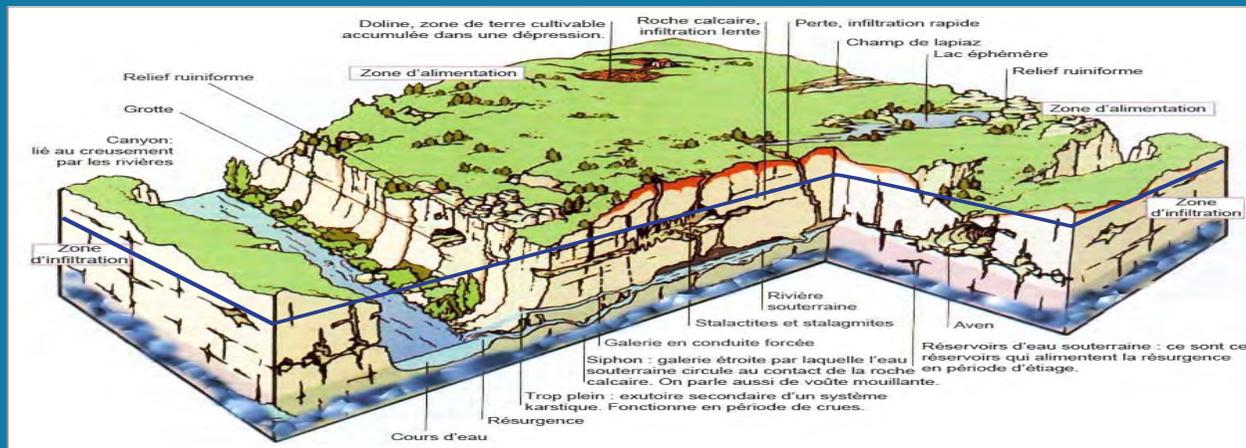
Notre histoire

C'est en Grèce, en partenariat avec l'Université et l'Institut Polytechnique d'Athènes, que BWI a développé ses compétences avec l'aide de Mme Papadimitriou, Vice-Présidente du Parlement, élue de la circonscription où se trouve la seule résurgence en exploitation dans le monde depuis 40 ans, et à partir de l'analyse du barrage d'Anavalos.

BETERSON WATER INTERNATIONAL a obtenu la qualification de bureau d'étude, spécialisé dans la recherche, la qualification et le captage des ressources en eau douce sous-marines.

Les sources d'eau douce sous-marines sont connues depuis l'antiquité :

Depuis l'antiquité les résurgences d'eau douce en mer sont connues. Strabon les évoques dans sa relation du siège de Tyr, autant que les phocéens qui s'y fournissaient à l'aide d'amphores. De même dans les récits des pêcheurs marocains autant que ceux des marins arabes en Méditerranée et en Mer Rouge et de tous les peuples de pays côtiers en manque d'eau, on observe les tentatives de récupération de l'eau douce, par des techniques rudimentaires sans toutefois en maîtriser la méthode.



Explication géologique du cycle de remplissage naturel des Karstes



Beterson Water International

Le Liban

Grâce à l'identification, la qualification et la quantification des principales résurgences libanaises, BWI.- seul Bureau d'Etude apte à définir la faisabilité technique et financière de la captation d'une résurgence d'eau douce en mer - a obtenu la reconnaissance de ses savoir-faire par le Ministère de l'Energie et de l'Eau du Liban et par l'Union pour la Méditerranée.

Pays dans lesquels BWI a effectué des recherches de repérage et de pré-qualification des sources sous-marines :

Algérie	Annaba, Bejaia, Boumeres, Cherchell, Ghazaouet, Jijel, Oran, Skikda, Ténès
Chypre	Limassol, Paphos
Grèce	Argos, Anavalos 2, Kiveri, Korfos, Stupa 2, Stupa
Italie	Cefallu, Naples, Palerme
Jordanie	Golfe d'Accaba, Mer Morte
Liban	Chekka, Batroun, Naqoura, Tyr
Lybie	Ben Ghazi-Ain Zayanah
Malte	Birzebbuga, Sliema
Maroc	Agadir, Al Hoceima, Casablanca, Dakhla, El Jadida, Nador,
Syrie	Lattaquié, Banias
Tunisie	Baie de Gabes, Tabarka
Turquie	Côtes Sud et Sud-Est



Résurgence de Chekka Liban

Plongeurs de BWI sur site, lors de l'étude de la qualification de résurgence

Nos recherches scientifiques

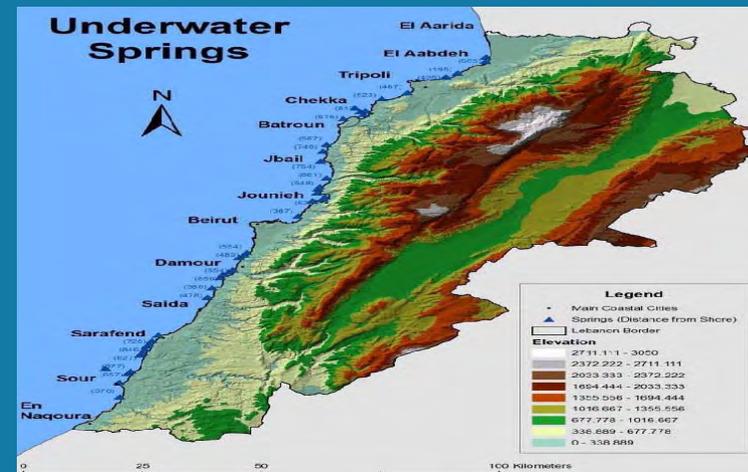
BWI a prévu la construction d'un laboratoire de recherche et d'application.

Captage d'eau douce en mer: Ressource la plus respectueuse de l'environnement.

1. Aucun rejet polluant en mer
2. Captage uniquement de l'eau douce qui se déverse naturellement en mer

L'eau d'origine karstique est à l'abri de toutes pollutions atmosphériques ; de plus son captage se limite à l'eau qui se déverse naturellement en mer ; aucun risque de provoquer un épuisement de la ressource ; cette ressource respecte parfaitement le cycle naturel de l'eau.

La méthode de captage de BWI est naturelle et nos technologies sont les plus valeureuses en terme d'empreinte carbone et d'absence total de pollution par rejet dans la mer.



Carte des résurgences, côtes Libanaises



Beterson Water International

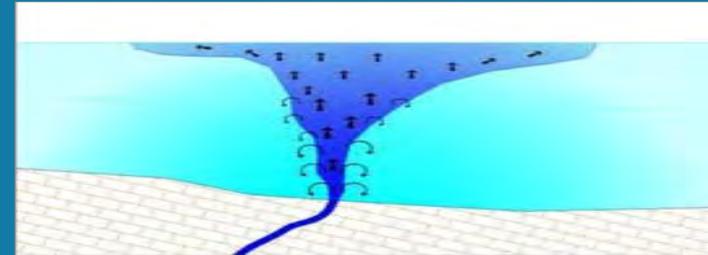
En écoulement naturel, l'eau douce et l'eau salée ne se mélangent pas. Leurs masses, viscosités et températures différentes l'empêchent. Seul le choc de l'eau douce avec l'eau saline conduit au mélange.

La technologie promue par BWI évite le mélange par le confinement de la résurgence lors de sa sortie naturelle sous-marine.

Pour parvenir à la construction d'un barrage de confinement spécifiquement adapté à chaque source d'eau douce en mer, BWI étudie la source sous-marine sur une période annuelle, ce qui permet de définir les paramètres de qualité et de quantité d'eau produite et de définir les technologies les plus efficaces pour réaliser le captage de la résurgence, à un coût économique optimisé.



Laboratoire permettant de reproduire les résurgences étudiées et qualifiées pour modélisation des installations

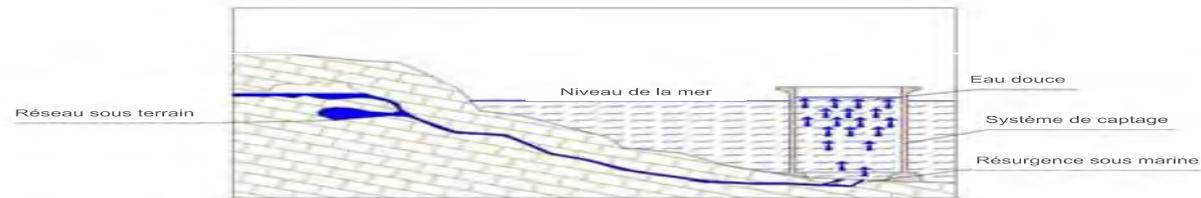


Jet et panache de sortie d'eau douce sous la mer



Barrage provisoire de confinement

Principe de la méthode de captage



Captage en mer par confinement

1. Nécessité d'une barrière physique entre l'eau douce et l'eau de mer
2. Contrainte impérative de ne pas rompre l'équilibre naturel de l'écoulement

- Mise en oeuvre d'une enceinte étanche avec contrôle des sorties
- Contrôle du niveau d'eau douce pour reproduire la charge hydraulique naturelle
- Enceinte suffisamment large pour laisser s'épanouir le jet en sortie



Beterson Water International

Les Femmes et les Hommes qui ont fait BWI

Professeur Ilias Mariolakos
Géologue de l'Université d'Athènes

Professeur Ioannis Funtoulis
Hydrogéologue de l'Université d'Athènes

Professeur Evangelos Pissias
Economiste de l'eau, Spécialiste de la
Méditerranée à l'Institut Polytechnique d'Athènes

M. Jean-François Deste
Ingénieur maîtrise d'œuvre

Dr David Lajoie
Docteur Ingénieur en Génie Maritime et
Hydrodynamique

M. Pierre Louis
Ingénieur Expert en Génie Maritime et Portuaire

M. Patrick Vurpillot
Ingénieur Travaux Public Maritime, Scaphandrier

M. Olivier Albert
Chef Plongeur Expert, Spécialiste en
Génie Civil Maritime

M. Christian Francis
Plongeur diplômé, Expert en Plongée

M. Denis Tolman
Chef Expert travaux sous-marins :
Directeur Recherche et développement

M. Jean-Paul Bernier
Etudes et réalisation de travaux subaquatiques

M. Nabil Laradh
Ingénieur en Génie Civil Maritime, Chef de Projets

M. Olivier Toletti
Directeur administratif et financier

Mme Katia Maurizio
Directrice administrative et communication

Liza, Nina et Sophia
Secrétariat et rédaction



Nicolas J. Remy-Hurst
Président-Fondateur, Directeur Général





Beterson Water International

Les partenaires de BWI

Université d'Athènes
Institut Polytechnique d'Athènes
Riviera Business Center S.A. Montreux - Suisse
NJRH Management LTD : UK
Eurofilet : Monaco
Seamar Engineering : France
Lebanon Divers : Liban
Kalitat Group : France
ProMinent Group : Allemagne
SAROST SA: Tunisie
ETRHB: Algérie
LEM : Algérie
TMSA/TMPA : Maroc
Gaston Design - Suisse
Mme Carole Burkardt
Graphiste Indépendante, Design, Création

Les autorités qui reconnaissent les travaux de BWI

Union Pour la Méditerranée
Réseau Méditerranéen des Organismes de Bassin
BRGM - Bureau de Recherches Géologiques et Minières
Ministère Libanais de l'Energie et de l'Eau
Vice-Présidence du Parlement Hellénique
Force d'Interposition des Nations-Unies au Liban

Comité d'Ethique

M. Michel BARAT
Recteur de l'Académie de Corse
Chancelier des Universités

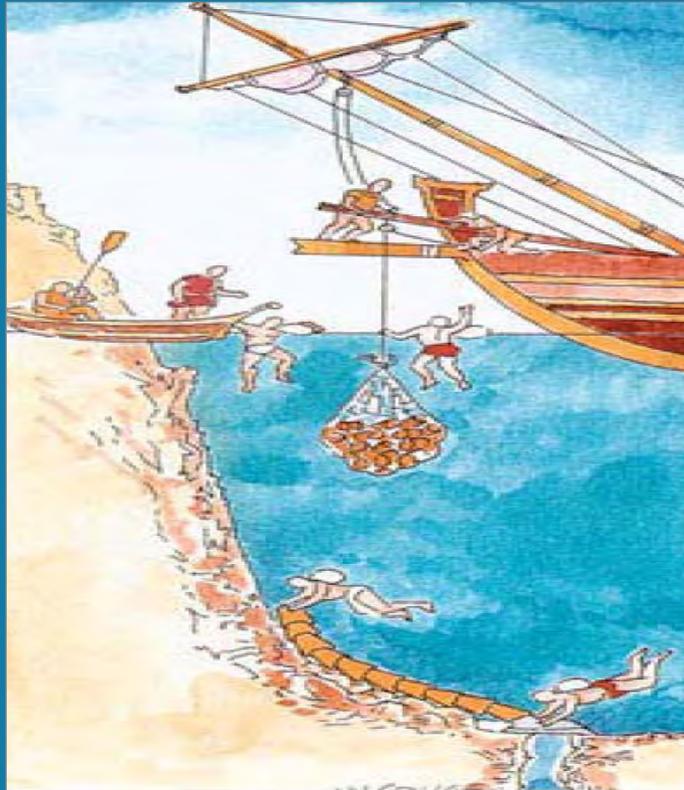
Dr Fadi Georges COMAIR
Président du REMOB

M. Hervé LAINE
Président de l'Académie d'Ethique

Mme Elsa PAPADIMITRIOU
Vice-Présidente du Parlement Grec

M. Gilles PENNEQUIN
Responsable du développement durable à la mission Interministérielle de l'Union Pour la Méditerranée auprès de la Présidence de la République Française

M. Pierre ROUSSEL
Président de l'Office International de l'Eau,
Président de la Commission Permanente des Ressources Naturelles au Conseil Général de l'Environnement du Développement Durable,
Vice-Président délégué de l'Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles



Beterson Water International

Beterson Water International LTD - Office Montreux - Grand'Rue 92 / 3^{ème}
CP 1526 - 1820 MONTREUX 1 - Suisse
Tél. +41 21 966 55 25 - Fax: +41 21 966 55 69
betersonwater@bluewin.ch