

# LES RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES ET MINÉRALES MARINES : VALORISATION ET GÉOSTRATÉGIE

Prof. B. Mérenne, Géographie économique, ULg

Journée Trinôme  
Toulon, 26 février 2010

# Introduction

---

- Histoire des périodes de développement de la prospection et de l'exploitation des ressources marines liée aux tensions sur les marchés
- Des liens évidents entre ces périodes et les progrès technologiques
- Mais dimension géostratégique de la question car le mer est un espace public et les ressources sont des ressources publiques
  - enjeux et rivalités entre acteurs

# Objectif et plan de l'exposé

---

- **Objectif** = s'interroger sur les enjeux et les défis économiques, technologiques et géostratégiques liés à la valorisation des ressources énergétiques et minérales marines
- **Plan**
  - Les grandes ressources et leur actuelle valorisation
  - Stratégies mises en œuvre pour contrôler et exploiter ces ressources

# 1. DES RESSOURCES DIVERSES ET INÉGALEMENT EXPLOITÉES

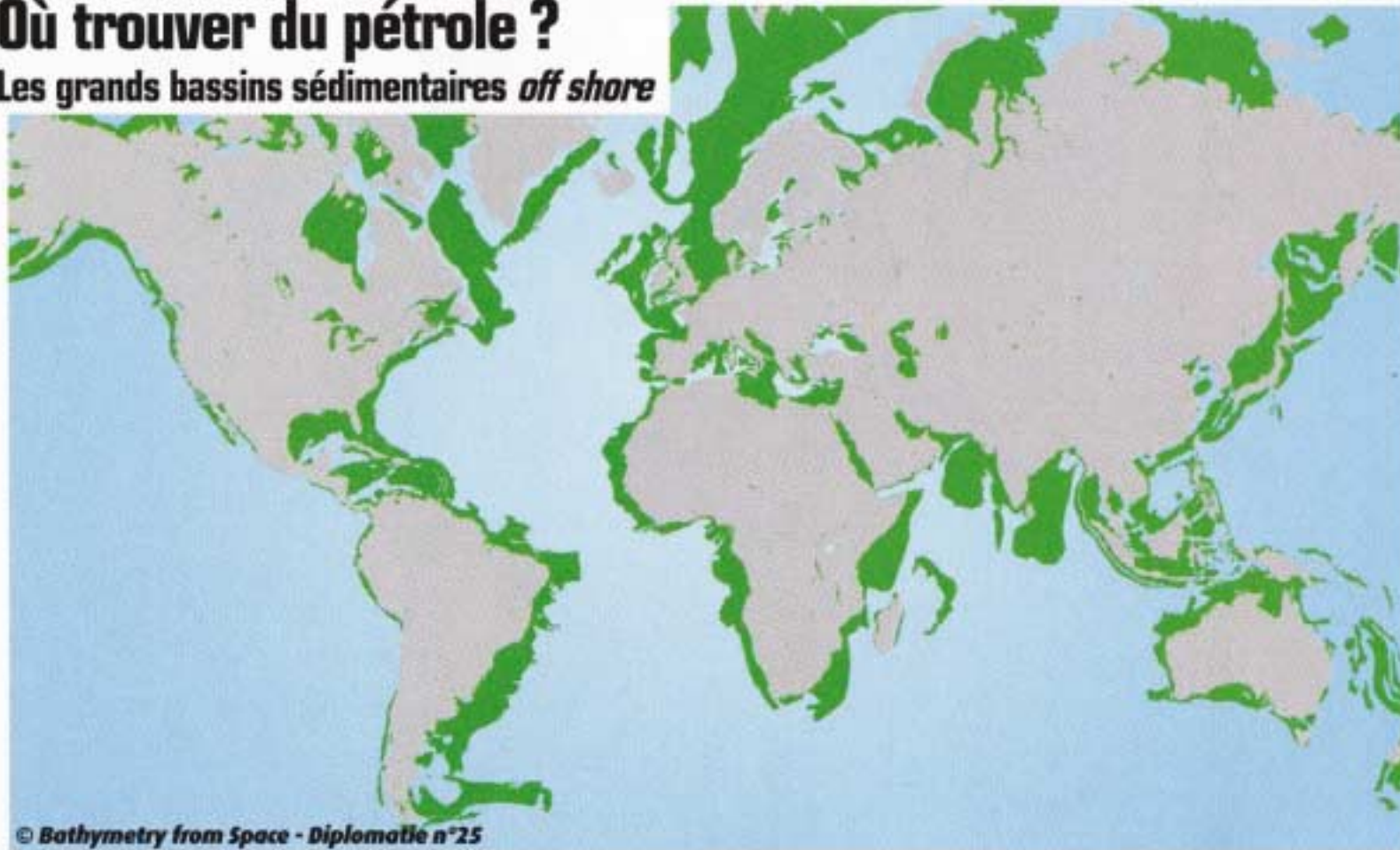
## 1.1. Les énergies fossiles offshore

---

- **Quatre grandes périodes**
  - Premières exploitations à partir de 1923 au large des côtes du Venezuela : à quelques dizaines de m de profondeur
  - A partir de 1940 : progression sur la plateforme continentale
  - Véritable essor de l'offshore à partir de 1973
  - Les offshore profonds (plus de 700m) depuis les années 1990
- **Causes de cette évolution**
  - Tensions sur les marchés à partir du premier choc pétrolier
  - Progrès technologiques en termes de plateformes, navires et oléoducs
  - Réduction des écarts de coûts avec les exploitations terrestres
  - Mise en place d'un droit international de la mer
- **Des ressources très importantes**
  - 34 % de la production du pétrole et 29 % de celle du gaz
  - Réserves = 22 % du pétrole et 37 % pour le gaz
  - 90 % des ressources proches des rivages
- **Mais des défis économiques, humains et environnementaux**

# Où trouver du pétrole ?

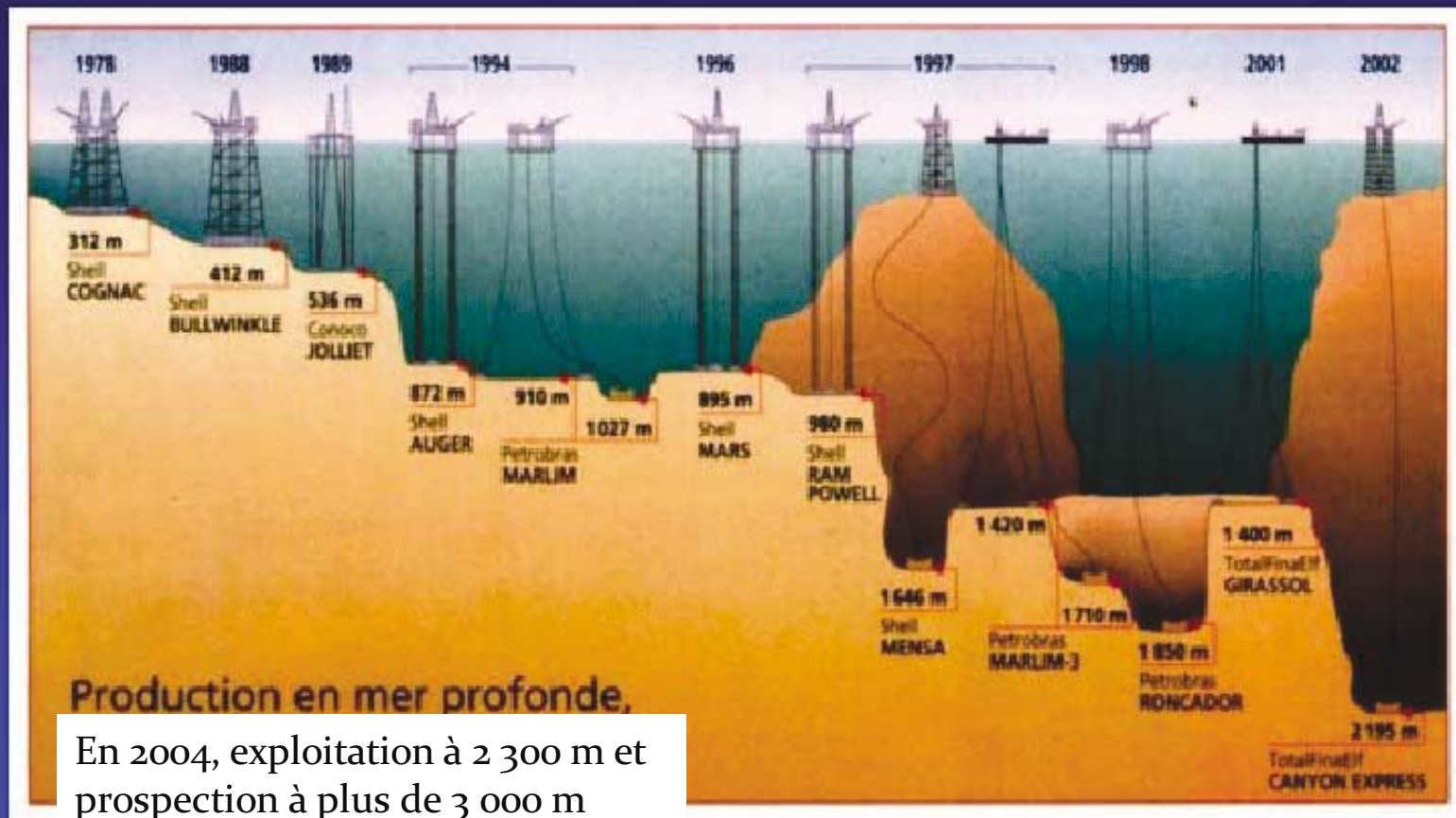
Les grands bassins sédimentaires *off shore*



© Bathymetry from Space - Diplomatie n°25



## LE PETROLE ET GAZ NATUREL EN EAUX PROFONDES



(Géochronique, 2003)

# PLATES-FORMES D'EXPLORATION SOUS-MARINE

Plate-forme  
fixes (profondeur  
faibles  
ou moyennes)

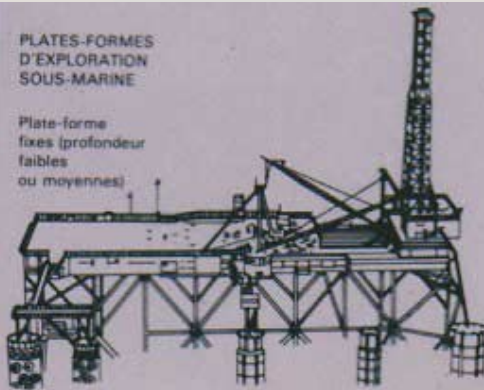


Plate-forme semi-  
submersible  
(opérations en  
profondeur)

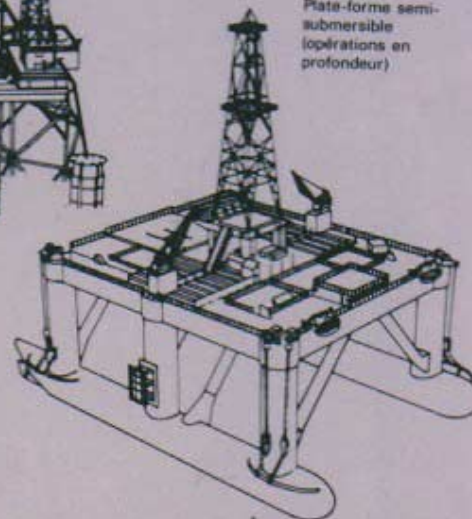
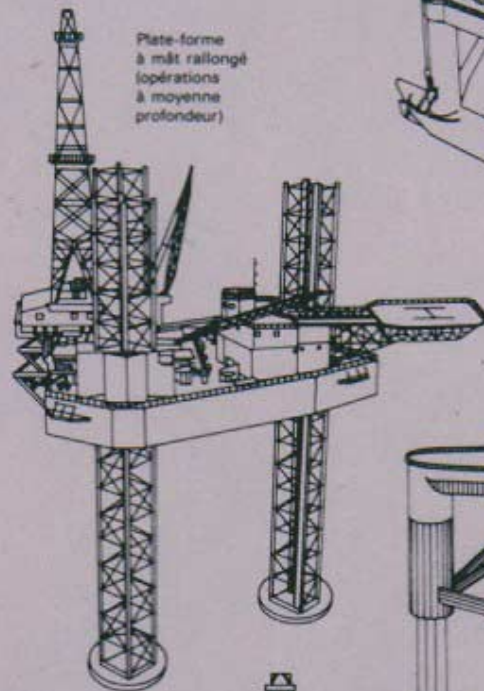
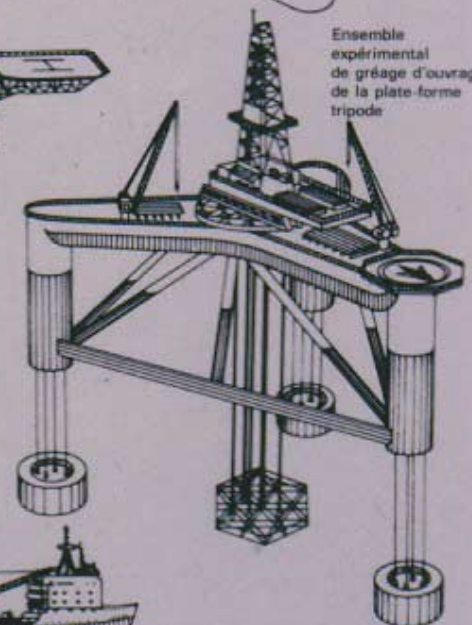


Plate-forme  
à mât rallongé  
(opérations  
à moyenne  
profondeur)



Ensemble  
expérimental  
de gréage d'ouvrage  
de la plate-forme  
tripode



Navire foreur



Plateforme pétrolière Troll Condeep

300 m





## 1.2. Les énergies renouvelables

- **Caractères généraux**
  - Sources parfois anciennes mais redécouvertes depuis les années 1970
  - Pratiquement inépuisables
  - Intermittentes et surtout diffuses
  - Coût d'exploitation plus élevé que les autres sources
  - Quantités d'énergie produites généralement faibles
- Un classement selon les **usages potentiels**

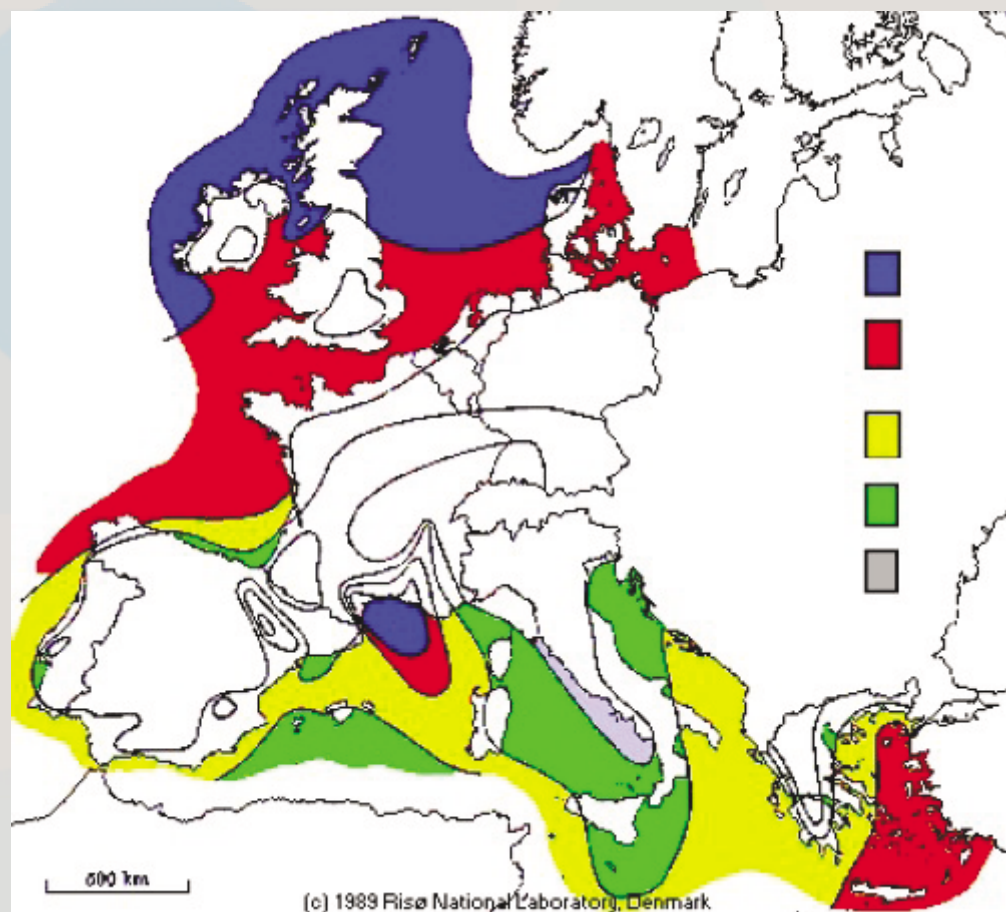
| Source marine      | Usages      |                  |              |
|--------------------|-------------|------------------|--------------|
|                    | Électricité | Chaleur ou froid | Carburants   |
| Vent               | X           |                  |              |
| Mouvements         | X           |                  |              |
| Température        | X           | X                |              |
| Biomasse           | X           | X                | X (liquides) |
| Pression osmotique | X           |                  |              |

Mouvements = courants, marées et vagues

Source : M. Paillard , D. Lacroix et V. Lambin , 2009, p. 19.

## 1.2.1. L'énergie éolienne

- **Technologie à maturité** : des aérogénérateurs avec pales (E mécanique  $\Rightarrow$  E électrique) de plus en plus grands (**1 à 2 MW jusqu'à 6 MW**) et électricité exportée à terre par des câbles sous-marins ; nouvelles possibilités liées aux structures flottantes
- Des zones favorables limitées souvent aux **zones côtières**
- Des **projets de plus en plus importants** : Prinses Amalia, North Sea Power et London Array
- De grandes perspectives pour l'**Europe** : l'éolien offshore en Europe, qui ne représente que 2% du total de l'éolien européen pour l'instant, passerait de 1 276 MW en 2008 à 18 769 MW en 2015 (Etude de Frost & Sullivan)
- **Avantages et inconvénients** de l'éolien off shore par rapport à l'on shore :
  - Avantages : vitesse du vent plus rapide, moindres problèmes paysagers, meilleur facteur de charge et dès lors un moindre recours à des centrales pour pallier à l'intermittence et une production de CO<sub>2</sub> moitié moindre pour une quantité égale d'énergie éolienne produite
  - Inconvénients : sites plus rares, projets plus chers (en Belgique, estimation d'un surcoût de 7 %) mais souvent compensés par d'importants subsides et coût d'interconnexion des sites



Force moyenne du vent  
selon les zones en Europe

Manicore, 2009, p. 3.

|   | 10 m      |                  | 25 m      |                  | 50 m      |                  | 100 m     |                  | 200 m     |                  |
|---|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|
|   | m/s       | W/m <sup>2</sup> | m/s       | W/m <sup>2</sup> | m/s       | W/m <sup>2</sup> | m/s       | W/m <sup>2</sup> | m/s       | W/m <sup>2</sup> |
| ■ | > 8       | > 600            | > 8,5     | > 700            | > 9       | > 800            | > 10      | > 1100           | > 11      | > 1500           |
| ■ | 7 à 8     | 350 à 600        | 7,5 à 8,5 | 450 à 700        | 8 à 9     | 600 à 800        | 8,5 à 10  | 650 à 1100       | 9,5 à 11  | 900 à 1500       |
| ■ | 6.0 à 7.0 | 250 à 300        | 6.5 à 7.5 | 300 à 450        | 7.0 à 8.0 | 400 à 600        | 7.5 à 8.5 | 450 à 650        | 8.0 à 9.5 | 600 à 900        |
| ■ | 4.5 à 6.0 | 100 à 250        | 5.0 à 6.5 | 150 à 300        | 5.5 à 7.0 | 200 à 400        | 6.0 à 7.5 | 250 à 450        | 6.5 à 8.0 | 300 à 600        |
| ■ | < 4.5     | < 100            | < 5.0     | < 150            | < 5.5     | < 200            | < 6.0     | < 250            | < 6.5     | < 300            |

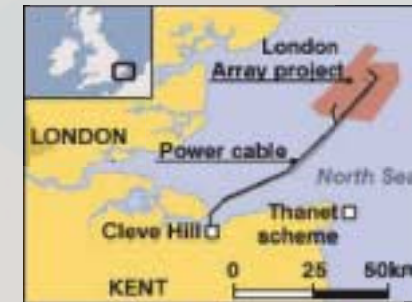
# Des projets éoliens de plus en plus gigantesques

## Prinses Amalia Windpark (Pays-Bas)

- ✓ Mise en service le 5 juin 08
- ✓ 60 éoliennes de 2 MW
- ✓ A 23 kilomètres de la côte dans le block Q7 d'IJmuiden (zone de 14 km<sup>2</sup>)
- ✓ Dans une eau de 19 à 24 mètres de profondeur
- ✓ Sociétés Econcert et Eneco
- ✓ Puissance installée : 120 MW
- ✓ Capacité de production annuelle d'environ 435 GWh,
- ✓ 125 000 foyers
- ✓ 225 000 tonnes de CO<sub>2</sub> évitées

## North Sea Power (Belgique)

- ✓ 2013
- ✓ 60 éoliennes de 5 MW (184 m de haut)
- ✓ à 29 km de la côte
- ✓ C-Power & Eneco
- ✓ Puissance installée : 300 MW
- ✓ Capacité de production annuelle : 1 000 GWh
- ✓ Premiers kWh produits (6 éoliennes) : 2009
- ✓ 600 000 ménages
- ✓ € 800 millions

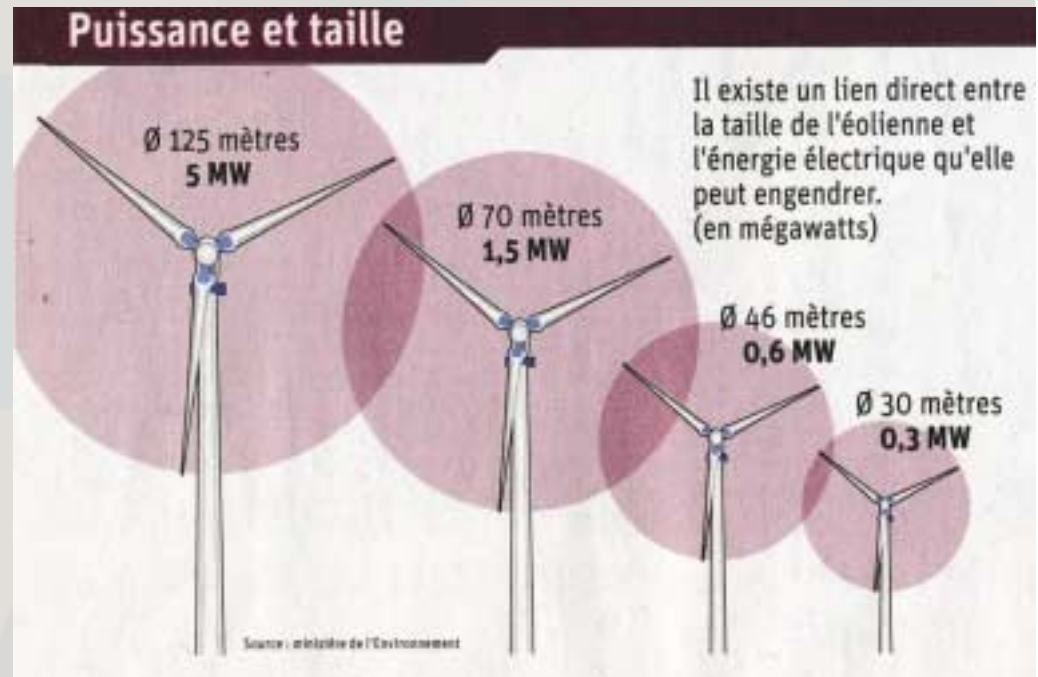


## London Array (RU)

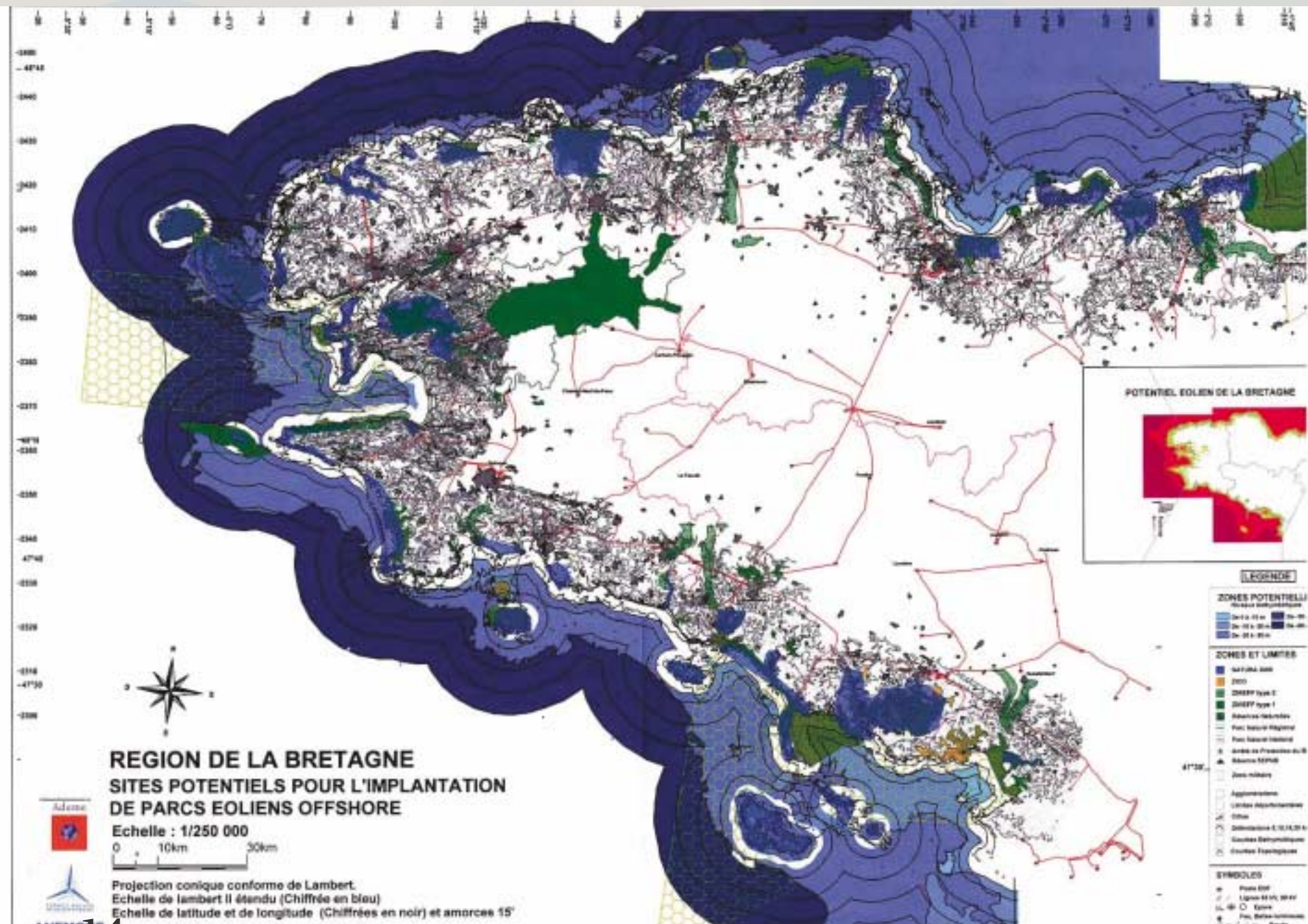
- ✓ 2012
- ✓ Première phase : 175 éoliennes de 3,6 MW construites par Siemens
- ✓ Deuxième phase : 166 éoliennes d'où au total 341 éoliennes
- ✓ 5 stations de raccordement sous-marines et 6 câbles sous-marin
- ✓ A 20 km au large des côtes sud-est de de l'Angleterre, face à l'estuaire de la Tamise (zone de 233 km<sup>2</sup>)
- ✓ Sociétés Eon, Masdar (Abou Dhabi) et Dong Energy (Dk)
- ✓ Puissance installée : 630 MW et 1 GW au final
- ✓ 750 000 foyers
- ✓ 1,9 M tonnes de CO<sub>2</sub> évitées
- ✓ € 2.2 milliards pour la première phase

La première éolienne flottante inaugurée par la Norvège le 8 septembre 2009

Intérêt : utilisable dans des mers de 120 à 700 mètres de profondeur.







# Perspectives de l'éolien en Europe



Source : étude du CENER (Centre national espagnol des énergies renouvelables) publiée par le quotidien espagnol El País,

## 1.2.2. Les énergies marémotrice, hydrolienne et houlomotrice

- **Energie marémotrice**

- La première grande usine : La Rance (240 MW) (1966)(3 à 5 % consommation électrique Bretagne)
- Quelques autres petites centrales
- Peu de projets des années 1970 réalisés car conditions strictes d'implantation, difficultés écologiques et coût
- Un potentiel mondial non négligeable : 160 GW
- Un certain renouveau actuel : inauguration en mai 2009 de la centrale de Sihwa (260 MW) en Corée du Sud et projet Garolim (500 MW) au RU avec des concepts nouveaux

- **Energie des courants marins (hydrolienne)**

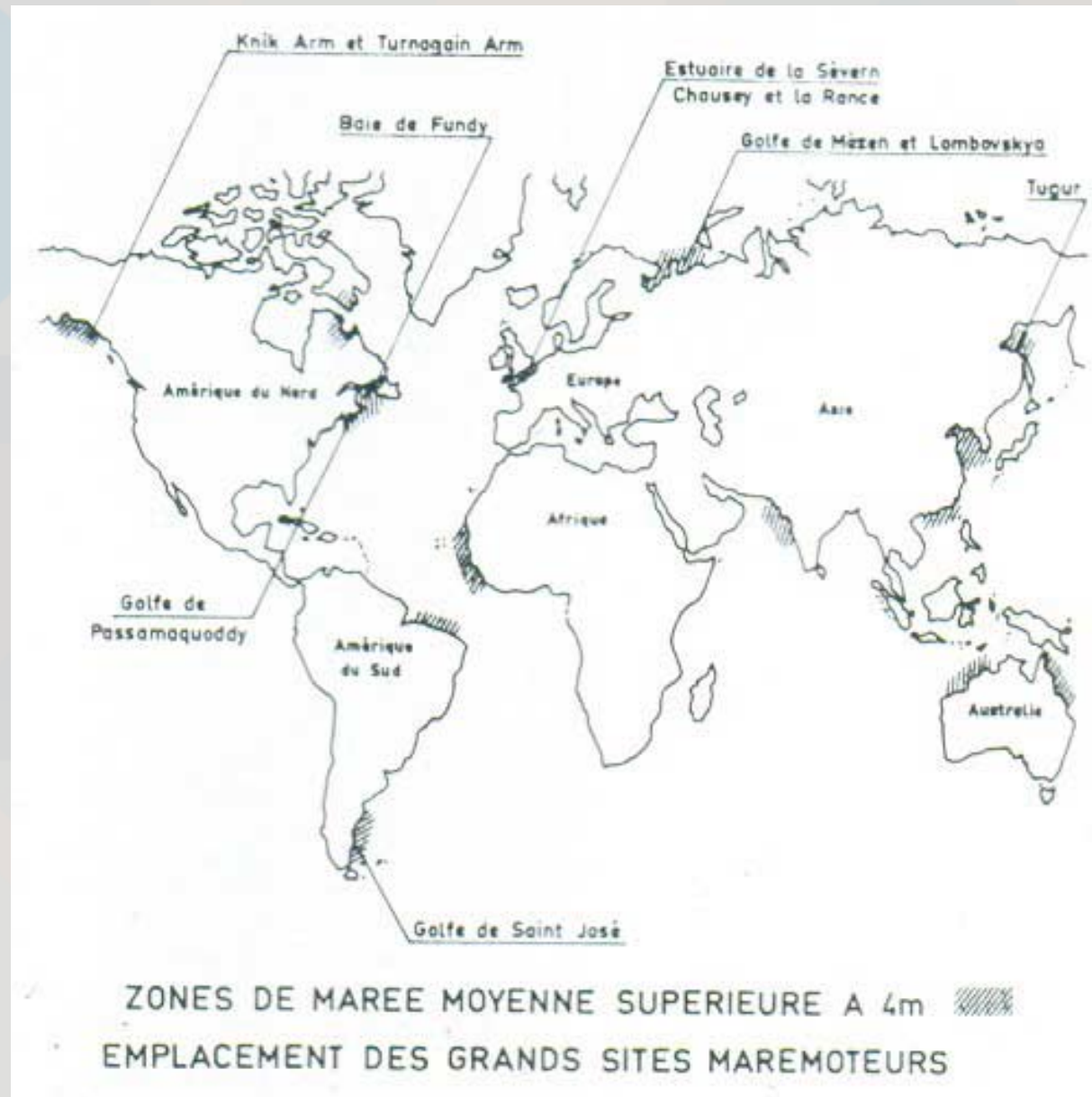
- Energie prédictible au facteur de charge élevé (50 %) et ayant moins d'impact visuel que les éoliennes
- Un potentiel mondial du même ordre de grandeur que les marées
- Des expériences en cours (nécessité d'une vitesse de courant  $> 1,75$  m/sec)
- Une turbine de 10 m peut développer une puissance de 2 MW

- **Energie des vagues ou de la houle (houlomotrice)**

- Potentiel 3 à 4 plus important que le précédent
- Mais récupération difficile de l'énergie des 20 premiers mètres de hauteur
- Quelques expériences comme Pelamis

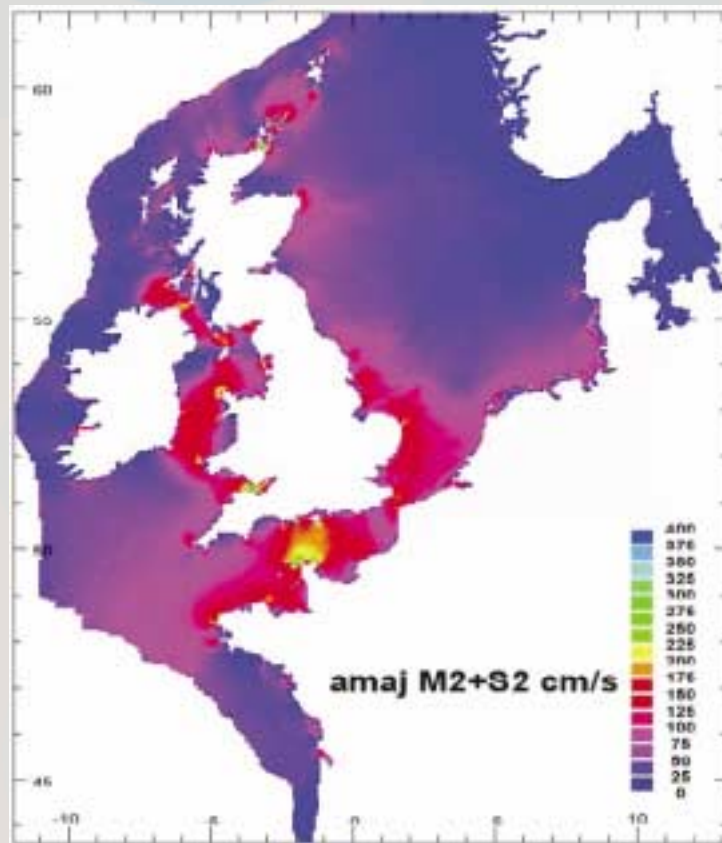




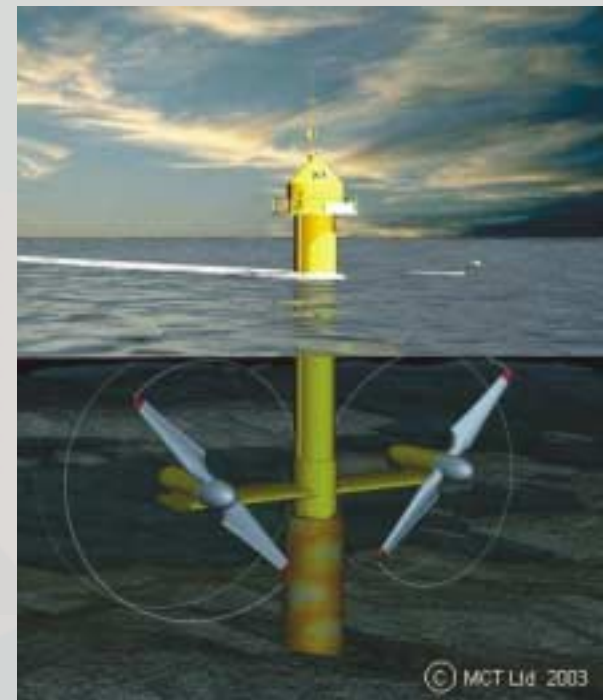




## Les ressources hydroliennes en Europe



Source : Manicore, 2009, p.  
5.



Source : <http://cbesnou.free.fr/Hydroliennes3.jpg>



## Energie des vagues : le dispositif Pelamis Ecosse 750 kW



Source : Manicore, 2009, p. 9.



Source :  
<http://www.cirenew.info/EnergyPhotos/Pelamis.jpg>

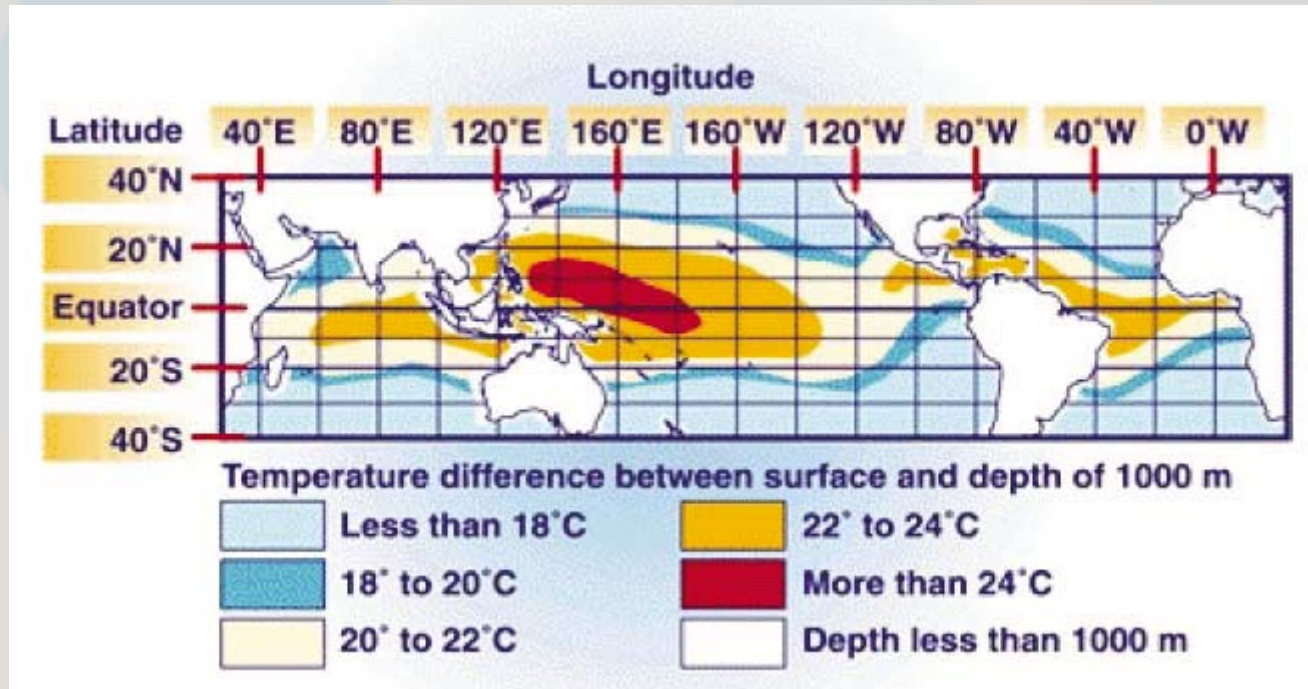
### 1.2.3. Les autres ressources

---

- **Energie thermique des mers**
  - Utilisation d'une différence de  $T^{\circ}$  d'au moins  $20^{\circ}$  pour produire de l'électricité mais aussi de l'eau douce et du froid
  - Potentialités importantes dans zones intertropicales mais avis partagés sur l'avenir possible
  - Dans les zones tempérées, source thermique pour les pompes à chaleur
- **Des micro-algues comme algocarburants**
  - Deux avantages : rendement 10 supérieur à l'huile de palme et absence de conflits avec l'eau et les terres agricoles
  - Deux questions à résoudre : quels territoires mobiliser et comment réduire les coûts de production?
- **Energie des gradients de salinité**
  - Libérée en raison de la différence de salinité entre un fleuve et la mer
  - Méthodes de récupération actuellement testées en Norvège et aux Pays-Bas



## Energie thermique des mers



Source : Manicore, 2009, p. 10.

## Des micro-algues





#### 1.2.4. Essai de synthèse : Avantages et limites des énergies renouvelables marines

| Technologies               | Avantages                                                                                                                                   | Limites                                                                          |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Éolien marin               | Maturité<br>Fort potentiel si flottant                                                                                                      | Surface utile (surface/Mwh)<br>Intermittent                                      |
| Hydrolien                  | Zones peu exploitables<br>par d'autres technologies<br>(courants, zone de passage)<br>Rendement élevé par unité<br>de surface<br>Prévisible | Potentiel global<br>Sites spécifiques limités                                    |
| Marémoteur                 | Maturité<br>Synergie avec l'aquaculture<br>Prévisible                                                                                       | Impacts environnementaux                                                         |
| Houlomoteur (vagues)       | Potentiel mondial<br>Peut agir en brise-lame                                                                                                | Importante occupation spatiale<br>Intermittent                                   |
| Énergie thermique des mers | Potentiel global élevé<br>Froid/Électricité/Eau<br>Synergie potentielle<br>avec l'aquaculture<br>Permanent                                  | Limité surtout aux tropiques                                                     |
| Biomasse                   | Pas d'impact sur la production<br>alimentaire<br>Carburants liquides<br>Sous-produits<br>à haute valeur ajoutée                             | Coût pour l'intensif à terre<br>Risque environnemental en mer<br>(prolifération) |
| Pression osmotique         | Prévisible                                                                                                                                  | Peu mature<br>Zones très utilisées (estuaires)                                   |

Source : M. Paillard, D. Lacroix et V. Lambin, 2009, p. 85.

## 1.3. Les minerais métalliques

---

- A faible profondeur : des diamants, des phosphates et des placers qui sont exploités
- A plus de 2 000 m : des **nodules polymétalliques**, des sulfures hydrothermaux et encrustements cobaltifères
  - Deux particularités intéressantes : richesse en métaux nobles et situation sur le plancher océanique
  - Localisés principalement sur les dorsales ou à proximité
  - Exploitation difficile car problème d'accès et de ramassage
  - Coût élevé
  - Au cœur des océans dans une zone non concédée aux États
- Intérêt quand pression sur la demande (années 1970-1980)

## Des nodules polymétalliques



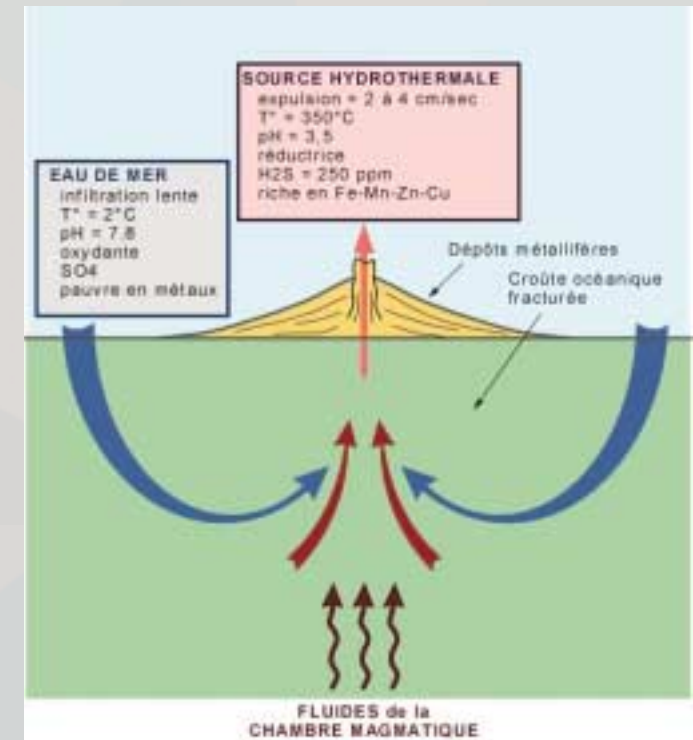
Source : Université  
Laval

Source : IFREMER



25

## Des sulfures hydrothermaux



## 1.4. L'eau de mer

---

- Exploitation du **chlorure de sodium**
  - 35 à 45 gr de sel par litre d'eau
  - Production mondiale de 50 millions de tonnes dont 1/3 en Chine
  - Pratiques artisanales ou industrielles
- **Dessalement de l'eau de mer**
  - En progression malgré des coûts encore aujourd'hui 3 à 4 fois plus élevés que le traitement de l'eau brute
  - Surtout au Moyen-Orient, en Amérique latine et en Espagne
  - 12 500 usines dans 120 pays mais seulement à 0,2 % de la consommation mondiale d'eau
- Transport d'icebergs abandonné
- Captage d'eaux douces sous-marines dans le cas de sources karstiques



## 1.5. Premier bilan

---

- Des ressources se trouvant aux **3 niveaux du « réservoir »** que constitue la mer
  - le volume des eaux surjacentes
  - le sol
  - le sous-sol
- Des ressources **inégalement réparties** à la surface des mers et océans
  - Essentiel des ressources dans les zones côtières, au niveau du plateau continental
- Une **valorisation** assez récente et largement liée à la pression des marchés et aux progrès technologiques
- Des **ressources majeures** (hydrocarbures et de plus en plus l'éolien) et des **ressources potentielles** (les nodules, les hydrates de gaz et l'énergie thermique des mers)

## 2. UN IMMENSE JEU DE STRATÉGIE

## 2.1. Les principaux acteurs

---

- Etats avec littoraux mais aussi sans littoral
- Entreprises d'exploration et d'exploitation des ressources énergétiques et minières, firmes de transport et de commerce international
- Institutions internationales : ONU, UE...
- Organisations non gouvernementales

Avec intérêts divergents et intervenant à différentes échelles spatiales

→ **rapports de forces** engendrant tensions, conflits, voire guerres

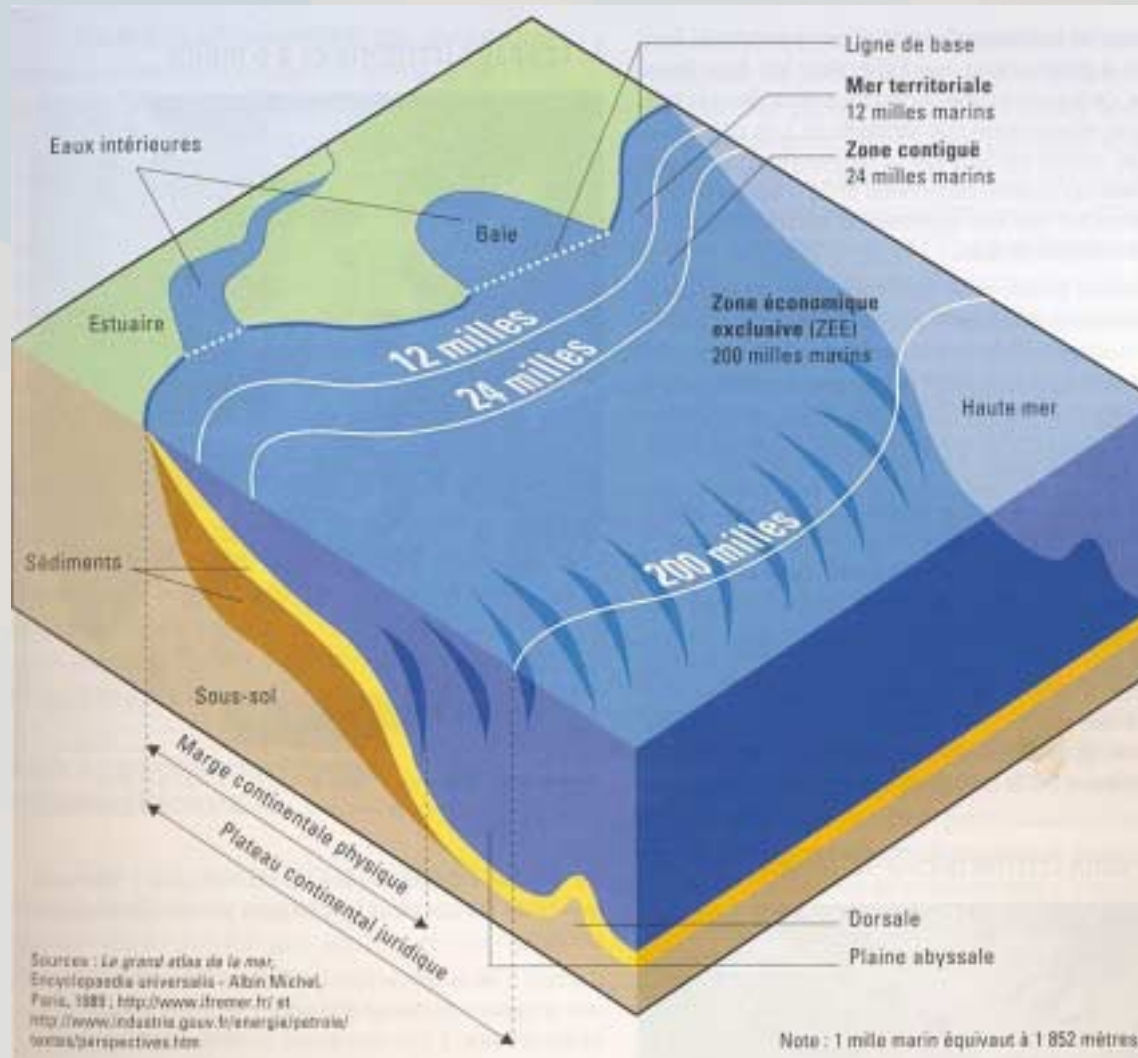
## 2.2. Dès règles du jeu fixées par des conventions internationales

---

- Jusqu'en 1958
  - Eaux territoriales soumises au pouvoir souverain de l'Etat riverain (3 milles marins ou 5,5 km)
  - Eaux de haute mer ouvertes à tous
- 1958 : Conventions de Genève
  - Mer territoriale, zone contigüe, haute mer et **plateau continental**
  - Conservation des ressources biologiques
- 1970 : Résolution 2749 de l'AG des NU: fonds des mers = patrimoine commun de l'humanité
- 1982 : Convention de Montego Bay (CUNDM)
  - Confirme et reprécise l'extension des 4 zones de Genève
  - Ajoute 4 zones : les eaux archipélagiques, la **ZEE**, les détroits navigables et le fond des mers
  - Contient des dispositions relatives à tous les sous-espaces en matière de protection, de recherche scientifique, d'exploration et d'exploitation des ressources ainsi qu'un système global pour le règlement des différends (tribunal d'Hambourg)
  - Entrée en vigueur en 1994



## Les limites de juridiction et de souveraineté



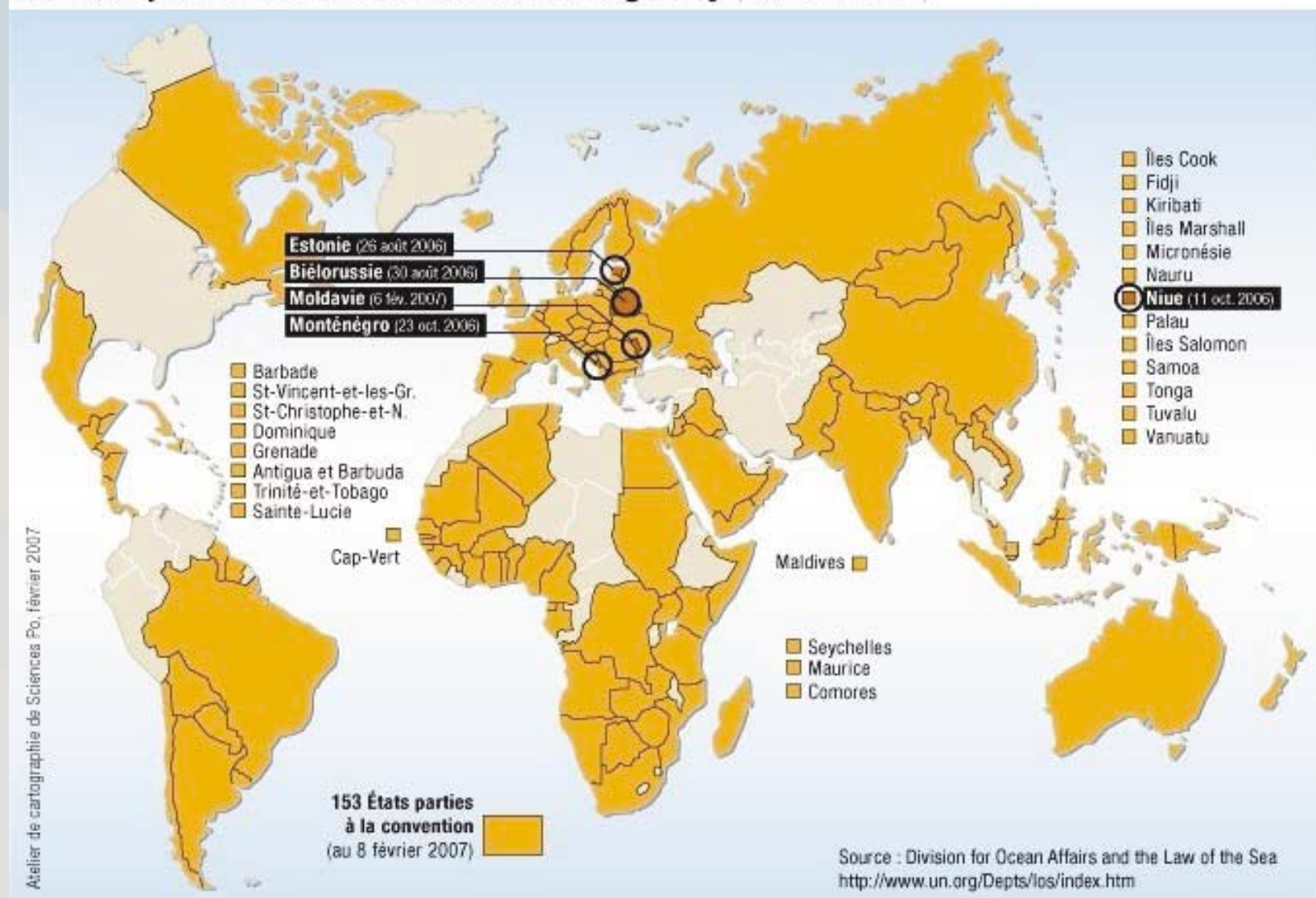
22, 2 km

44,4 km

370 km

Source : J.-P. Quéneudec, 2005, p. 22.

## Les États parties à la convention de Montego Bay (février 2007)



## 2.3. Deux grands types d'espaces maritimes

- **Les espaces maritimes nationaux**

- Le territoire maritime (jusqu'à 12 milles) même souveraineté que sur terre
  - eaux intérieures (ports et rades)
  - mer territoriale
- Les zones maritimes sous juridiction nationale
  - zone contigüe (jusqu'à 24 milles) : contrôle et répression des infractions
  - ZEE (jusqu'à 200 milles) : réglementation de l'exploitation des ressources biologiques et la lutte contre la pollution
  - + plateau continental (si celui-ci va au-delà de 200 milles avec limite à 350 milles): droits de fait sur l'exploration et exploitation

- **Les espaces maritimes internationaux**

- La haute mer
- La zone internationale des grands fonds
  - Au-delà des plateaux continentaux appartenant aux différents Etats
  - « Bien commun » mais possibilité de contrats d'exploration

+

- **Les détroits internationaux** : droit de passage en transit
- **Les eaux archipélagiques** (Indonésie, Philippines) : idem

## 2.4. Des contestations et des conflits (1)

- Beaucoup de zones de chevauchement notamment à cause des îles
- Un exemple : la mer Egée

1. Les eaux territoriales à 6 milles



2. Les eaux territoriales à 12 milles



Si la Grèce demandait l'application du principe de 12 milles, sa mer territoriale passerait de 43,68 % à 71 % de la mer Egée → refus de la Turquie qui n'a pas signé la convention

Source : J.-P. Quéneudec, 2005, p. 24.



## 2.4. Des contestations et des conflits (2)

- Problèmes surtout au niveau du plateau continental et de la ZEE à cause des ressources
  - ZEE = 8% de la superficie de la planète mais 90 % des prises mondiales de poissons et majorité des forages offshore
- Si côtes de 2 Etats à moins de 400 milles marins, délimitation maritime via accord bilatéral ou à défaut auprès d'un tribunal international
  - Critère majeur = ligne médiane
  - Autres critères : configuration des côtes, structure géologique du plateau continental, présences d'îles, limites reconnues tacitement...
- Aujourd'hui plus de la moitié des 450 frontières maritimes de la planète non délimitées



Source : J.-P. Pancraccio, 2005, p.

81.



## 2.5. Quatre exemples : 1. La mer de Chine



Source : Diplomatie, 2007, p. 55.

7 bassins d'hydrocarbures et des réserves estimées à 23 milliards de tonnes

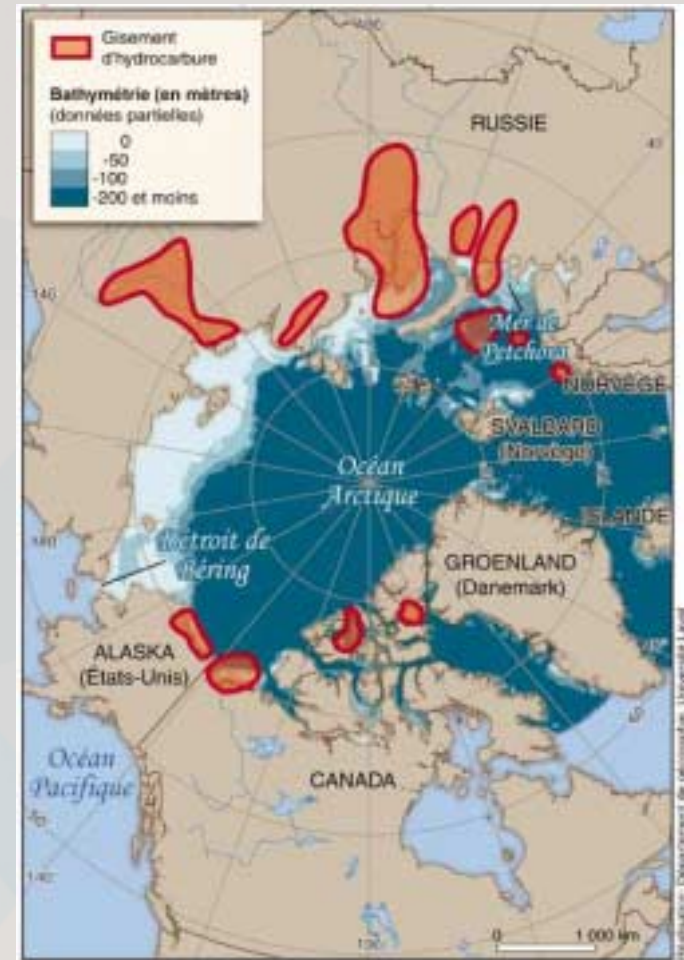
Un territoire revendiqué par 7 pays en dehors de la Chine qui estime que ce territoire appartient à son plateau continental

Déjà 200 puits exploités avec l'aide de compagnies étrangères

La Chine veut faire valoir ses droits en s'appuyant sur les règlements maritimes internationaux

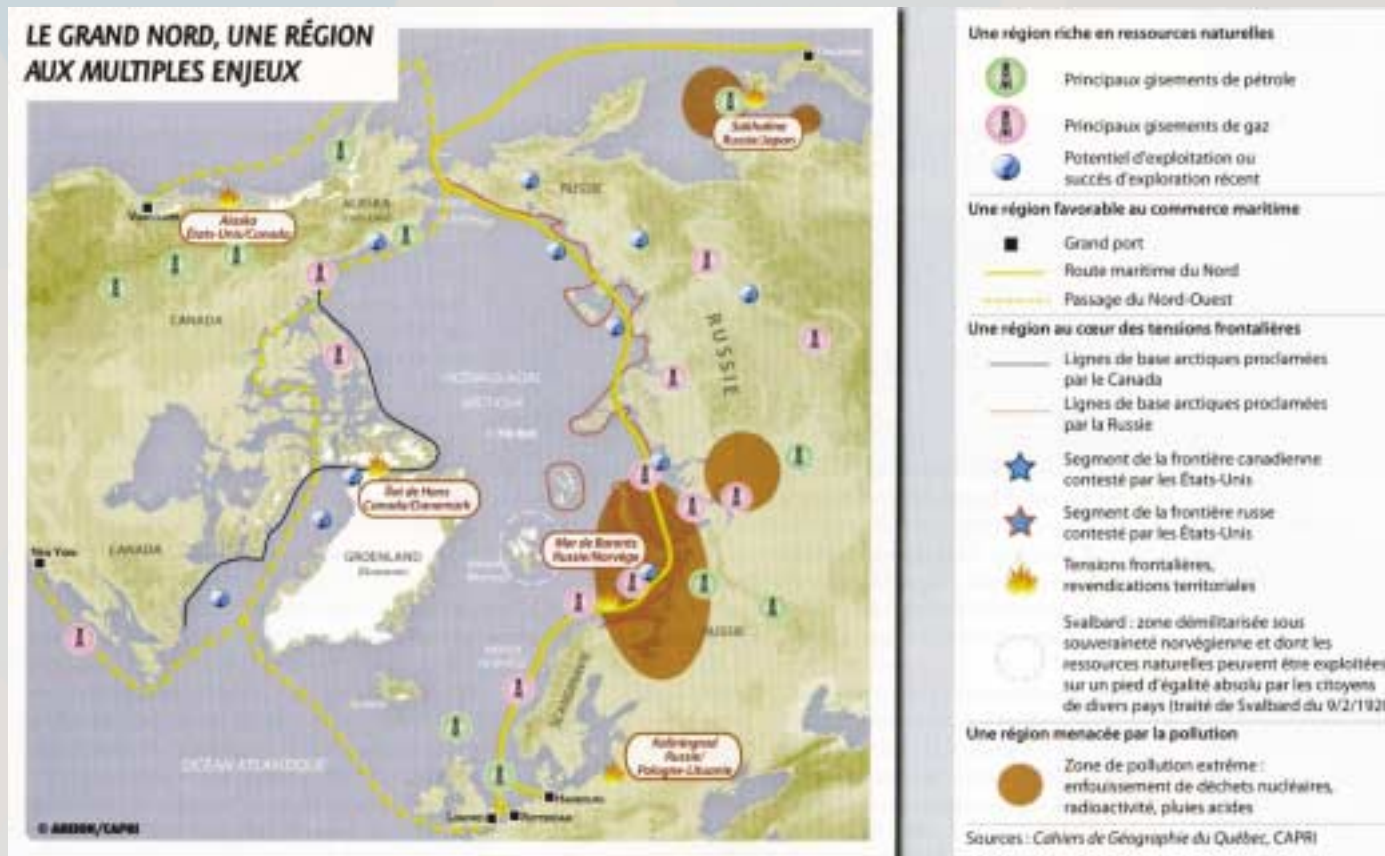
## 2.5. Quatre exemples : 2. L'Arctique russe

- Depuis 1977, prospection de l'Arctique grâce à des brise-glaces à propulsion nucléaire
- 26 juin 2007 : la Fédération de Russie a déclaré qu'elle était en droit de revendiquer 1,2 million de km<sup>2</sup>; un litige l'oppose depuis longtemps à la Norvège
- La zone pourrait receler 10 milliards de tonnes d'hydrocarbures
- Le pays a lancé d'importantes recherches océanographiques pour justifier un nouveau tracé de la limite extérieure de son plateau continental



Source : F. Lasserre et C. Rivard, 2007.

## 2.5. Quatre exemples : 3. Le Grand Nord canadien



Source : Diplomatie, 2007, p. 51.

Nouveaux enjeux liés au réchauffement climatique

Pas de contestation sur les ressources énergétiques et minières

Mais contestation au niveau du passage : détroit international ou non? Grand enjeu car possibilité d'une nouvelle route Londres-Tokyo (15 030 km à la place de 23 300 km par Panama)



## 2.5. Quatre exemples : 4. Les détroits internationaux



Source : Diplomatie, 2007, p. 74.

Importance croissante dans le cadre de la mondialisation  
Coïncidence entre les détroits stratégiques et les zones de tension

Les frictions entre Etats riverains a conduit les pays consommateurs à intervenir en y implantant des bases militaires ou en y organisant des manœuvres navales



# Conclusion

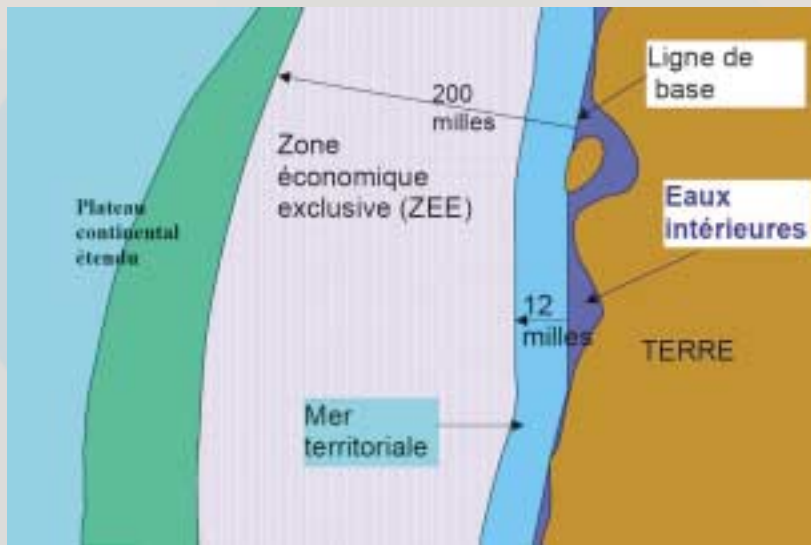
---

- Une course aux ressources qui concerne de + en + les mers et océans
- Des **défis** en termes de prospection, d'exploitation et de transport plus grands que sur terre car contraintes économiques, écologiques et technologiques et enjeux géopolitiques en raison du statut des mers et océans
- Un **territorialisation des mers et océans** poussée par les ressources
- Enjeux géostratégiques surtout sur les plateaux continentaux et les ZEE et pour les hydrocarbures et ressources minières
- Pour les ressources renouvelables exploitées dans les territoires maritimes nationaux, les problèmes sont davantage d'ordre de gestion et de régulation des usages même, si dans ce cas, il existe aussi d'importants défis technologiques , écologiques et économiques

## Sources principales

---

- MERENNE-SCHOUMAKER B., *Géographie de l'énergie. Acteurs, lieux et enjeux*, Paris, Belin SUP Géographie, 2007.
- PAILLARD M., LACOIX D. et V. LAMBLIN (coord.), *Energies renouvelables marines. Etude prospective à l'horizon 2030*, Versailles, Editions Quae, 2009.
- *Géopolitique et géostratégie des mers et des océans*, Diplomatie, Hors-série 02, Août-septembre 2007.
- *Mers et océans*, Questions internationales, La documentation Française, n° 14 juillet-août 2005.
- Différents sites : Actes du Festival international de géographie de Saint-Dié 2009, Le Club des Argonautes, IFREMER et Manicore
- Le texte relatif à cet article a été publié dans les Actes du Festival international de Géographie de Saint-Dié 2009  
[http://fig-st-die.education.fr/actes/actes\\_2009/merenne/article.html](http://fig-st-die.education.fr/actes/actes_2009/merenne/article.html)



Merci pour votre attention

### Où trouver du pétrole ? Les grands bassins sédimentaires off shore

