



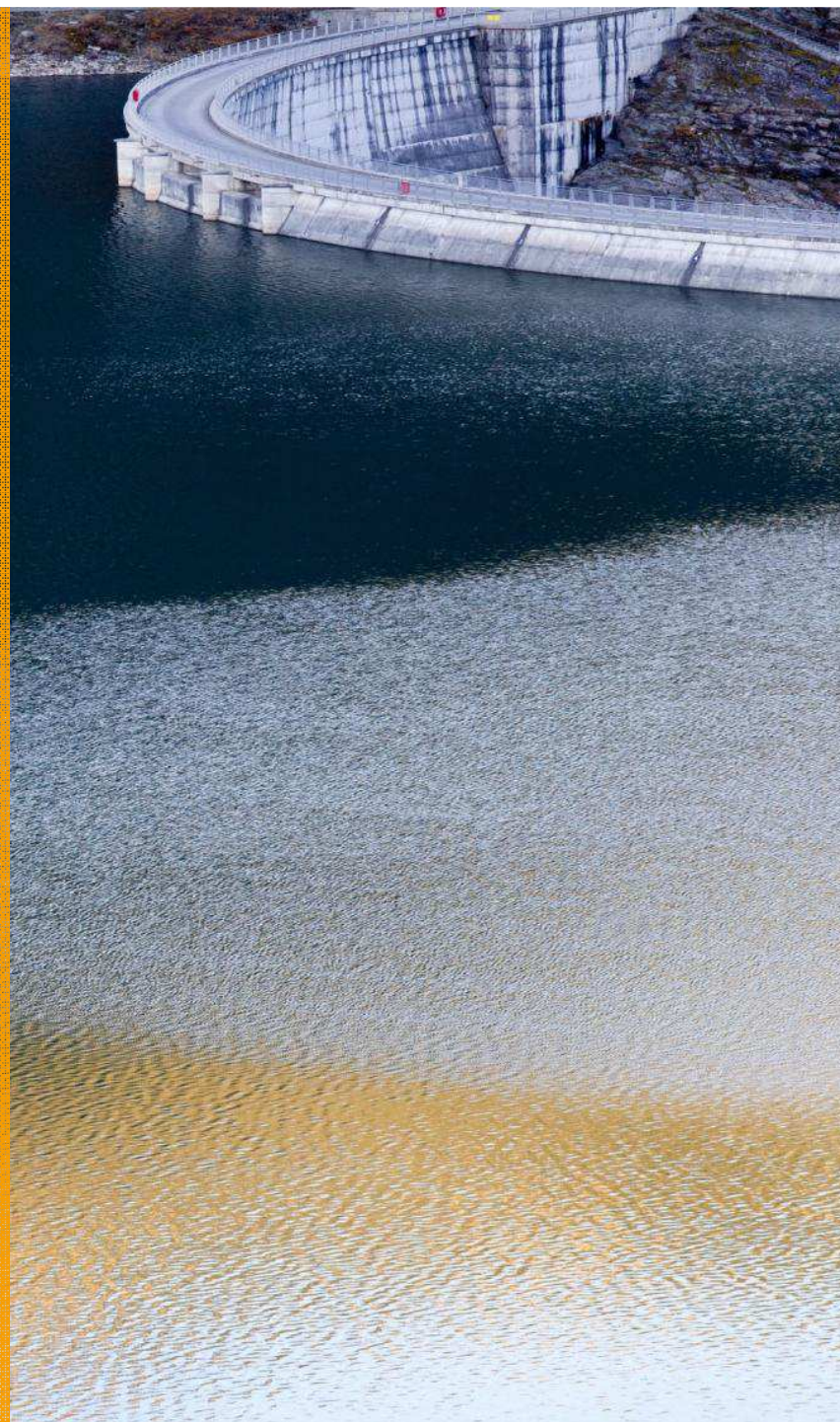
Centre d'Ingénierie Hydraulique

Maréol

Marémotrices & Eoliennes, 2007

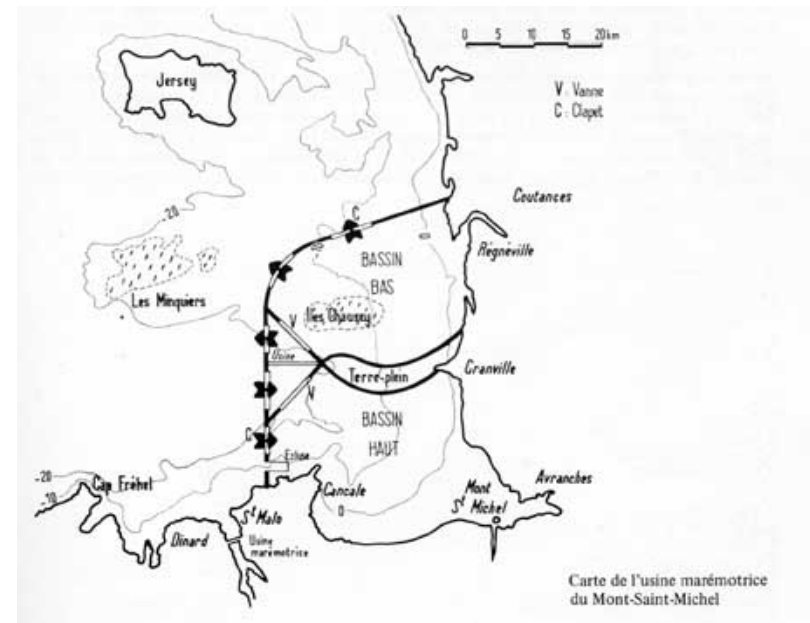
Antoine LIBAUX, Pierre BRUN

05 Mai 2014



L' énergie marémotrice, Oubliée ?

- ◆ Des idées de projets grandioses
 - ◆ Caquot
 - ◆ Baie du Mont St-Michel



Et pourtant :

- Renouvelable
- Totalement prédictible ... tant que la lune tournera autour de la terre
- Indépendante des changements climatiques

MAREOL : CONTEXTE

- Objectifs / Europe sur le % d'Enr
- Impossibilité d'atteindre les critères (Fr) avec l'Hydraulique et l'Eolien
- Tendances : baisse du productible hydroélectrique (40 ans à venir)
- Couplage éolien / marémoteur : « reverdir » l'éolien français
- Eolien off-shore : énergies intermittentes -> pompage
- Aucun déplacement de population
- Vecteur clé de développement économique local
- Préfiguration de projets plus importants en France et dans le monde

MAREOL : Caractéristiques techniques

- Bassin double (bassin niveau haut + bassin niveau bas)
- Usines (turbines) et/ou une stations de pompage
- Champ d'éoliennes sur digue et dans les bassins, destiné à alimenter en partie les pompes
- Prototype de 20 ou 50 km² et projet industriel futur de l'ordre de quelques centaines de km² ?

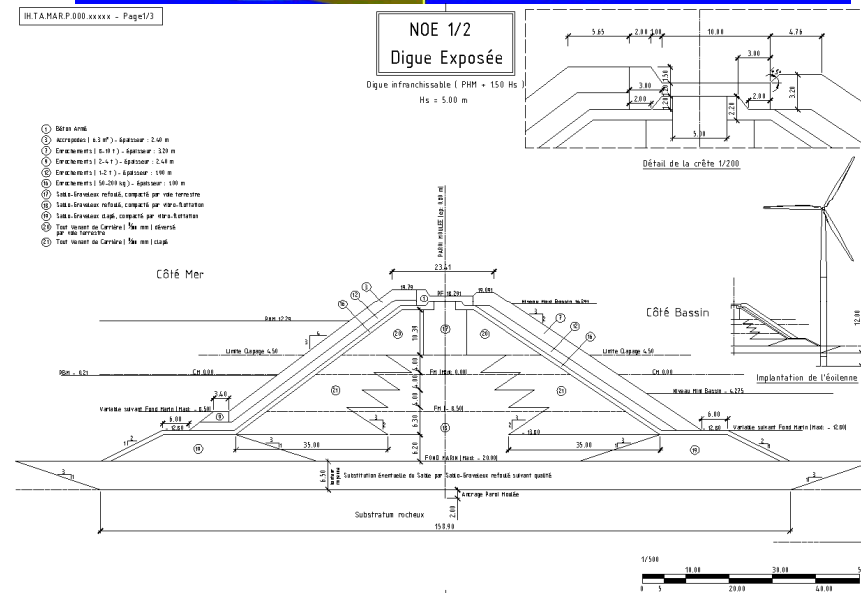
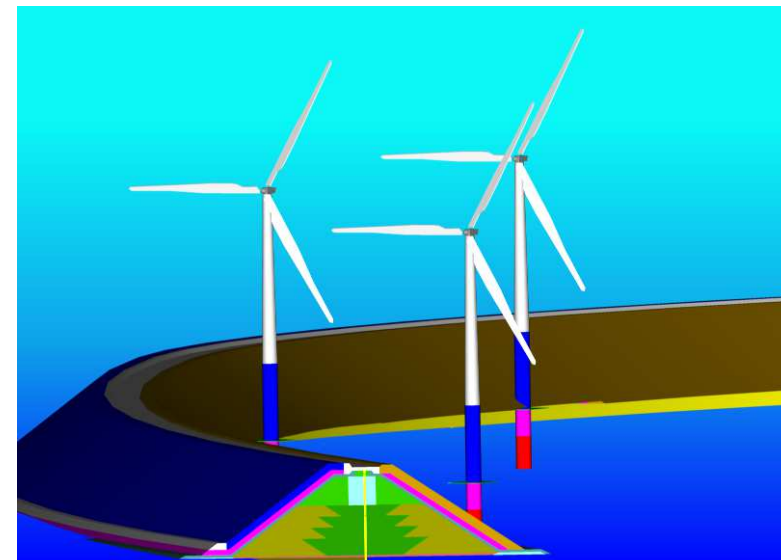


MAREOL : Challenges, contraintes et réflexions

- **Environnemental : Socio-économique + Env.**
- **Technologique :**
 - GC : importance des travaux en mer + disponibilité matériaux de construction
 - EM : couplage pompage turbinage assurant le meilleur rendement possible pour les débits d'équipement élevés et des marnages très importants + Equipement électromécanique en milieu marin
- **Occupation du DPM vis-à-vis de l'environnement avec un projet de taille très importante**
- **Définition du projet / Zones potentielles / Analyse de brevets**
- **Simulations de fonctionnement**
- **Pré-Dimensionnement du champ d'éoliennes, des usines et des ouvrages de GC**
- **Etude environnementale**
- **Etude économique**

MAREOL : Equipement et Génie-Civil

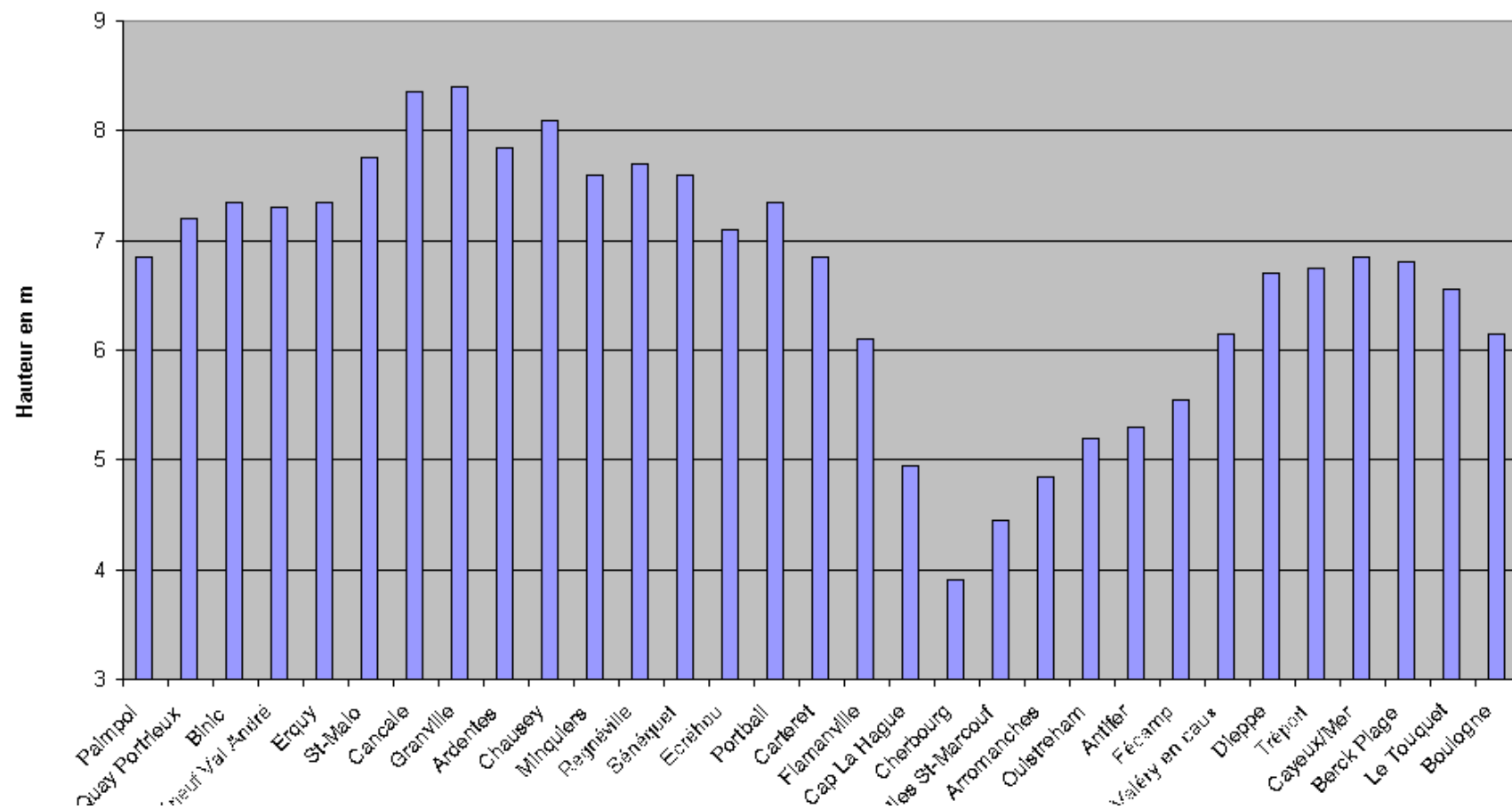
- ▶ 2 bassins de 10 km² chacun
- ▶ Chaque bassin :
 - ▶ usine de 12 groupes bulbes 24 MW
- ▶ Chute nette nominale : 5,6 m
- ▶ Débit nominal : 500 m³/s
- ▶ Raccordement : coût marginal
- ▶ Conditions marines
- ▶ Conditions géologiques et géotechniques
- ▶ Niveaux d'eau dans les bassins
- ▶ Analyse conceptuelle (type de digues)



Analyse préliminaire des sites

- Bathymétrie, profondeurs, géomorphologie
- Géologie
- Environnement
- Acceptabilité
- Amplitude Marée

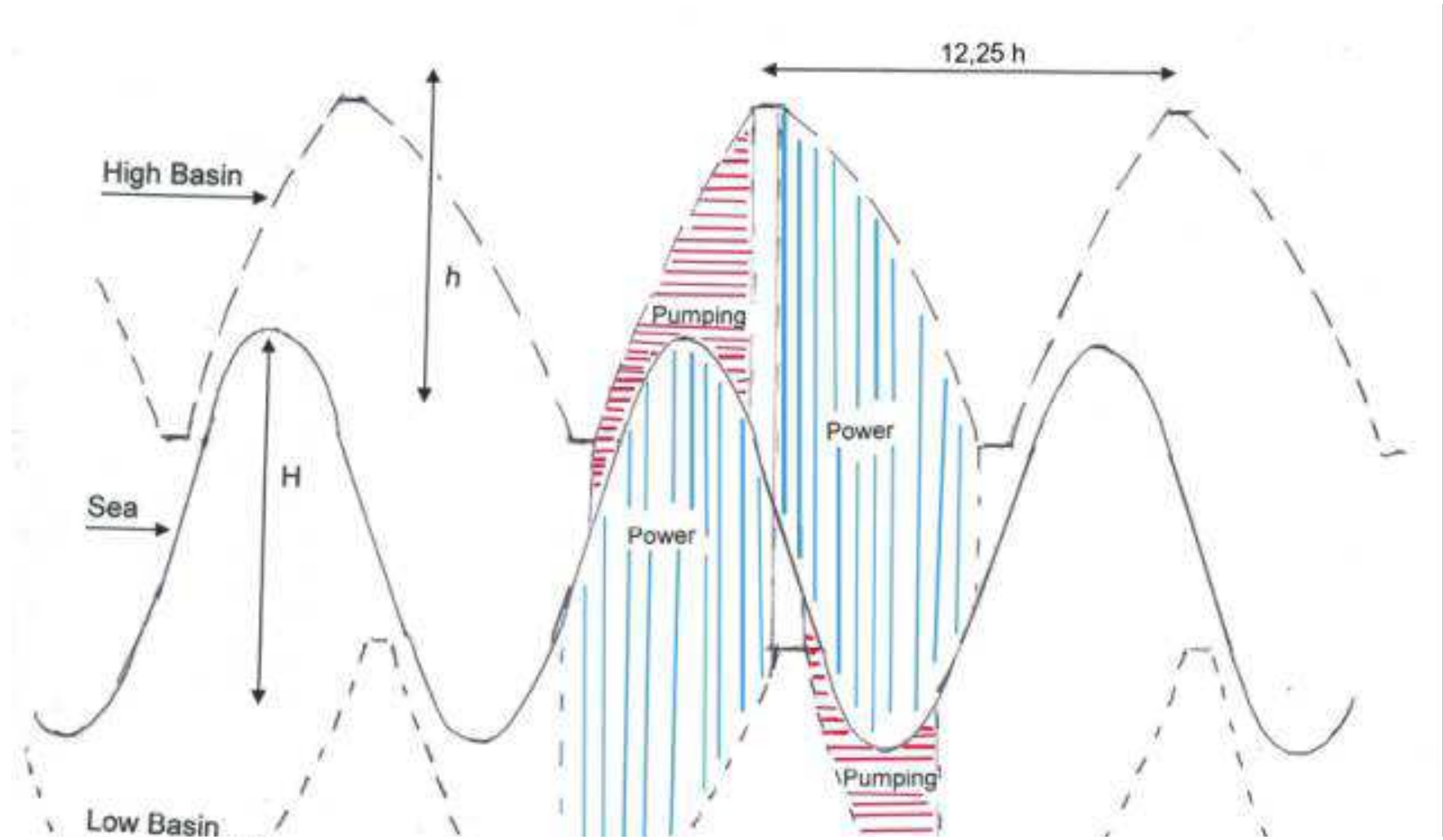
Amplitudes des marées – recherche des zones favorables



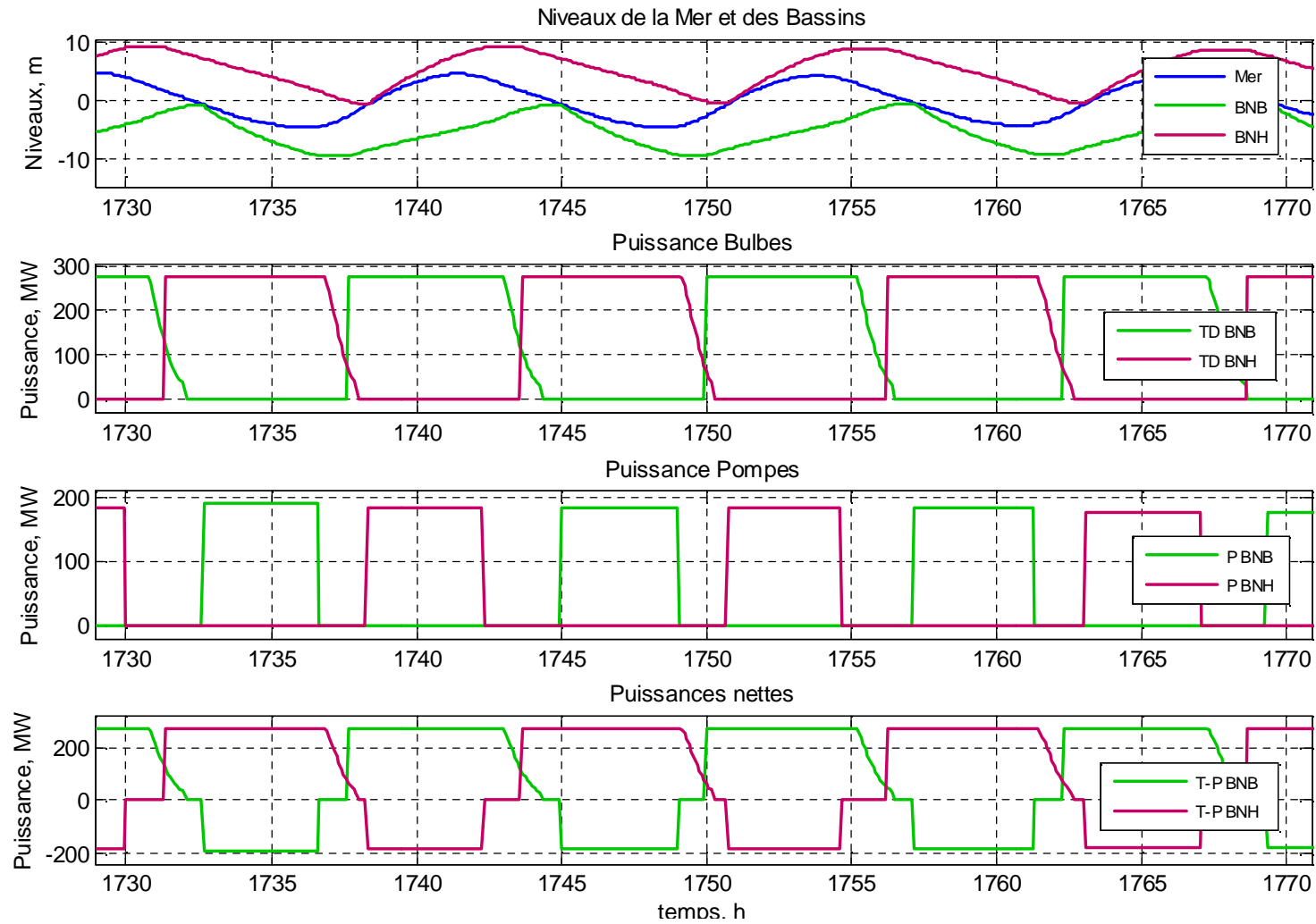
MAREOL : FONCTIONNEMENT / OBJECTIFS

- Maximiser le productible énergétique annuel
- Minimiser le coût d'investissement machines (et vannes)
- Si pompage : optimiser son utilisation, minimiser son coût
- Assurer la continuité de la fourniture d'énergie (nette, positive) en sortie de l'aménagement
- Offrir la souplesse suffisante permettant
 - De prédire et respecter le programme de production
 - La valorisation tarifaire

MAREOL - CONCEPT

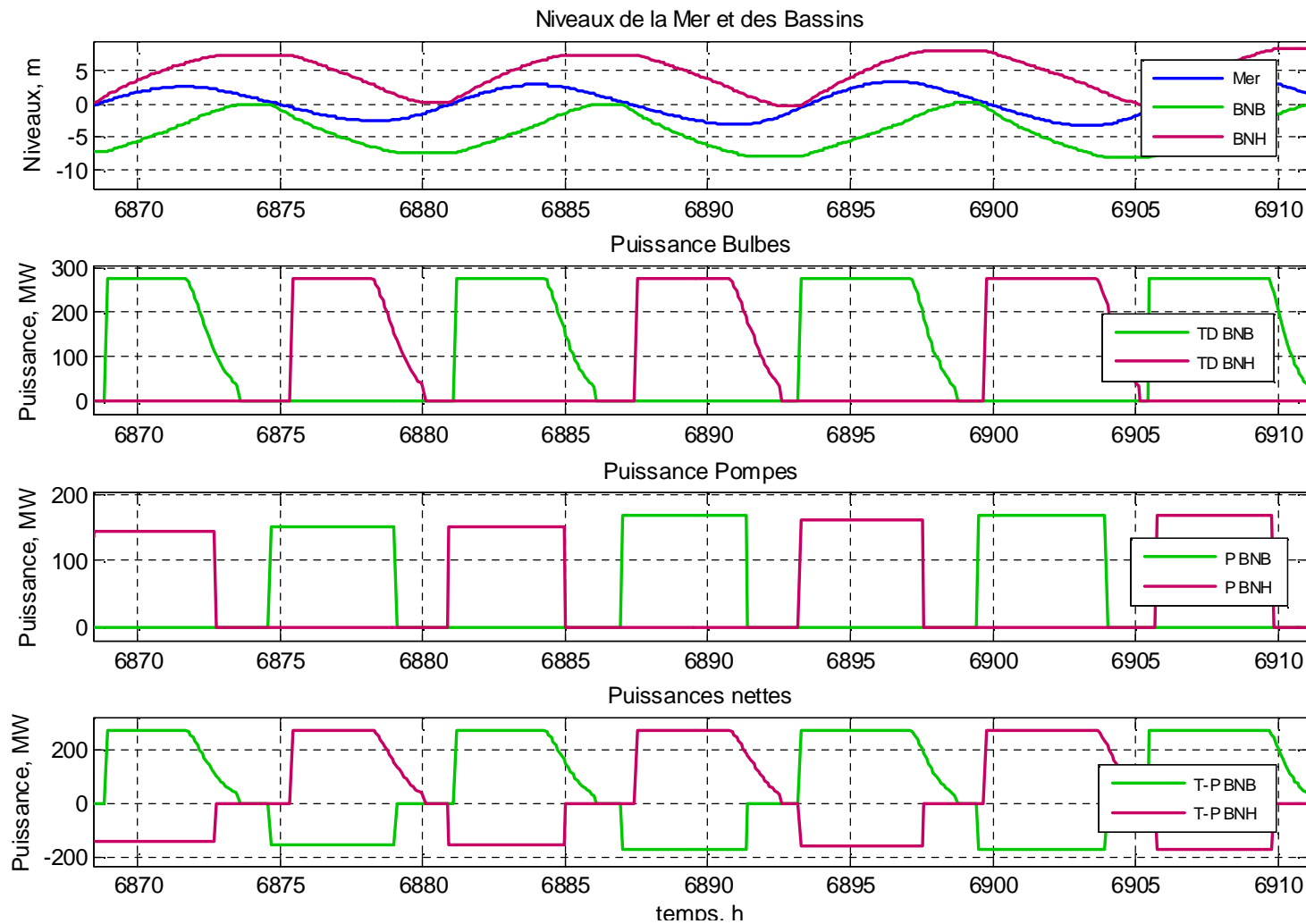


Fonctionnement VHALS – Marées Forte Amplitude



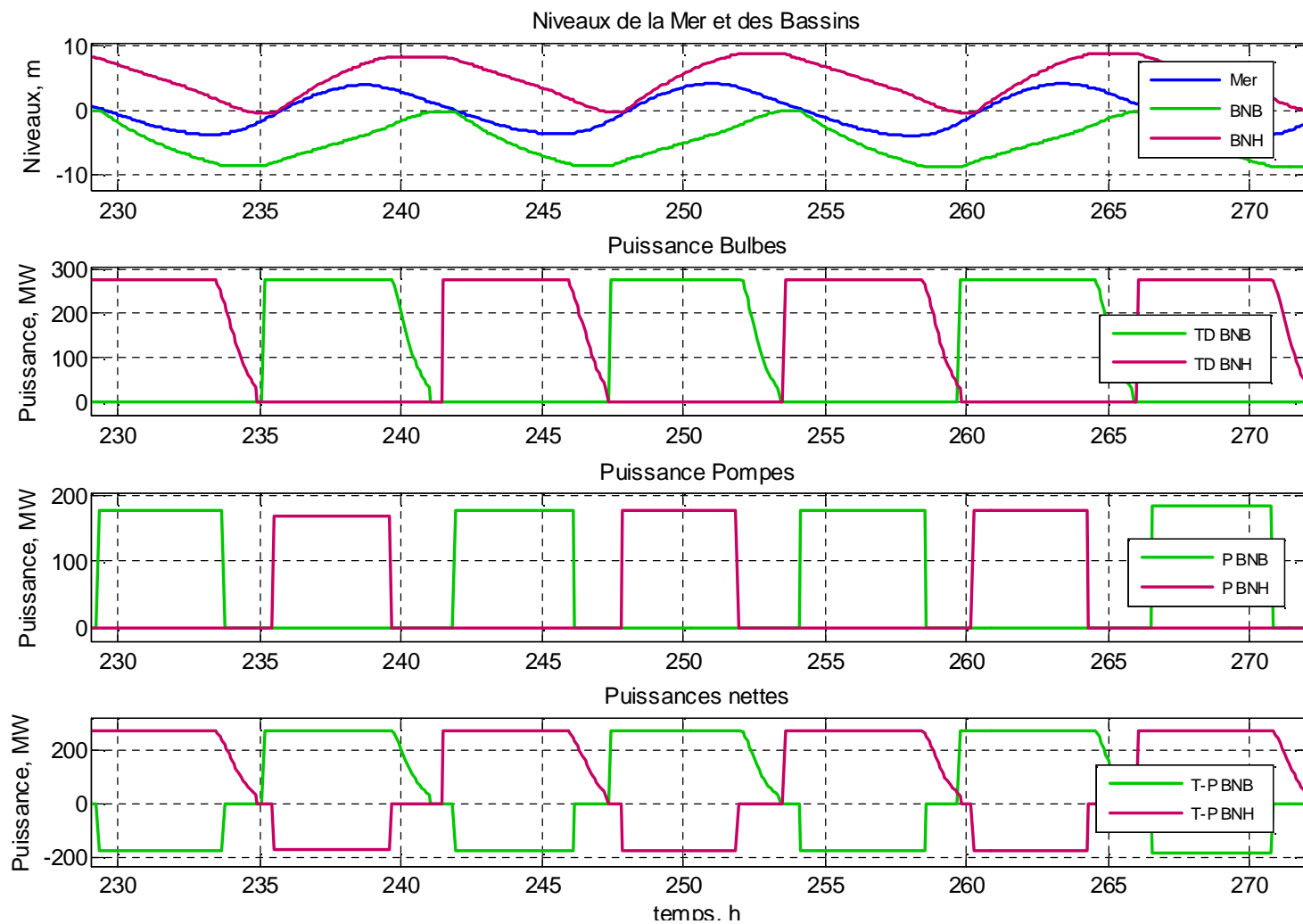
Concepts – 1. Fonctionnement VHALS

– Marées Faible Amplitude

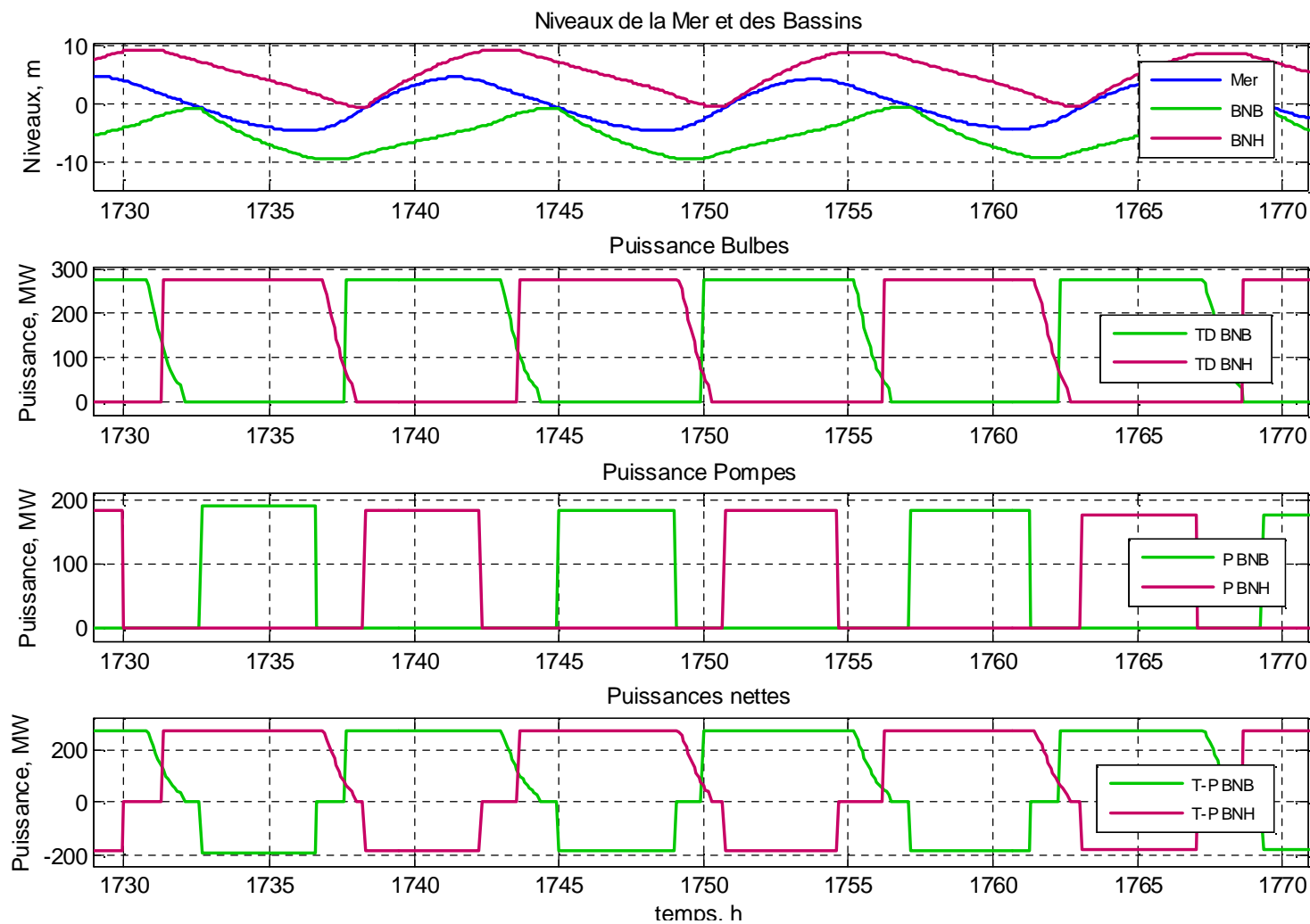


Concepts – 1. Fonctionnement VHALS

– Marées Moyenne Amplitude



Concepts – 1. Fonctionnement VHALS – Marées Forte Amplitude



MAREOL, une idée à poursuivre

- **Concept « VHALS »**
 - Quelle Méthode d'Optimisation est la mieux adaptée ?
 - Continuité de production relativement difficile à lisser
- **Ordres de grandeur, puissance installée / productible**
 - 15 à 30 MW/km² (suivant site et mode de fonctionnement)
 - 20 à 40 GWh/km² (suivant site et mode de fonctionnement)
- **Les solutions multi-bassins méritent d'être approfondies**
- **Une nouvelle technologie de machine hydraulique doit être développée, en particulier à vitesse de rotation variable**
 - C'était l'ambition de Rolls Royce pour le projet SEVERN

MAREOL : Un parc éolien couteux

- Puissance, productible et coût
- x à x MW / km² suivant les conditions de site et l'option (éoliennes sur digues ou sur digue + intra bassins)
- x à x GWh / km² suivant les conditions de site et l'option (éoliennes sur digues ou sur digue + intra bassins)
- xxxx k€ / MW suivant les conditions de site

MAREOL : Enjeu environnemental et sociétal

■ Effet physique sur le milieu aquatique :

- Occupation d' une surface
- Obstacle dans milieu « mouvant » (marée, houle, sédiments, vie, usage)
- Effet sur le milieu biologique (benthique // pélagique // aérien)
- Effet sur les usages de la mer (pêche, aquaculture, navigation, extraction....)

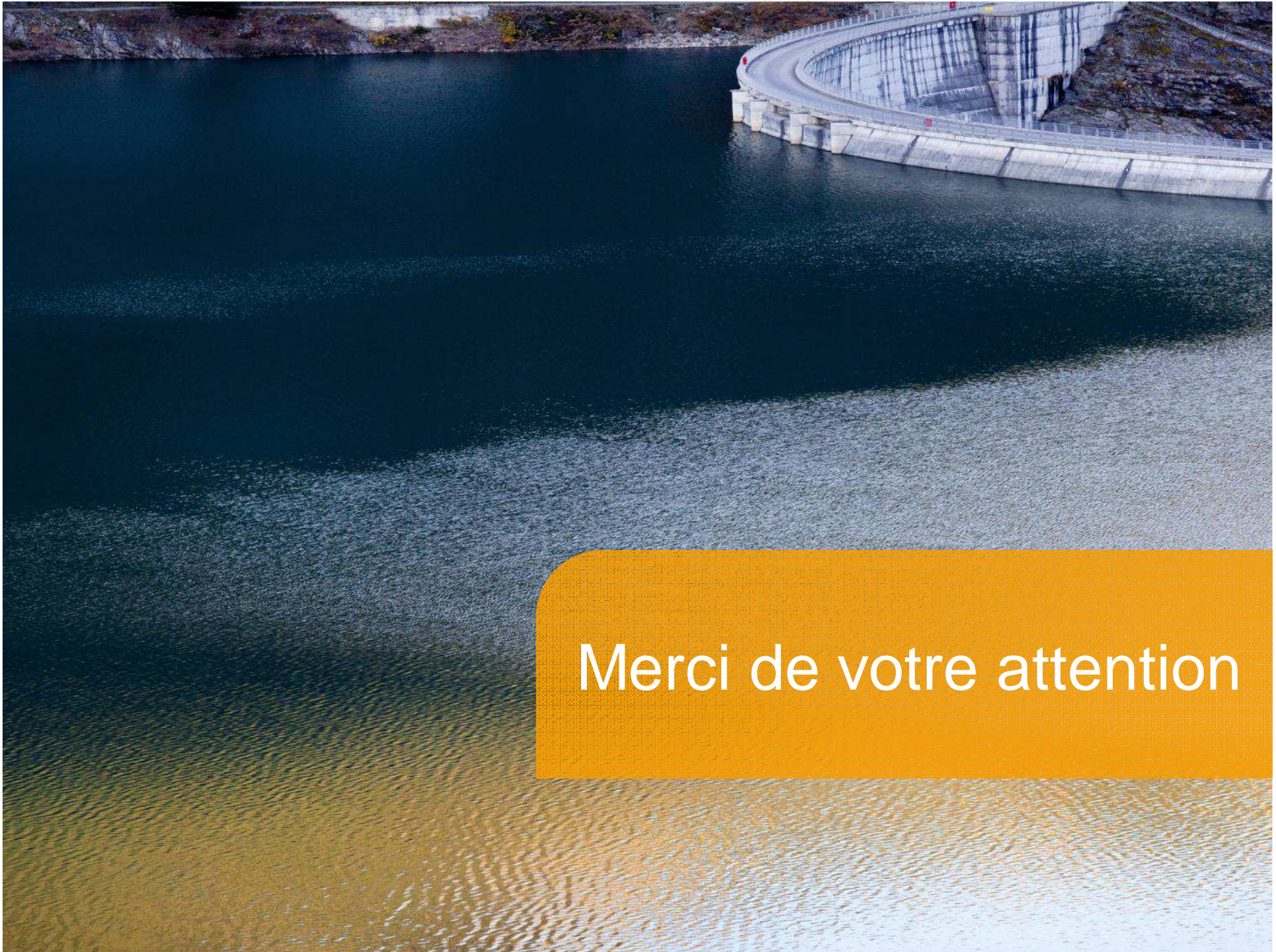
■ Effet sur le milieu terrestre :

- Besoin de beaucoup de matériaux (carrières)
- Phase chantier (transport matériaux, plate-forme,...)
- Evacuation de l'énergie produite (lignes THT)
- Effet sur le milieu « naturel » et les paysages
- Effet sur les usages du littoral, la socio-économie ...
- COMPARAISON DES SITES (aspect physique, vie marine, socio économie) :
SYNTHESE DIFFICILE !

MAREOL : Synthèse Economique

- Dignes : xx à xx % du coût d'investissement (> xx k€/ml) : enjeu majeur
- Difficulté d'établir des prévisions et pronostics sur l'évolution de l'état du marché et des prix à un horizon « lointain »
- Paramètres avec peu d'impact : durée de l'exploitation, le coût de la déconstruction
- Paramètres sensibles : technologie des digues, choix du site, installation d'éoliennes intra-bassins
- Coûts de pompage pénalisant
- Coût de construction élevé
- Puissance installée forte mais production nette faible
- Coût de production : > Coût de l'éolien Offshore
- Projet complexe, challenge, rentabilité difficile à atteindre,... mais étude d'opportunité = première réflexion ; Nécessité d'engager des études complémentaires (type de digue, optimisation des équipements et du fonctionnement, ...)





Merci de votre attention