

Sauvons le climat - Université d'été
Biomasse, Chauffage, Stockage de l'énergie

L' Aber Wrac'h 7-8 Septembre 2012

Les STEP marines et leur avenir

JP Vigny (Hydrocoop)

Sommaire

Les besoins de Stockage

- 1 - Les besoins d'énergie.
- 2 - Les besoins de stockage de l'électricité.
- 3 - Les besoins de stockage par STEP.

La réponse par les STEP marines

- 4 - Les différents types de STEP. Les STEP marines.
- 5 - La STEP marine d'Okinawa.
- 6 - Le projet de STEP marine à la Guadeloupe.
- 7 - Les possibilités de STEP marines dans le nord de la France.
- 8 - Les possibilités de STEP marines en Bretagne.
- 9 - Conclusion et avenir des STEP marines.

1 – Les besoins d'énergie

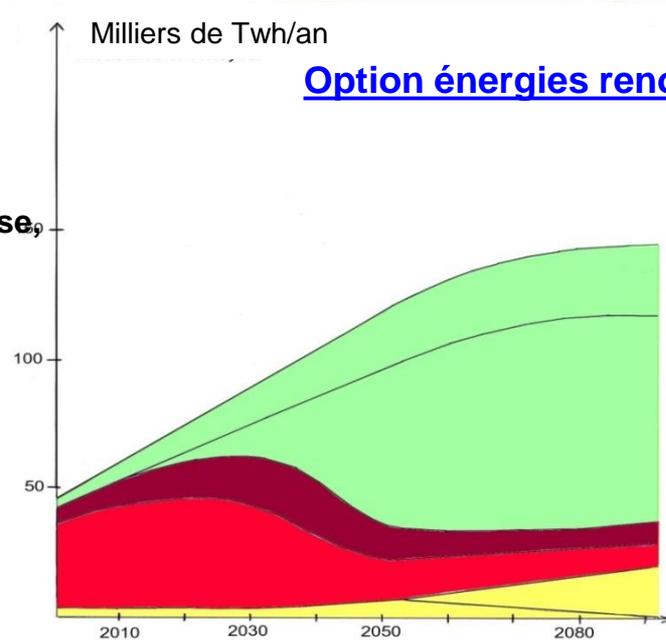
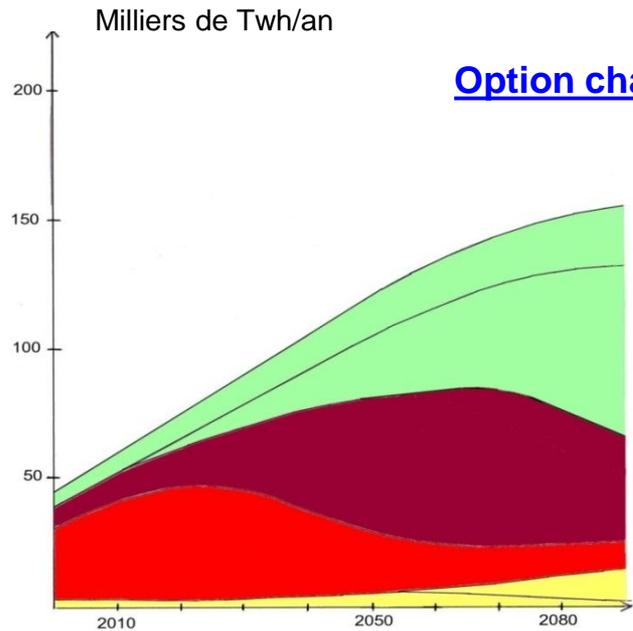
L'énergie « primaire » consommée dans le monde est actuellement d'environ 12 milliards de T.E.P soit environ 150.000 Twh/an pour 7 milliards d'habitants.

Environ 60% sont perdus (centrales électriques, moteurs de véhicules, feux de bois etc.) de sorte que la véritable consommation annuelle (énergie « utile ») est de l'ordre de 60.000 Twh/an : 30.000 per capita pour 1 milliard de personnes dans les pays industrialisés et une moyenne de 5.000 pour les 6 milliards restants.

Dans les cinquante ans qui viennent, on peut penser que la population passera de 7 à 9 milliards. En admettant une consommation future per capita de 25.000 Kwh pour 1 milliard et de 12.000 Kwh pour 8 milliards, les besoins en énergie seraient de l'ordre de 120.000 Twh/an vers le milieu du siècle avec un maximum de 150.000 à la fin du siècle.

La part du pétrole et du gaz devrait diminuer par manque de ressources. Ceci pourra être à peu près compensé par une augmentation de l'énergie en provenance de la biomasse, de la géothermie et de l'hydraulique. Les besoins supplémentaires (60.000 Twh/an) seraient alors couverts par une utilisation accrue du charbon ou par l'éolien et le solaire :

Deux options pour répondre aux besoins futurs



2 – Les besoins de stockage de l'électricité

L'électricité représente actuellement un tiers des besoins totaux en énergie soit 20.000 Twh/an sur 60.000. Au milieu du siècle, l'électricité représentera probablement deux tiers de 120.000, soit 80.000 Twh/an (correspondant à une puissance installée de 9.000 Gw), parce que la plupart des sources d'énergie seront utilisées via l'électricité et que ceci sera économiquement rentable.

Dans l'option "énergies renouvelables", le problème crucial reste le caractère intermittent de l'éolien et du solaire et donc la nécessité du stockage. A cette demande de stockage, qui ira en croissant au fil du développement des énergies renouvelables, s'ajoute celle, déjà importante, liée à l'équilibre à rechercher entre l'offre et la demande (creux et pointe), à la nécessité de pouvoir garantir la production de pointe et à l'importance de faciliter l'intégration au réseau des diverses sources de production.

Dans le cas d'une zone ventée avec intermittence, la capacité de stockage peut représenter environ 80 % de l'énergie moyenne fournie. Ce chiffre serait inférieur dans le cas d'un réseau associant le photovoltaïque au vent et encore plus bas dans le cas de l'énergie solaire concentrée (paraboles ou miroirs). Il serait également inférieur dans le cas du nucléaire ou de l'hydraulique au fil de l'eau.

On peut donc estimer que le besoin maximum de stockage est de l'ordre de 50 % de l'énergie électrique moyenne fournie, soit donc, au milieu du siècle, d'environ 50 % 9.000 Gw = 4.500 Gw.

3 – Les besoins de stockage par STEP

Une partie de ce stockage de 4.500 Gw peut être réalisée par:

- L'augmentation de la capacité des retenues des barrages (solution très économique),
- Des solutions diverses (Air comprimé, Hydrogène, Thermique, Batteries, etc.),
- Les "Smart grids" (yc batteries de voitures et tarifs variables),

mais les STEP (Système de Transfert d'Énergie par Pompage) restent actuellement le meilleur moyen pour réaliser des stockages à grande échelle, à des coûts relativement faibles. et avec une grande souplesse et grande rapidité d'intégration au réseau.

Le transport à longue distance permettant de réduire encore les besoins, un besoin de l'ordre de 1.500 à 3.000 Gw de STEP paraît un chiffre raisonnable à atteindre pour le milieu du siècle. En 2030, le besoin devrait rester inférieur à 1.000 Gw dans la mesure où la part des énergies fossiles ne devrait pas avoir encore beaucoup diminué.

Dans le monde, il y a un peu plus de 400 STEP en opération ou en construction totalisant 150 Gw, soit une capacité moyenne d'environ 400 Mw (de 50 à 2.000).

La capacité mondiale des STEP représente environ 6 % de la production moyenne d'électricité (150 Gw pour 2.500 Gw) mais ce pourcentage atteint 10% dans les régions montagneuses et même 20% au Japon.

Le besoin de STEP nouvelles est donc très important. Des progrès considérables ont été réalisés en ce qui concerne les pompes et turbines (réversibilité, automatisation, prix de revient), **le problème reste de trouver de sites adéquats.**

4 – Les différents types de STEP

Rappel: Le stockage de 1 Kwh demande un volume d'eau V (m^3) et une chute H (m) tels que le produit $H \times V$ soit voisin de 400.

4-1. Les STEP en zone montagneuse

C'est le type de STEP actuellement le plus répandu.

Elles opèrent sous des charges de 100 m à 500 m, certaines de 1.000 m. Les réservoirs sont en général créés par des barrages sur des rivières. Dans certains pays comme la Norvège, des lacs naturels à des attitudes différentes peuvent être utilisés.

Les coûts d'investissement varient entre 1.000 et 5.000 \$/Kw suivant les sites, les conditions économiques et les heures de stockage. Ils peuvent être plus importants pour les STEP de petite capacité.

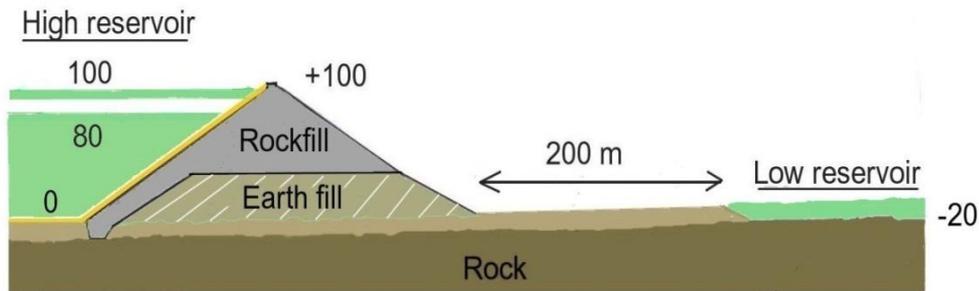
De grandes hauteurs de charge réduisent les coûts des usines mais nécessitent en général des tunnels de grande longueur coûteux et qui augmentent les pertes de charge. Le coût des équipements est en général inférieur à celui du génie civil.

Malheureusement, de nombreux pays ont peu de zones montagneuses ou celles-ci sont très éloignées des sites de consommation ou posent des problèmes d'acceptation sociétale. Par ailleurs, les meilleurs sites ont déjà souvent été équipés dans les pays industrialisés (Cas de la France).

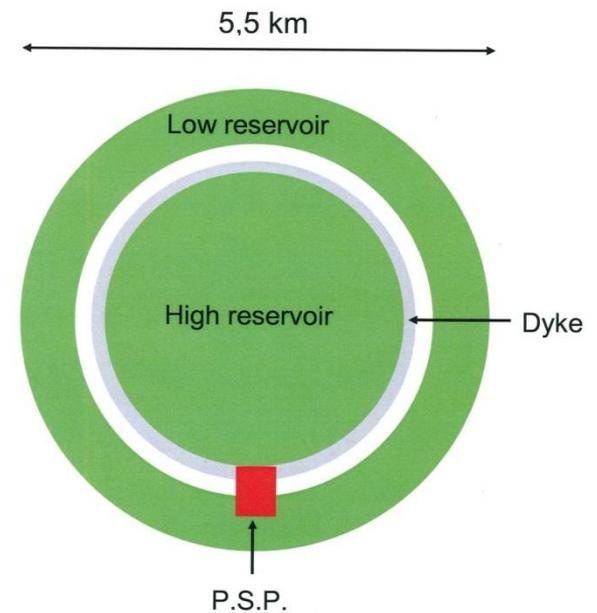
4-2 Les STEP en zones plates

Pour remédier à l'absence de zones montagneuses ou pour s'affranchir des contraintes de site, des études ont été entreprises sur des STEP souterraines (UPHS: Under ground Pumped Hydro Storage), le réservoir bas étant constitué par des cavernes creusées sous terre.

Une autre solution pourrait consister à créer des réservoirs à ciel ouvert entièrement artificiels par la construction de digues :



Coupe transversale



Vue en plan

Une STEP typique de 3 Gw (et 50 Gwh) en zone plate pourrait comprendre:

- Un bassin haut circulaire de 10 km² (3,5 km de diamètre) fermé par une digue de 100 m de hauteur. La longueur de la digue est de 11 km et le volume de matériaux correspondants (enrochements et terre) d'environ 200 millions de m³. (Des centaines de barrages en terre ou en enrochements de plus de 100 m de hauteur sont construits dans le monde dans des conditions plus difficiles).
- Un bassin bas, annulaire autour du bassin haut, de 15 km de long, 700 m de large et 20 m de profondeur; Les matériaux en provenance de son excavation peuvent être utilisés pour les digues du bassin haut.
- Une ou plusieurs usines travaillant entre 80 et 100 m au dessus du terrain naturel et 0 et 20 m en dessous du terrain naturel, soit sous une charge comprise entre 80 m et 120 m.

La construction des digues est beaucoup plus facile que pour un barrage traditionnel et peut être réalisée avec des équipements de mine à ciel ouvert.

4-3 Les STEP marines

Celles-ci se caractérisent par l'utilisation de l'eau de mer comme liquide et de la mer comme réservoir bas (très exceptionnellement comme réservoir haut).

De ce type encore peu développé, on peut citer la STEP d'Okinawa (Japon) avec une charge de 150 m et l'usine de La Rance (France) utilisée principalement pour la génération mais qui présente une capacité de pompage d'environ 200 Mw sous quelques mètres de charge.

On peut distinguer 3 principaux types d'aménagements suivant leur implantation:

- Entre terre (falaise ou côte escarpée) et mer: Réservoir haut à terre.
- Adossé à la falaise : Réservoir haut en bordure de mer.
- Totalement en mer : Réservoir haut au large.

Avantages

- Possibilité d'implantation hors des zones montagneuses.
- Pas de besoin de prélèvement d'eau en rivière ou en lac.
- Circuits hydrauliques courts permettant éventuellement de les doubler sans coût excessif(séparation possible entre pompe et turbine).

Inconvénients

Les STEP marines doivent tenir compte d'un certain nombre de contraintes parmi lesquelles:

- La possible corrosion des matériaux en contact avec l'eau de mer.
- Le risque de réduction de rendement des pompes et turbines par collage d'organismes marins.
- La nécessité d'assurer des eaux calmes à la sortie coté mer pour stabiliser la production.
- Le respect de l'environnement marin (animaux, plantes, coraux).
- Dans le cas des STEP avec réservoir haut à terre, le respect de l'environnement terrestre y compris la mise en place de mesures destinées à éviter la pollution par l'eau de mer des sols et des nappes souterraines d'eau douce.

5 - La STEP marine d'Okinawa (Japon)

Il s'agit d'un aménagement expérimental entre terre et mer de 30 Mw pour 150 m de chute.

La construction s'est achevée en 1999 et a fait l'objet d'un suivi détaillé pendant 5 ans avant autorisation d'exploitation commerciale en 2004.

Cette procédure a permis de vérifier, avant la mise en exploitation, l'efficacité des diverses mesures prises pour tenir compte des contraintes mentionnées précédemment.

Le réservoir haut, situé à 600 m de la côte, est octogonal et borné par des digues de 25 m de hauteur. La prise d'eau, de type « tulipe », est située dans le fond du réservoir.

L'étanchéité est assurée par une membrane EPDM (Ethylène Propylène Diène Monomère) qui s'est parfaitement comportée depuis 13 ans.

Pour préserver l'environnement, les conduites forcées, l'usine et le canal de fuite sont entièrement souterrains.

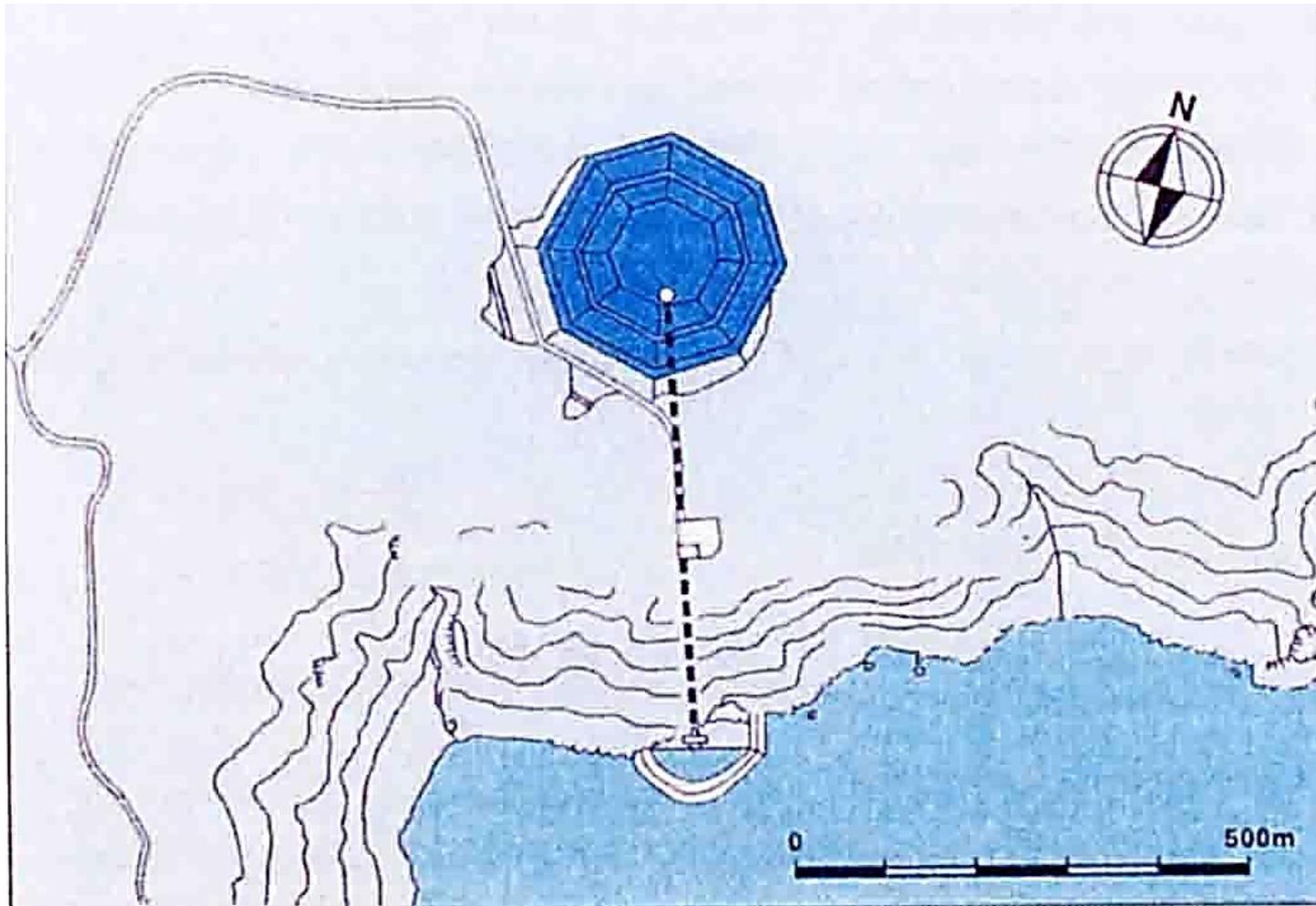
Un brise lames limite l'ouvrage de restitution.

(Schémas et photos pages suivantes: Electric Power Development Co (J.Power) et Ingérop)

← 250 m →



Vue d'ensemble de l'aménagement



Plan d'ensemble

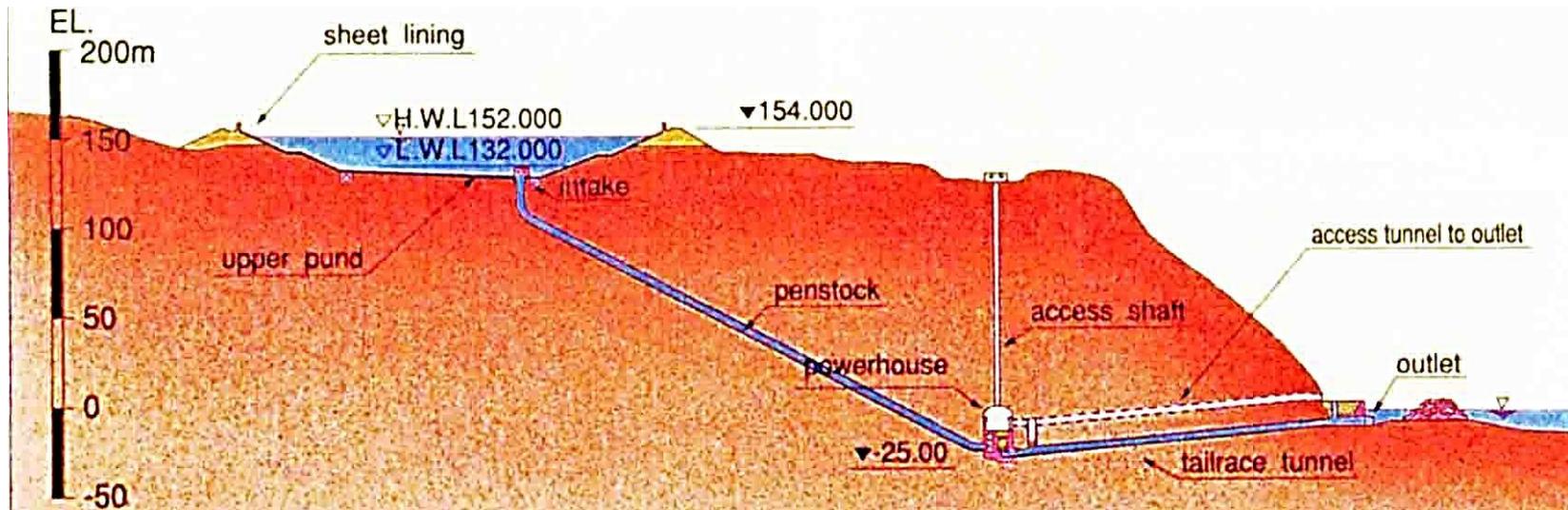
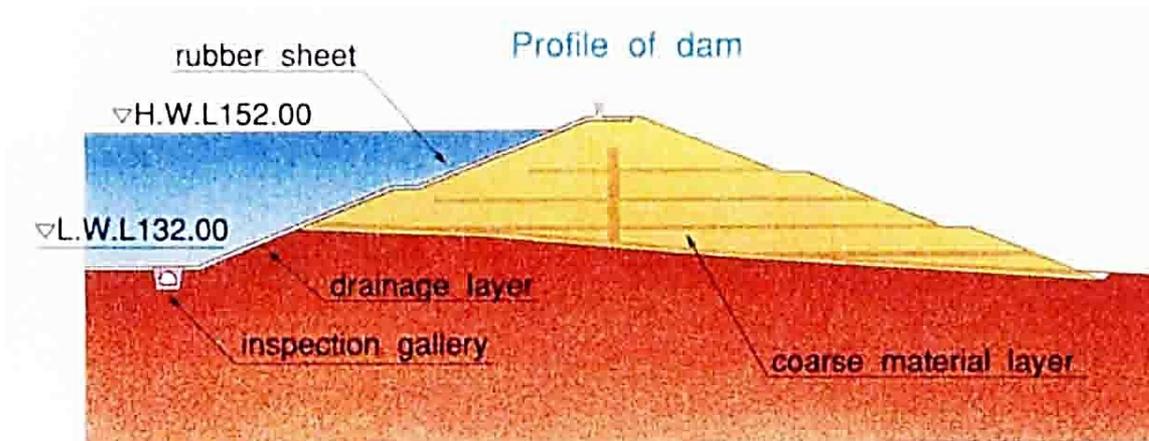
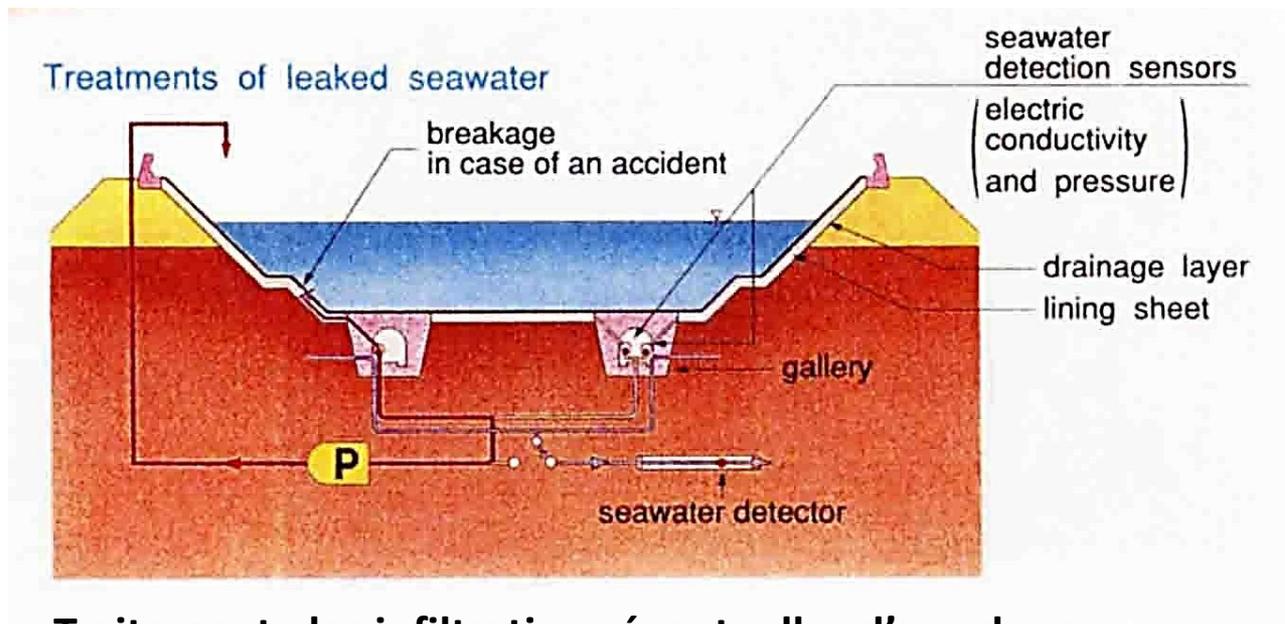


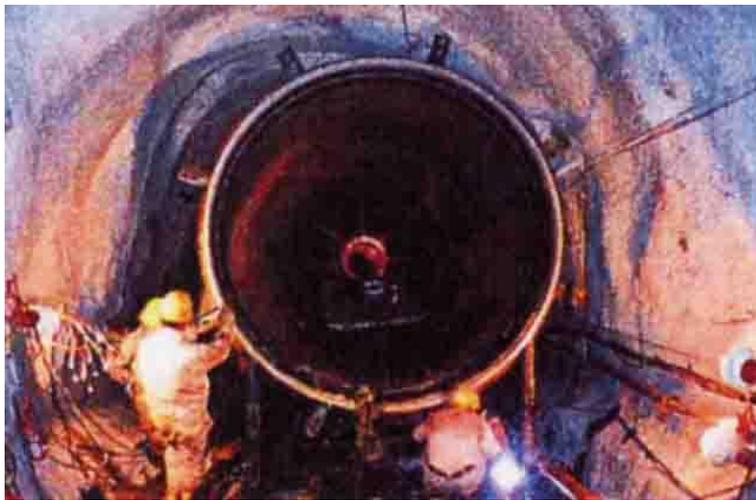
Schéma hydraulique



Profil d'une digue



Traitement des infiltrations éventuelles d'eau de mer

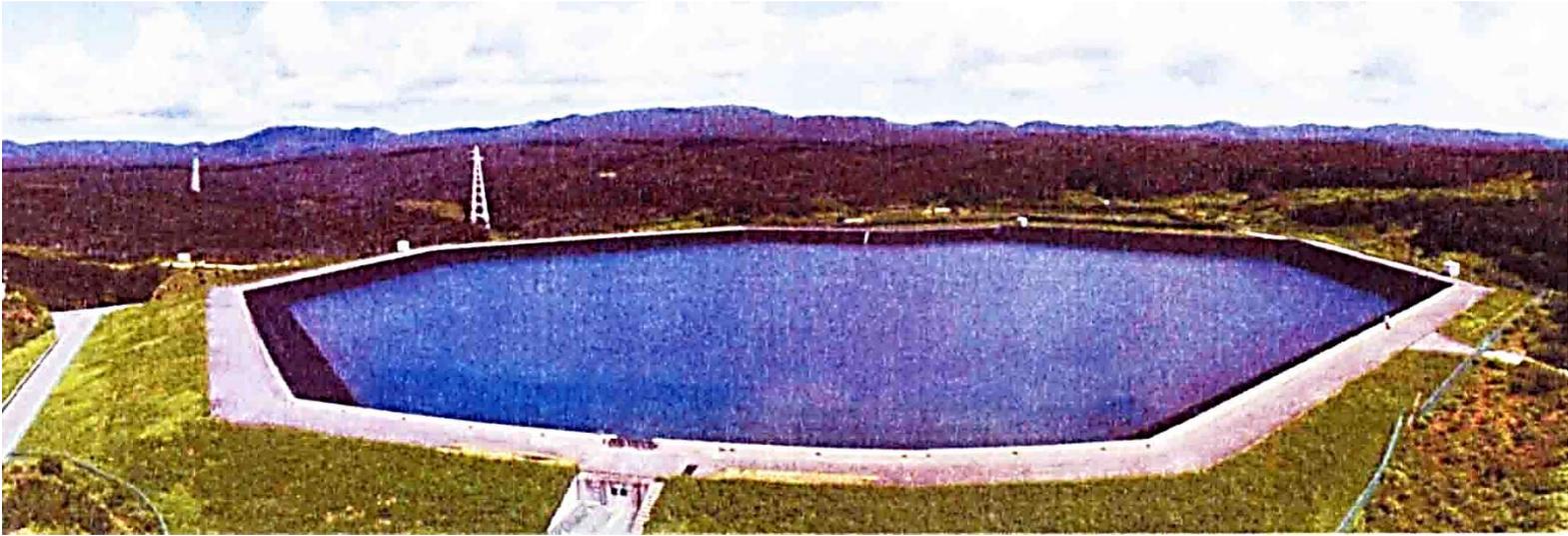


Mise en place des conduites forcées

25/06/2012



Dispositif de drainage



Aspects du bassin supérieur





Ouvrage de restitution et brise lames

Principales caractéristiques de la STEP d'Okinawa

Réservoir haut

Cote du niveau d'eau maximum	152	m
Cote du niveau d'eau minimum	132	m
Variation de hauteur d'eau	20	m
Surface du réservoir	5	ha
Capacité de stockage	0,56	10 ⁶ m ³
Hauteur des digues	25	m
Longueur des digues	848	m
Volume des digues	420 .000	m ³

Conduites

Conduites forcées (Ø 2,4 m)	314	m
Galerie de fuite (Ø 2,7 m)	205	m

Production

Charge effective	136	m
Débit maxi	26	m ³ /sec
Puissance	30	Mw
Stockage	180	Mwh

6 – Le projet de STEP marine en Guadeloupe

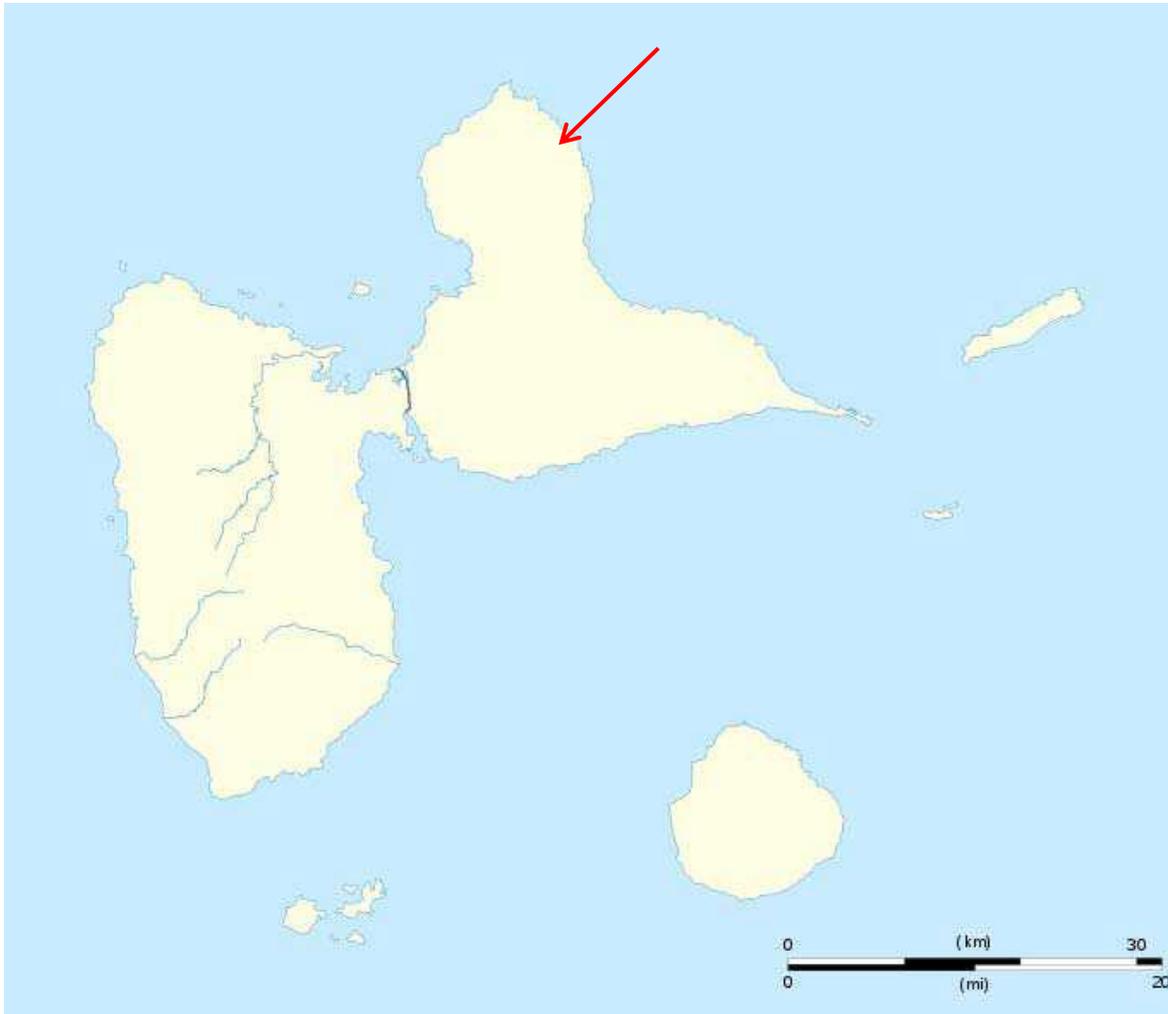
(D'après informations et documents fournis par EDF/Ingérop)

Une récente législation française applicable aux systèmes insulaires limite à 30 % le taux de pénétration des énergies intermittentes dans le réseau. C'est une raison de plus pour développer des STEP sur les Iles.

Après examen de sites possibles en Guadeloupe, en Martinique ou à la Réunion, un site a été retenu en Guadeloupe pour la construction d'un aménagement pilote sous forme de STEP marine entre terre et mer de 50 Mw stockant 1 Gwh, ayant pour buts principaux:

- Lisser les pointes et réduire la consommation de combustibles fossiles.
- Limiter les arrêts/démarrages des groupes thermiques.
- Pallier des ruptures de production d'énergies intermittentes par un report sur plusieurs jours.
- Lisser la production intermittente et permettre son développement au-delà des 30 %.
- Améliorer qualité et sécurité du réseau.

Le projet décrit ci-après correspond à une étude très préliminaire et peut encore beaucoup évoluer.



Implantation au nord-est de l'île de Grande Terre

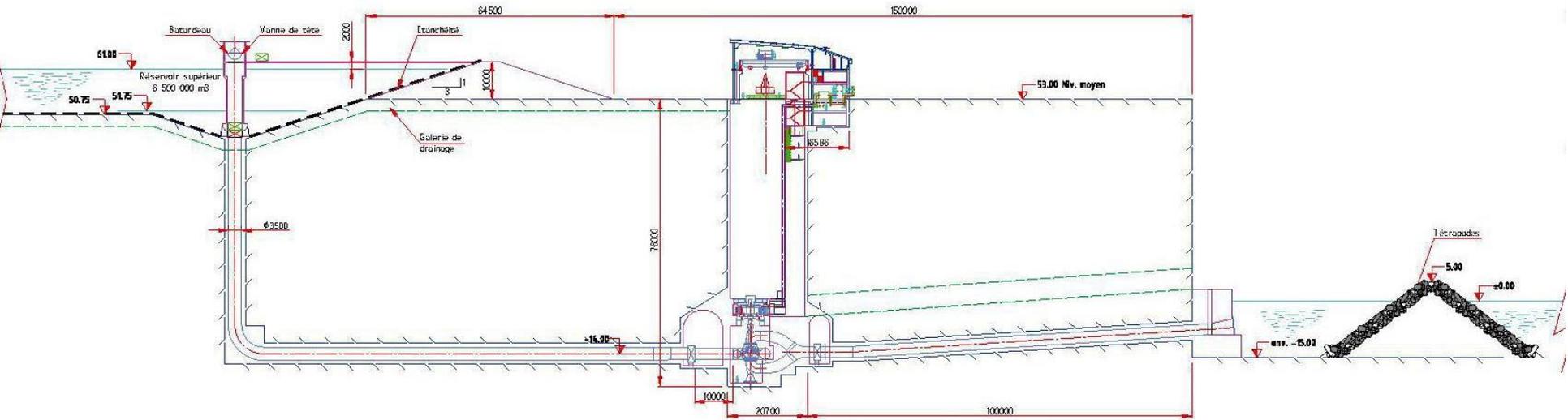


Divers aspects du site





Implantation du réservoir supérieur



Coupe longitudinale

Coupe horizontale
au niveau de l'usine

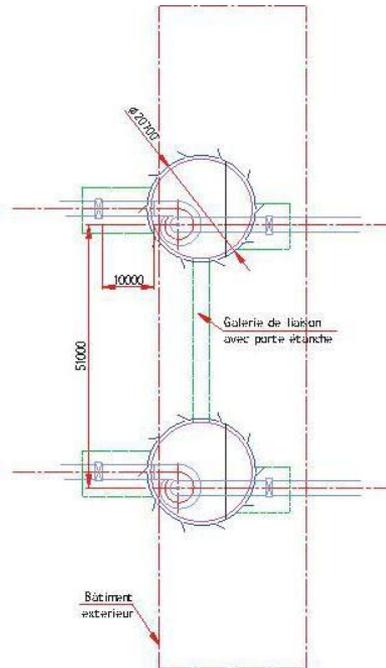


Schéma de principe
(étude préliminaire)

Principales caractéristiques

(dans l'état actuel de l'étude préliminaire)

Réservoir haut

Cote du niveau d'eau maximum	61	m
Cote du niveau d'eau minimum	52	m
Variation de hauteur d'eau	9	m
Emprise du réservoir	90	ha
Capacité de stockage	6,5	10 ⁶ m ³
Hauteur des digues	10	m

Conduites et Puits

Puits haute pression	(Ø 3,5 m)	2 x 57,5	m
Galeries haute pression	(Ø 3,5 m)	2 x 122	m
Galeries de fuite	(Ø 3,5 m)	2 x 94	m

Excavations

Usine	2 x 5.500 =	11.000	m ³
Rameaux haute pression	2 x 4.500 =	9.000	m ³
Rameaux basse pression	2 x 2.500 =	5.000	m ³
Puits	2 x 26.000 =	<u>52.000</u>	m ³
Total		77.000	m ³

Production

Deux groupes turbine/pompe

Chute brute 50/61 m

Puissance 50 Mw

Stockage 1 Gwh

Calendrier

- 1er trimestre 2012 : Reconnaissances de terrain
- 1er semestre 2012 : Etudes de faisabilité
- Année 2012 : Montage financier
- 2012 – 2014 : Etudes et développement dont autorisations administratives
- 2015 – 2017 : Construction
- 2018 : MSI puis suivi technique et environnemental



Photo montage du réservoir supérieur

7 – Les possibilités de STEP marines dans le nord de la France

(F.Lempérière: Lacs Emeraude, avril 2010)

Des possibilités de STEP marines existent dans le Cotentin et le Pas-de-Calais, mais le pays de Caux (haute Normandie et Picardie) est particulièrement favorisé par

- Sa position: Proche des sites nucléaires de Paluel ou Penly, elle permet le stockage facile d'énergie nucléaire et l'utilisation des couloirs de lignes électriques existants.

Un développement important de l'éolien offshore est prévu dans cette zone, par ailleurs à quelques centaines de kilomètres de Bruxelles, Rotterdam et Essen,

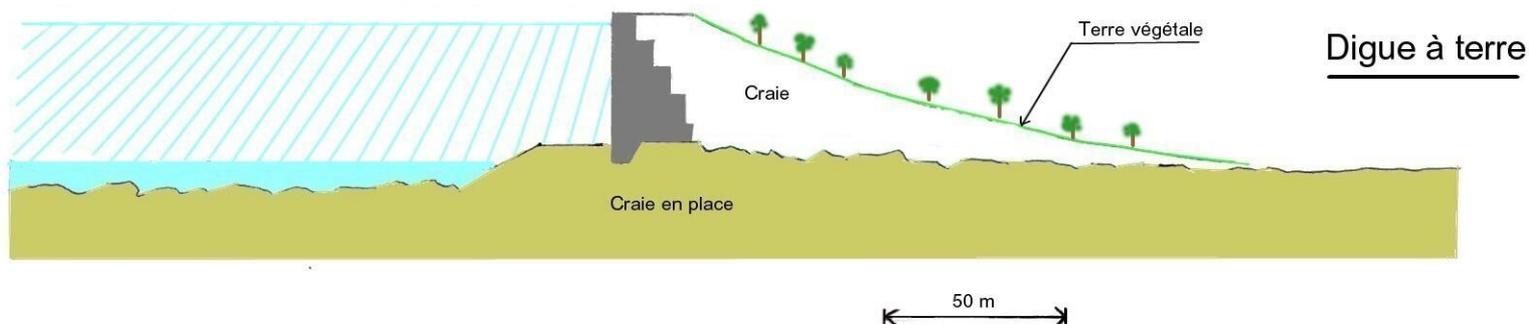
- Sa topographie: Ne nécessite pas de tunnels ou se contente de tunnels très courts.
- et Sa géologie: Craie imperméable.

Trois solutions sont en général possibles:

- Site terrestre (bassin haut à terre).
- Site en mer adossée à la falaise (bassin haut en bordure de mer), élargi ou non par une partie terrestre.
- Site totalement en mer (bassin haut au large).

7.1 - Sites terrestres

- Les bassins hauts envisagés sont implantés sur des zones pratiquement sans habitations ni espaces boisés.
- Le terrain est 80 à 100 m au-dessus de la mer.
- Les bassins peuvent être exploités avec un marnage de 40 m dont 30 m au-dessus du terrain actuel et permettent de stocker environ 10 Gwh/km².
- Les digues, adossées à un mur en béton compacté coté bassin, auraient le profil suivant:

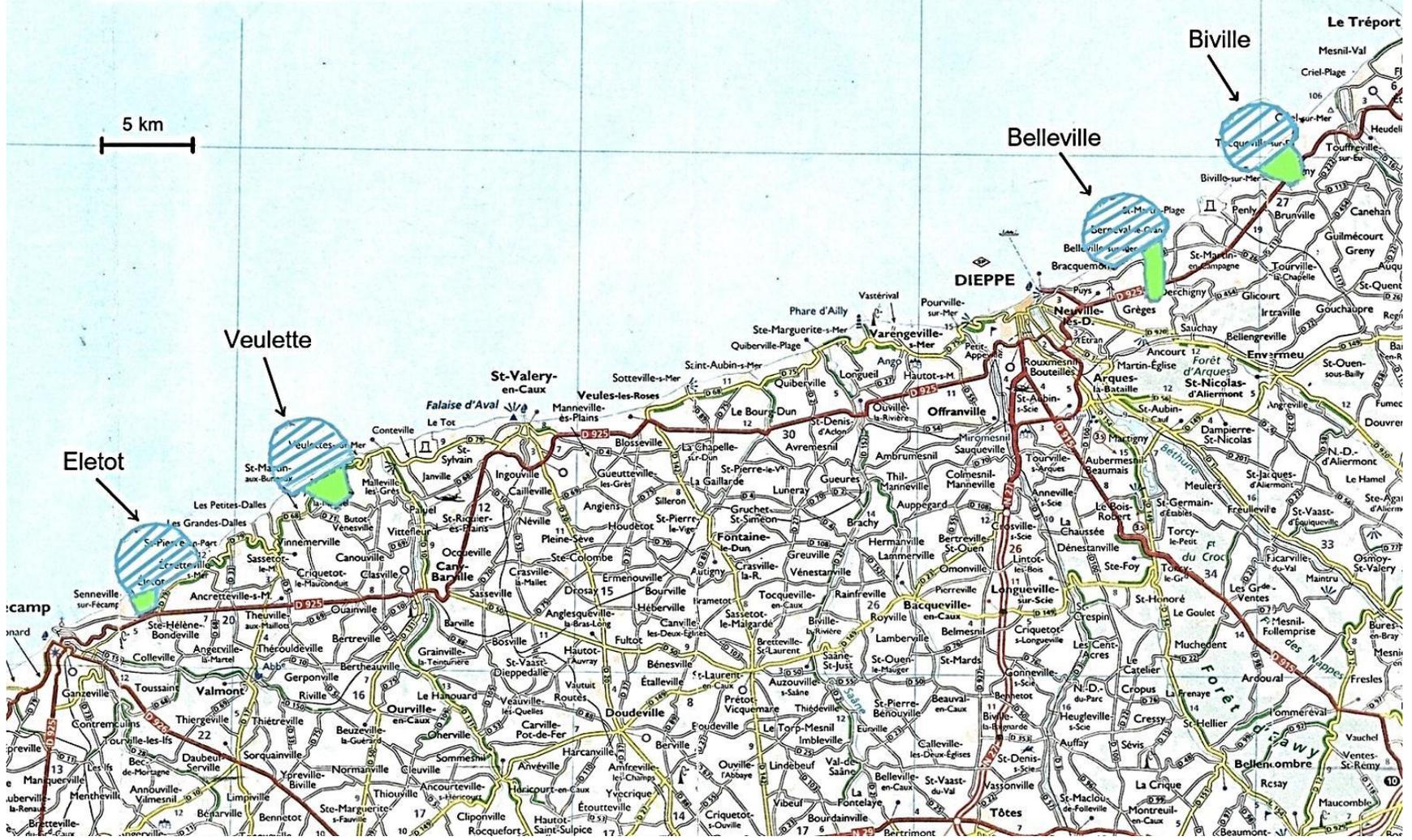


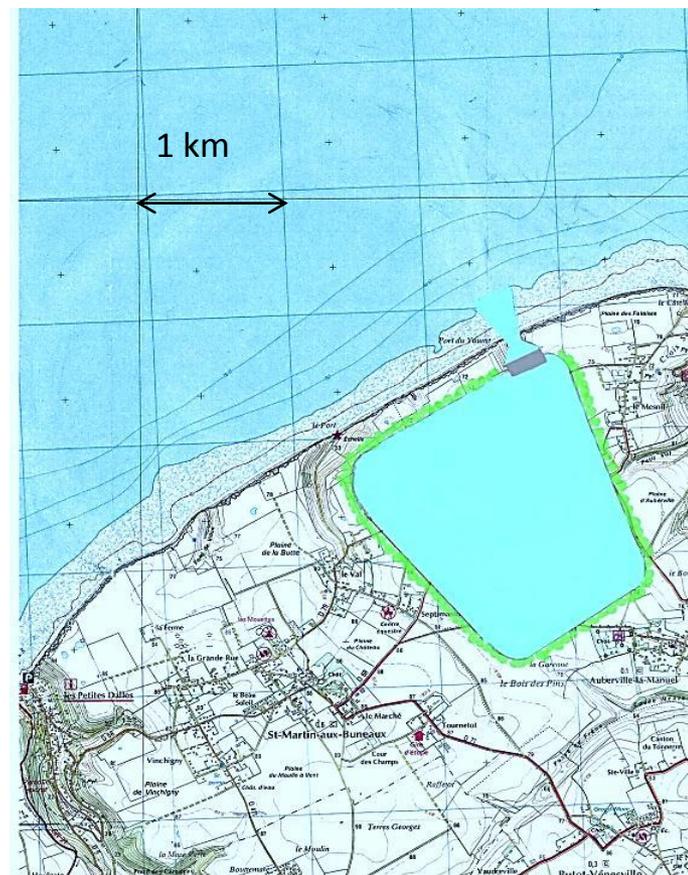
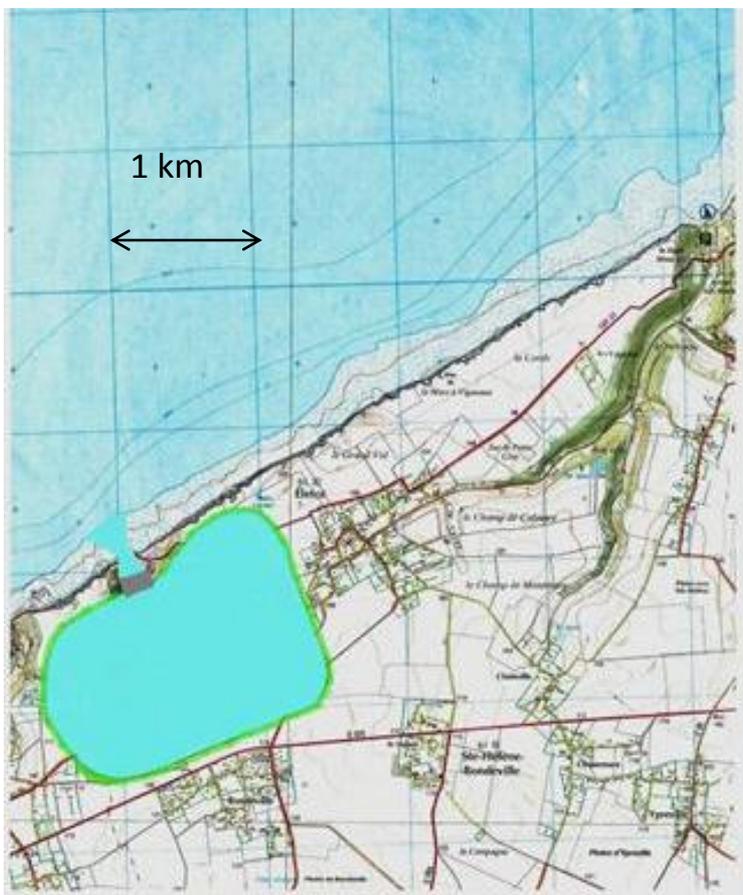
- L'étanchéité du fond du bassin serait assuré par la craie en place; Un étanchement complémentaire par géo membrane serait d'un coût assez faible mais ne parait pas nécessaire.
- L'usine et sa sortie en mer, prévue dans une valleuse existante approfondie sur 100 m de largeur, seront peu visibles. Pour un coût plus élevé, la sortie sur la mer pourrait même être souterraine, laissant la falaise intacte. Si nécessaire, on peut prévoir une protection arrêtant le recul de la falaise dans cette zone.
- Les bassins (plusieurs km² d'eau calme renouvelée fréquemment) pourront être utilisés pour les sports nautiques ou autres.

Six sites paraissent les plus favorables pour cette solution terrestre:

- Eletot et Veulette à l'est de Fécamp.
- Belleville et Biville à l'est de Dieppe.
- Ault à l'est du Tréport.
- Monneville à l'est de Saint-Valery en Caux.

Sites envisagés pour : STEP en mer ou à terre



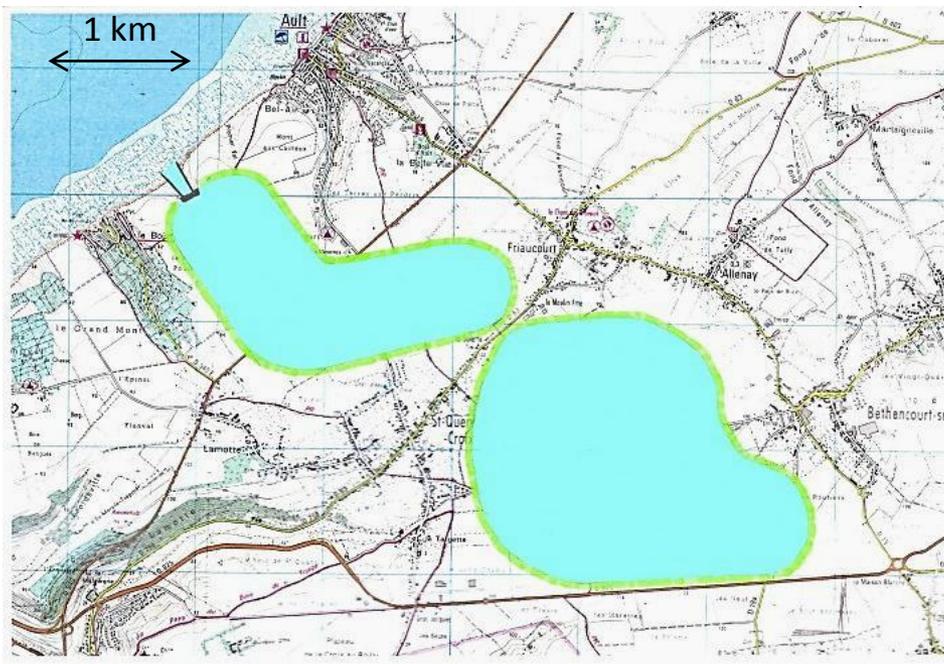


Site de Eletot

5 km à l'est de Fécamp
 Surface bassin : 2,5 km²
 Stockage : 30 Gwh

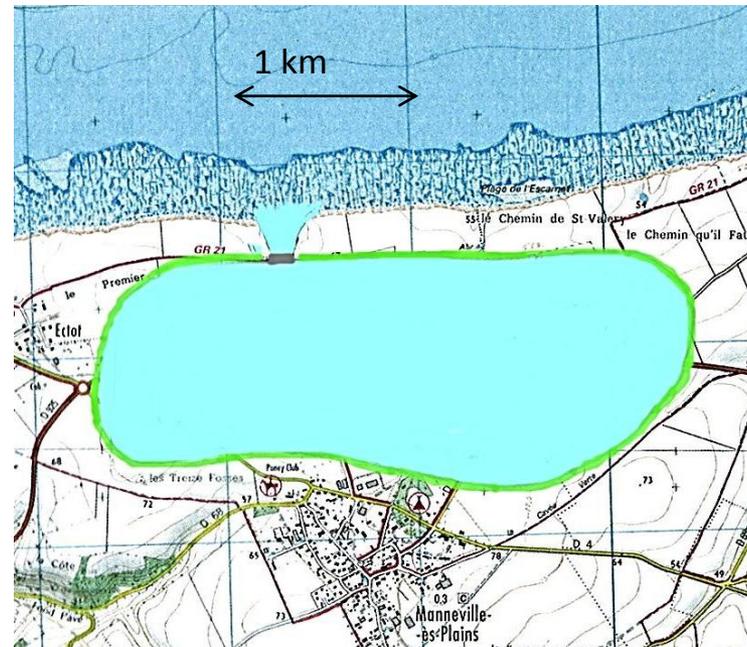
Site de Veulette

15 km à l'est de Fécamp
 Surface bassin : 3 km²
 Stockage : 20 Gwh



Site de Ault

5 km à l'est de Fécamp
 Surface bassin : 2,5 km²
 Stockage : 30 Gwh



Site de Monneville

A l'est de Saint-Valery en Caux
 Surface bassin : 3 km²
 Stockage : 20 Gwh

Site de Eletot



Vue actuelle



Vue du projet envisagé

Caractéristiques des bassins :

Site	Cote basse	Cote haute	Surface (km ²)	Longueur des digues (km)	Energie stockée (Gwh)	Puissance installée (Gw)
Eletot	105	145	2,5	6	30	1 à 3
Veulette	80	110	3	7	20	1 à 3
Belleville	95	135	6	11	65	2 à 6
Biville	95	135	4,5	8	45	2 à 4
Ault	90	135	<u>6</u>	<u>14</u>	<u>60</u>	<u>2 à 5</u>
			22	46	220	8 à 21

Coûts :

- Le coût des digues (environ 1 km pour 5 Gwh stockés) serait de l'ordre de 75.000 €/km, soit environ 15 €/Kwh.
- Le coût des usines serait de l'ordre de 600 €/Kw.
- Suivant la durée de stockage choisie (10 à 30 h) , le coût total serait donc de l'ordre de 750 à 1.050 € / Kw, similaire aux prix mondiaux de STEP, et le coût d'un aménagement d'un site de l'ordre de 2 à 3 milliards €.

Programme :

Le délai d'exécution d'un site devrait être inférieur à 5 ans. Il serait possible d'ici 2020 ou 2025 d'équiper en 1 ou 2 sites plus de 5 GW (création au nord de la France de la capacité actuellement existante au sud de la France).

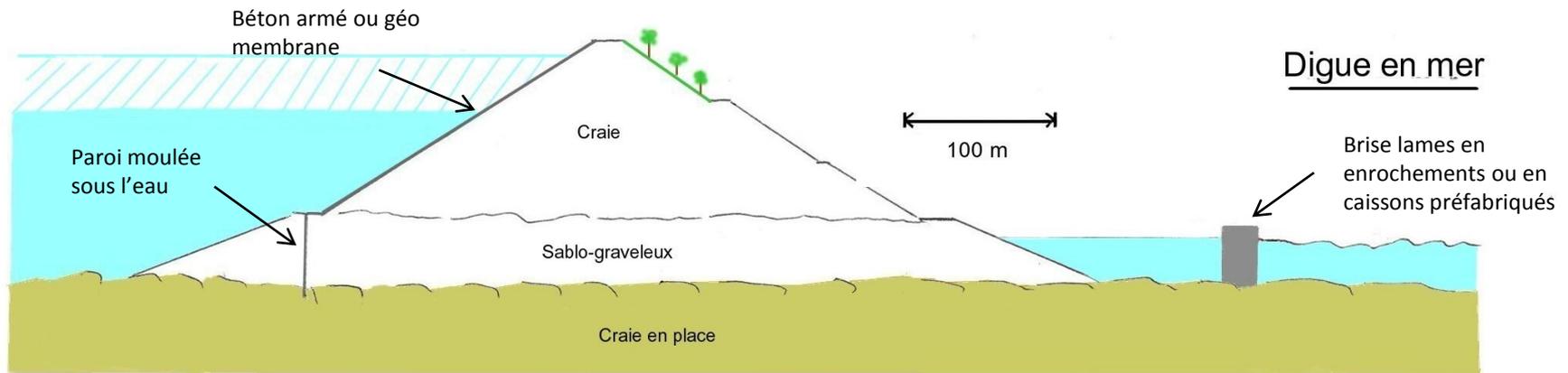
7.2 - Sites en mer adossés à la falaise

Deux options sont envisageables:

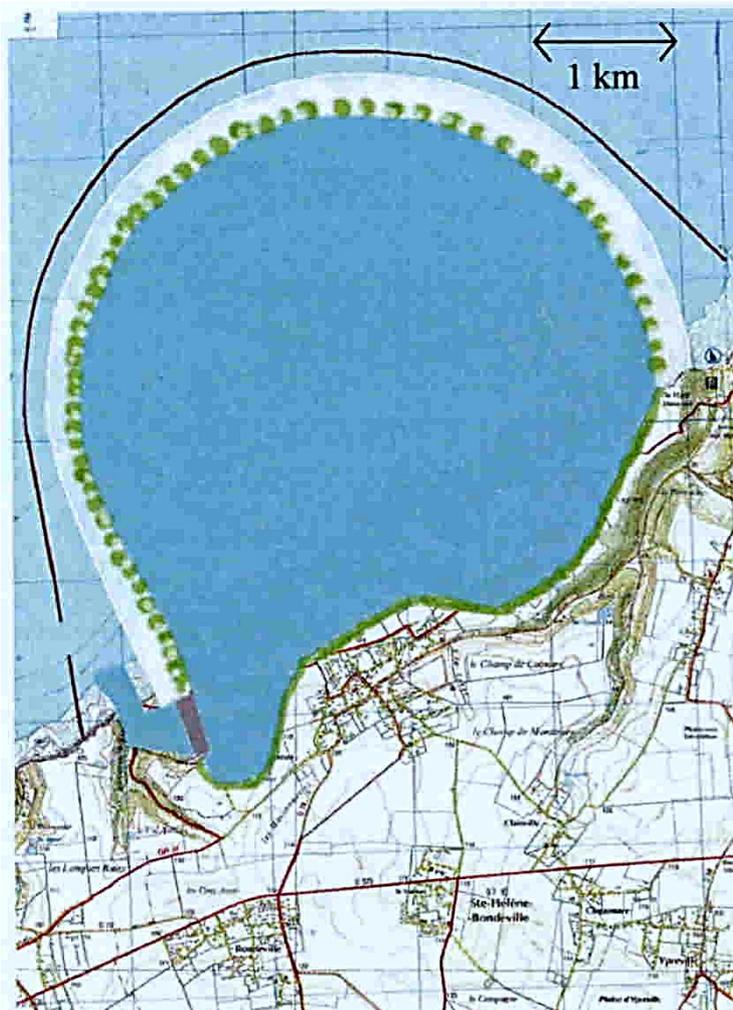
- Bassin adossé à la falaise, par exemple de forme semi circulaire.
- Bassin adossé à la falaise, élargi par une part terrestre.

Cette dernière option apparait la moins chère et permet l'utilisation dans la digue en mer, de la craie excavée pour la construction de la partie terrestre.

La digue en mer pourrait atteindre 150 m de hauteur et avoir le profil suivant (de nombreux barrages de ce type sont en service dans le monde).



Cette option peut être utilisée pour quatre des six sites présentés ci-avant.



Site de Eletot

Surface bassin: 13 km²

Stockage : 150 Gwh



Site de Veulette

Surface bassin: 14 km²

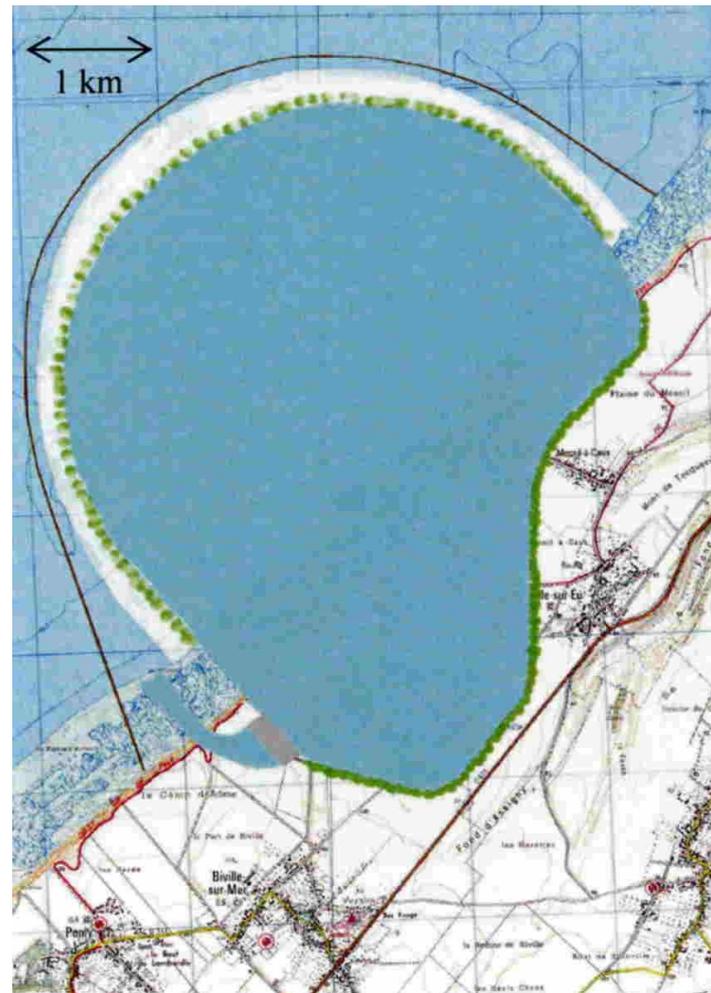
Stockage : 150 Gwh



Site de Belleville

Surface bassin: 13 km²

Stockage : 150 Gwh



Site de Biville

Surface bassin: 13 km²

Stockage : 150 Gwh

Caractéristiques et Estimation pour le site d'Eletot

(la capacité et le coût au Gw ou Gwh sont voisins pour les autres sites)

Digue à terre: 6 km

Digue en mer: 7 km

Bassin: 13 km²

Marnage: 40 m

Charge moyenne: 115 m

Stockage: 150 Gwh

- Coût de digue à terre (idem solution terrestre) $75.000 \text{ €/m} \times 6 \text{ km} = 450 \text{ } 10^6 \text{ €}$
- Coût de digue en mer $420.000 \text{ €/m} \times 7 \text{ km} = \underline{2.940 \text{ } 10^6 \text{ €}}$
- Coût total des digues $3.400 \text{ } 10^6 \text{ €}$

soit environ 22 €/Kwh (contre 15 €/Kwh pour un site terrestre).

Le coût au Kw d'usine peut être inférieur à celui du site terrestre (la puissance installée est triple) et le coût total de l'aménagement pourrait varier de 800 à 1.200 €/ Kw, soit un investissement de plus de 6 milliards €.

7.3 - Sites totalement en mer

Le bassin associé à la mer peut être plus haut ou plus bas.

- La solution bassin haut est semblable à celle ci-dessus adossée à une falaise (même type de digue en mer) avec deux inconvénients: Plus grande longueur de digue en mer et accès plus coûteux: Elle n'a d'intérêt que pour les très grands potentiels.

Elle peut être envisagée à l'intérieur d'une très grande usine marémotrice (Bénéfice de la protection et de l'accès correspondant).

Le stockage peut dépasser 10 Gwh / km².

- La solution bassin bas peut être envisagée dans les zones où le terrain naturel est de 10 à 20 m sous les basses mers. On opérerait entre 10 et 15 m sous les basses mers et un niveau moyen de la mer de 6 m au dessus (groupes bulbes), Le stockage serait de l'ordre de 0,2 ou 0,3 Gwh/km².

Elle peut être envisagée à l'intérieur d'un bassin d'usines marémotrices de taille moyenne. Elle pourrait être intéressante à l'ouest du Cotentin, mais les sites terrestres du Pays de Caux sont probablement plus économiques.

8 – Les possibilités de STEP marines en Bretagne

(F.Lempérière: Lacs Emeraude. Août 2011)

A la demande de l'ADEME, des possibilités de STEP ont été recherchées en Bretagne.

Une capacité de stockage de 1 à 2 Gw (20 à 30 Gwh) semble un ordre de grandeur raisonnable, au moins dans un premier temps, au vu du développement de l'éolien et des possibilités d'énergie marémotrice dans la région.

On notera que la présence en Bretagne des centrales thermiques (due à l'absence de centrales nucléaires) rend la nécessité de stockage moins urgente que dans le nord de la France.

Avec les dénivelées envisageables (une centaine de mètres), l'énergie stockée est d'environ 5 Gwh/km². Il faudrait donc trouver des sites associant deux zones plates de l'ordre du km², ce qui semble difficile à terre. Par contre, il existe une quinzaine de sites plans vers la cote 100 à 1 ou 2 kms de la mer, permettant d'envisager des STEP marines entre terre et mer en noyant très peu ou pas d'habitations.

Ces sites sont situés pour l'essentiel le long de la côte Nord et Ouest entre St Brieuc et Quimper avec également une possibilité près de Dinan.

Il existe aussi et des possibilités à Belle Ile, mais celles-ci présentent des problèmes d'acceptabilité sociétale.

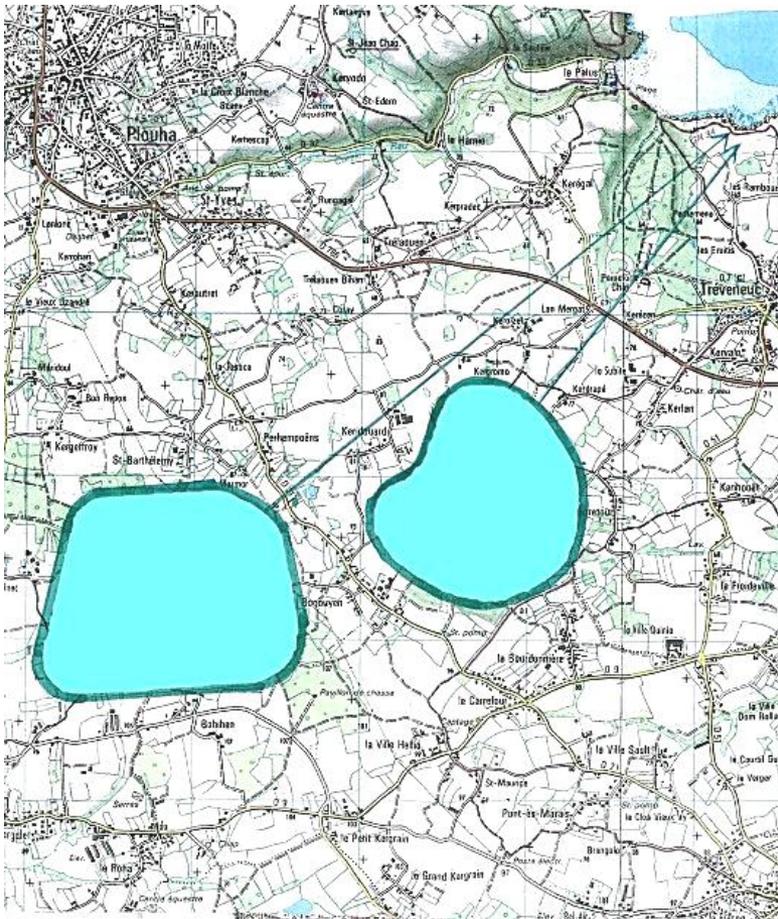
Caractéristiques d'un site type:

- Un site type comporte un bassin à terre d'environ 1 km² vers la cote 100 clos par une digue d'environ 20 m au dessus du terrain naturel.
- L'extérieur de la digue est en remblais à pente douce et arboré (Voir STEP dans le nord de la France).
- Le fond du bassin est drainé par puits ou étanché.
- Le bassin est relié par souterrain à l'usine située près de la mer, soit souterraine, soit peu visible en pied de falaise.
- La puissance de l'usine est de l'ordre de 200 à 1000 MW. Celle-ci occupe une centaine de mètres.

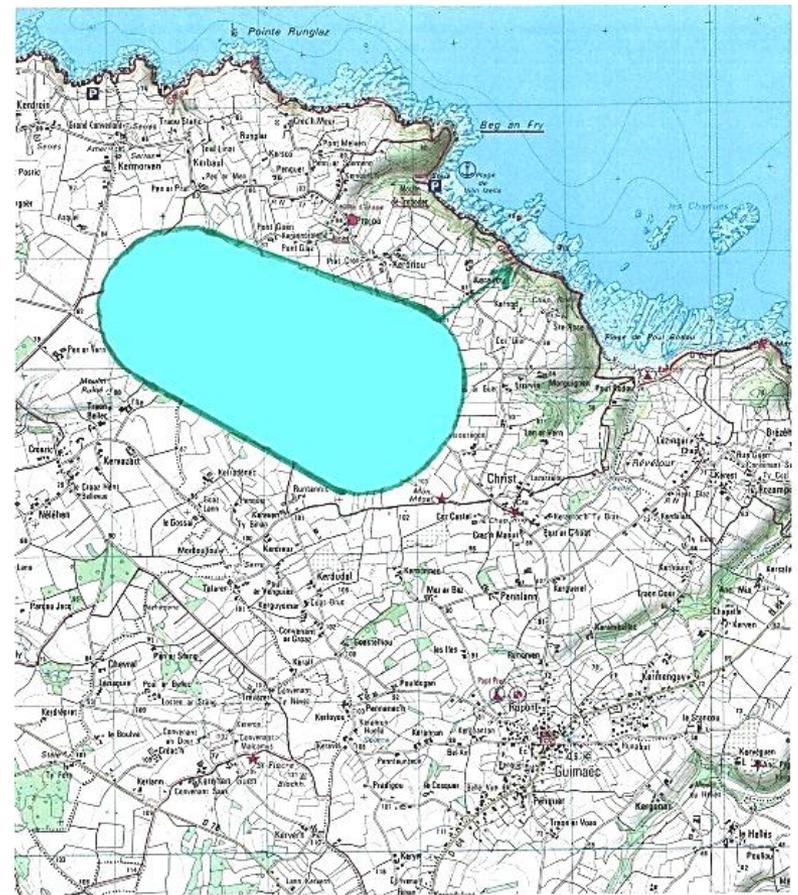
Quelques sites envisageables:

Zone d'implantation	Situation	Cote moyenne du terrain (m)	Surface du bassin (km²)	Stockage (CWh)	Longueur de tunnel (km)
Nord de Dinan	1 km Sud-Est de Pleurtuit	70	1,4	5	2,5
Ouest de ST Brieuc	2 km Sud de Plouha	105	1,7	10	3,5
	2 km Sud –Est de Plouha	80	1,2	5	2
Nord-Est de Morlaix	1 km Est de St Jean du Doigt	95	2,5	12	0,5
Est d'Audierne	1 km Nord-Ouest de Plouhinec	95	1	5	2
	1 km Sud-Est de Plouhinec	95	1	5	1
Ouest de Belle Ile	Est d'Herlin	55	0,8	2,5	0
		90 en moyenne	9,6 (1,4 en moyenne)	44,5 (6,4 en moyenne)	11,5 (1,6 en moyenne)

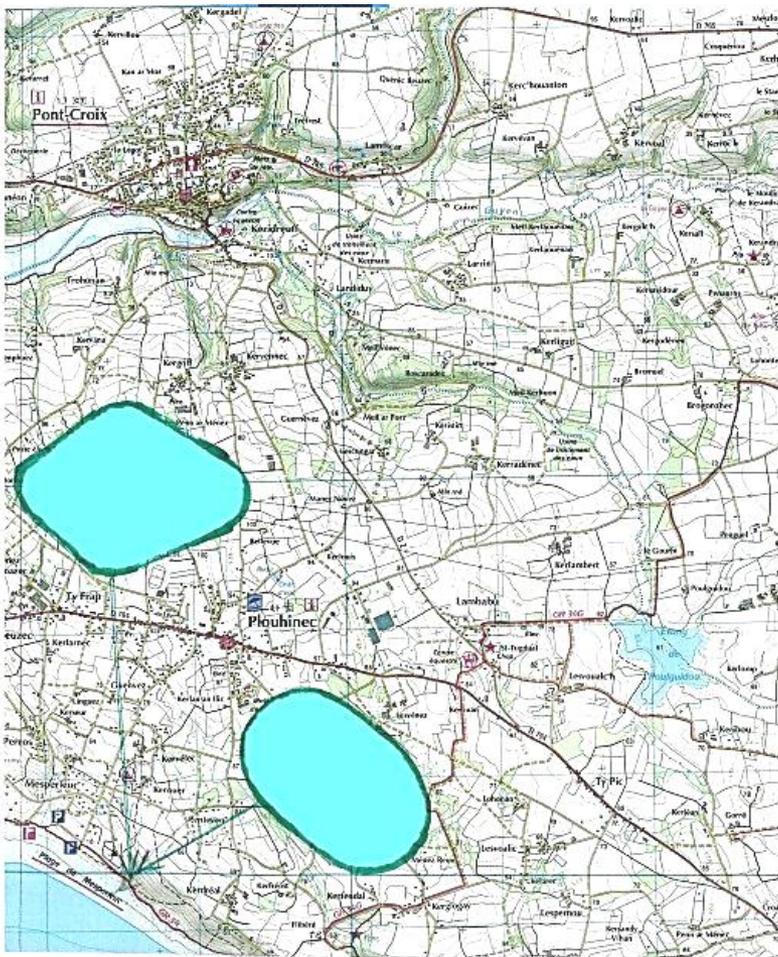




Ouest de St Brieuc



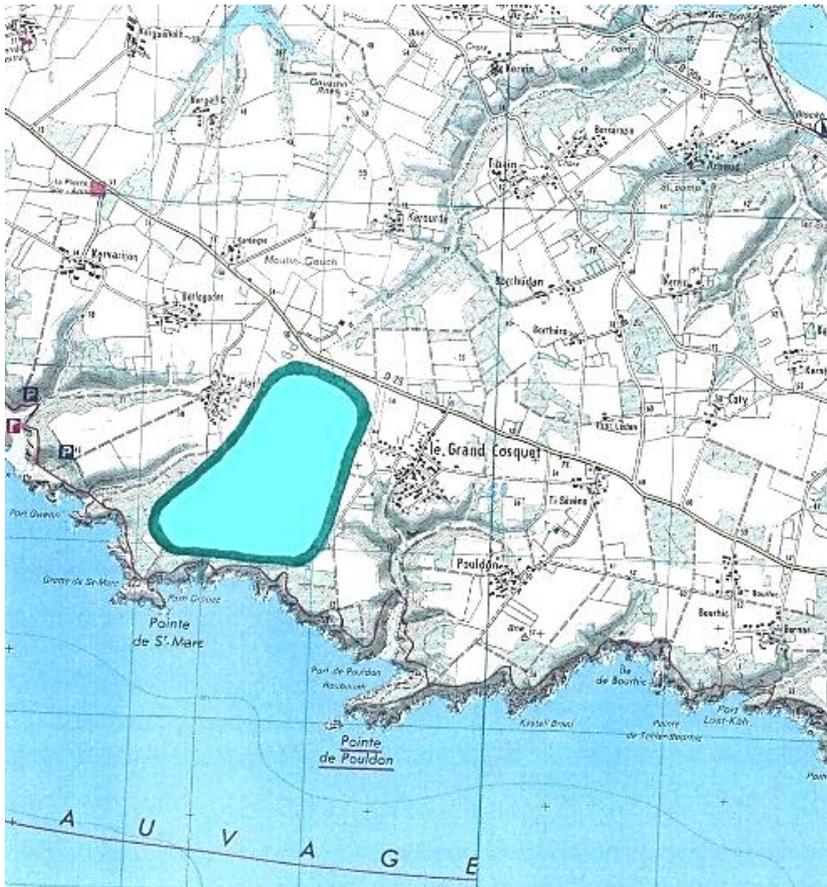
Nord Est de Morlaix



Est d'Audierne



Nord de Dinan



Belle Ile

9 – Conclusion et avenir des STEP marines

Dans le monde

- Actuellement , l'essentiel du stockage d'énergie électrique est assuré par un peu plus de 400 STEP totalisant 150 Gw.
- Les besoins mondiaux de STEP vont beaucoup s'accroître, notamment avec le développement des énergies intermittentes. On peut penser que les besoins seront au milieu du siècle de l'ordre de 3.000 à 3.500 Gw : En Europe, la Norvège et ses lacs se veut une des « batteries de l'Europe »; La Suisse, l'Autriche et l'Allemagne viennent de passer des accords pour développer des STEP en commun.
- Beaucoup de pays non montagneux devront avoir recours aux STEP marines.
- La technologie des STEP marines est bien maîtrisée: Les techniques de génie civil sont celles déjà utilisées dans les barrages et les turbines/pompes ont fait des progrès considérables. Leurs coûts sont voisins de ceux des STEP classiques. Les impacts sur l'environnement sont très limités.

La France a de larges possibilités de STEP marines dans le Nord et l'Ouest.

- On peut envisager des sites offshore très importants mais à investissement lourd (plus de 5 milliards €).
- On pourrait commencer par un ou deux sites avec bassin haut de quelques km² à terre (2 milliards €) constructibles en moins de 5 ans.