



**HAL**  
open science

## Energies

Louis Boisgibault, Raymond Woessner

► **To cite this version:**

Louis Boisgibault, Raymond Woessner. Energies. Géographie des mers et des océans, Atlante, 2014, 9782350302751. halshs-01121821

**HAL Id: halshs-01121821**

**<https://shs.hal.science/halshs-01121821v1>**

Submitted on 19 Nov 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# **GEOGRAPHIE DES MERS ET DES OCEANS**

## **Chapitre du livre : ENERGIES**

**Louis BOISGIBAULT, Paris-Sorbonne.**

Le potentiel des mers et des océans est considérable en matière énergétique. L'enjeu traditionnel a d'abord été d'évaluer les réserves d'hydrocarbures sous-marines pour voir si ces gisements potentiels de pétrole et de gaz, prouvés ou non, pouvaient être exploités dans des conditions techniques et économiques satisfaisantes. Le nouvel enjeu est aujourd'hui d'accélérer la transition énergétique en exploitant de manière plus efficace toutes les ressources mises en évidence par les géographes, à savoir les marées, les courants, les vagues, les différences de température et de salinités des eaux, le vent. Ces deux enjeux ne doivent pas s'opposer mais se compléter naturellement puisque les réserves d'hydrocarbures de la planète sont, par définition, limitées et l'extraction les détruit à jamais. Sans entrer dans le débat sur le pic pétrolier, c'est-à-dire la détermination de la date où le sommet de la courbe de production de pétrole et de gaz en mer sera atteinte, on peut affirmer que cette production plafonnera puis commencera à décliner, le moment venu, en raison de l'épuisement des réserves exploitables.

La géographie physique, par l'océanographie, la géomorphologie, la climatologie montre que les mers et océans sont inégaux en volume, en masse, en profondeur et en caractéristiques. Cela a bien évidemment un impact sur la facilité d'accéder aux ressources en hydrocarbures sous-marines et sur les potentialités des énergies renouvelables marines. Pour les hydrocarbures, la géologie et la géophysique vont compléter la première analyse géographique en évaluant les strates de roches et en étudiant les éléments constitutifs des roches sous-marines.

Pour les énergies renouvelables marines, dans la plupart des cas, une puissance cinétique va produire de l'électricité, en profondeur ou à la surface des mers et des océans, par un dispositif adéquat qui est raccordé au réseau pour commercialiser les électrons ainsi générés. On distingue généralement 6 filières de production électrique, à savoir l'énergie marémotrice, l'énergie de la houle, l'énergie des courants, l'énergie thermique des mers, l'énergie

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

osmotique, l'énergie du vent. De manière générale, l'installation peut avoir des fondations sous-marines ou être flottante. Elle est reliée par câble au réseau électrique terrestre de transport ou de distribution. Le raccordement au réseau électrique est effectué par un câble sous-marin qui part de l'installation en mer pour aller jusqu'à un poste source à terre, interface nécessaire pour injecter le courant. Le coût économique doit être optimisé en évitant un trop grand éloignement de l'installation électrique de la côte.

On peut enfin ajouter dans les énergies renouvelables marines, l'exploitation des algues marines pour produire des biocarburants de troisième génération, susceptibles d'alimenter le moteur à explosion des véhicules.

Ainsi, dans le champ disciplinaire de la géographie, cette analyse de l'énergie des océans se réfère à la distribution spatiale des productions, des consommations et des échanges (Brunet et al, 1992), à l'étude des relations entre nature et société (Dauphiné, 2003) et à la discordance entre les zones de production et de consommation impliquant des flux de matière énergétique (Merenne-Schoumaker, 2007). Elle se base aussi sur les travaux des économistes de l'énergie sur l'avenir énergétique et la transition énergétique (Jean-Marie Chevalier, 2012 et 2013).

Dans la première partie, une analyse est faite pour comprendre l'évolution de l'extraction d'hydrocarbures sous-marine vers l'ultraprofond. Le progrès technologique permet d'accéder à des profondeurs inédites mais implique une prise de risques et des coûts plus importants. Dans la seconde partie, le potentiel des mers et des océans est expliqué pour les énergies renouvelables marines afin d'apprécier leur contribution à la transition énergétique et voir dans quelles mesures ces énergies peuvent prendre le relais.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

## **HYDROCARBURES, DE L'OFFSHORE A L'ULTRAPROFOND**

### **L'offshore pétrolier, un potentiel important croissant**

L'offshore pétrolier est l'exploration production du pétrole dans les mers et les océans. Le terme anglais d'offshore qui signifie « au large des côtes » s'est imposé dans le langage technique, montrant ainsi l'importance des anglo-saxons dans la conquête du pétrole. De manière conventionnelle, cette exploration sous-marine a commencé de manière industrielle juste après la deuxième guerre mondiale, au large de la Louisiane, à moins de 400 mètres de profondeur. Elle a progressivement évolué vers des profondeurs allant jusqu'à 1 500 mètres dès les années 1980. Passée cette limite, l'industrie qualifie ces forages d'ultra profonds. Nous allons analyser cette évolution.

La température de l'eau baisse rapidement avec la profondeur pour se stabiliser à quelques degrés au-dessus de 0 °C. La pression augmente de 1 bar tous les 10 mètres, en raison du poids de l'eau, le plus souvent salée. Lorsqu'elle atteint 150 bars à 1500 mètres de profondeur, cela équivaut à une pression de 6 tonnes sur une surface équivalente à celle d'un téléphone portable. On comprend ainsi plus aisément que les difficultés augmentent au fur et à mesure que l'exploration sous-marine s'enfonce sous les océans, notamment pour l'intervention humaine, la résistance des équipements à utiliser et la corrosion.

Le pétrole et le gaz naturel ont la même origine puisque la molécule de gaz naturel provient de la décomposition de la molécule de pétrole au fil des siècles et des transformations géologiques des profondeurs. L'accumulation des dépôts d'organismes marins et de planctons, au fond des océans au cours des siècles, ont constitués des sédiments. Ces sédiments ont formé les roches primaires qui contiennent les molécules d'hydrocarbures. La molécule de gaz naturel est plus légère que celle de pétrole. Cela signifie que l'exploration pétrolière est associée à l'exploration gazière et les deux ne peuvent être dissociées. Cette exploration sous-marine concerne principalement les hydrocarbures dits conventionnels, qui regroupent ces productions de pétrole et de gaz dans des gisements formés par migration des molécules d'hydrocarbures depuis des roches mères vers des structures salines.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

Les hydrocarbures non conventionnels (gaz et huiles de schiste), qui ont pris de l'importance récemment, ainsi que le charbon, concernent moins l'exploitation sous-marine, même si l'on peut supposer que des réserves sont aussi sous les mers.

Au niveau des réserves mondiales de pétrole et de gaz, il faut distinguer les réserves prouvées (probabilité supérieure à 90 % d'être extraites, P90), des réserves probables (probabilité supérieure à 50 %, P50) et des réserves possibles (probabilité supérieure à 10 %, P10). Evaluer les réserves est un enjeu majeur pour cette industrie et les nouvelles découvertes ont toujours tendance à repousser inexorablement les scénarios de fin du pétrole.

Pour connaître le potentiel du pétrole et du gaz offshore et les évolutions futures des productions d'énergie, les économistes de l'énergie font référence aux statistiques publiées par l'Agence Internationale de l'Energie et les compagnies pétrolières. L'Agence est une entité autonome de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE). Elle publie chaque année le World Energy Outlook qui est la publication de référence. L'Institut Français du Pétrole est aussi un organisme incontournable pour la formation et la recherche dans les métiers amont du pétrole et du gaz. Toutes ses données sont reprises, analysées et publiées dans des revues scientifiques telles le *Oil & Gas Journal*.

Le Venezuela est devenu la première réserve mondiale de pétrole, estimée à 298 milliards de barils (c'est-à-dire de barriques de 159 litres), suivi par l'Arabie Saoudite (265), l'Alberta (170), l'Iran (155), Irak (145), la Russie (80), Lybie (46), chiffres 2012. La carte des grands gisements offshore ne coïncide pas exactement avec cette liste de pays, notamment en ce qui concerne le Golfe de Guinée et la mer du Nord. Des forages offshore importants sont effectués au large de l'Angola et de la Grande Bretagne, c'est-à-dire dans des zones géographiques où les réserves sont moindres. Par contre, le golfe Arabo-Persique est une zone exceptionnelle qui détient environ 60% des réserves mondiales de gaz et qui connaît aussi de grands gisements offshore.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

Pour donner un ordre de grandeur indicatif, l'offshore représente 20 % des réserves mondiales de pétrole et 30 % de celles de gaz en 2013. La production offshore représente 30 % de la production mondiale de pétrole et 27 % de celle de gaz. Pour l'offshore profond, ce chiffre baisse à environ 6% de la production

mondiale de pétrole et de gaz. La tendance dans les années à venir montre une augmentation des forages profonds, avec un pourcentage de la production d'hydrocarbures en offshore profond qui pourrait presque doubler d'ici 2035. Les chiffres sont toujours à prendre avec précaution, tant les rebondissements sont importants dans l'industrie du pétrole et du gaz. 450 champs à plus de 1000 mètres de profondeur ont été identifiés et sont principalement dans l'océan Atlantique, répartis aux Amériques (38% dans le golfe du Mexique et 18% au Brésil) et en Afrique (26% dans le golfe de Guinée). Ces zones géographiques concentrent actuellement les investissements dans l'exploration sous-marine profonde. La mer du Nord, qui est la région la plus importante au monde pour le forage en mer, a une production et des réserves qui déclinent et les compagnies internationales s'y intéressent moins.

Ces données confirment que l'exploration pétrolière et gazière offshore est une activité en croissance et que sa part dans la production mondiale augmente.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

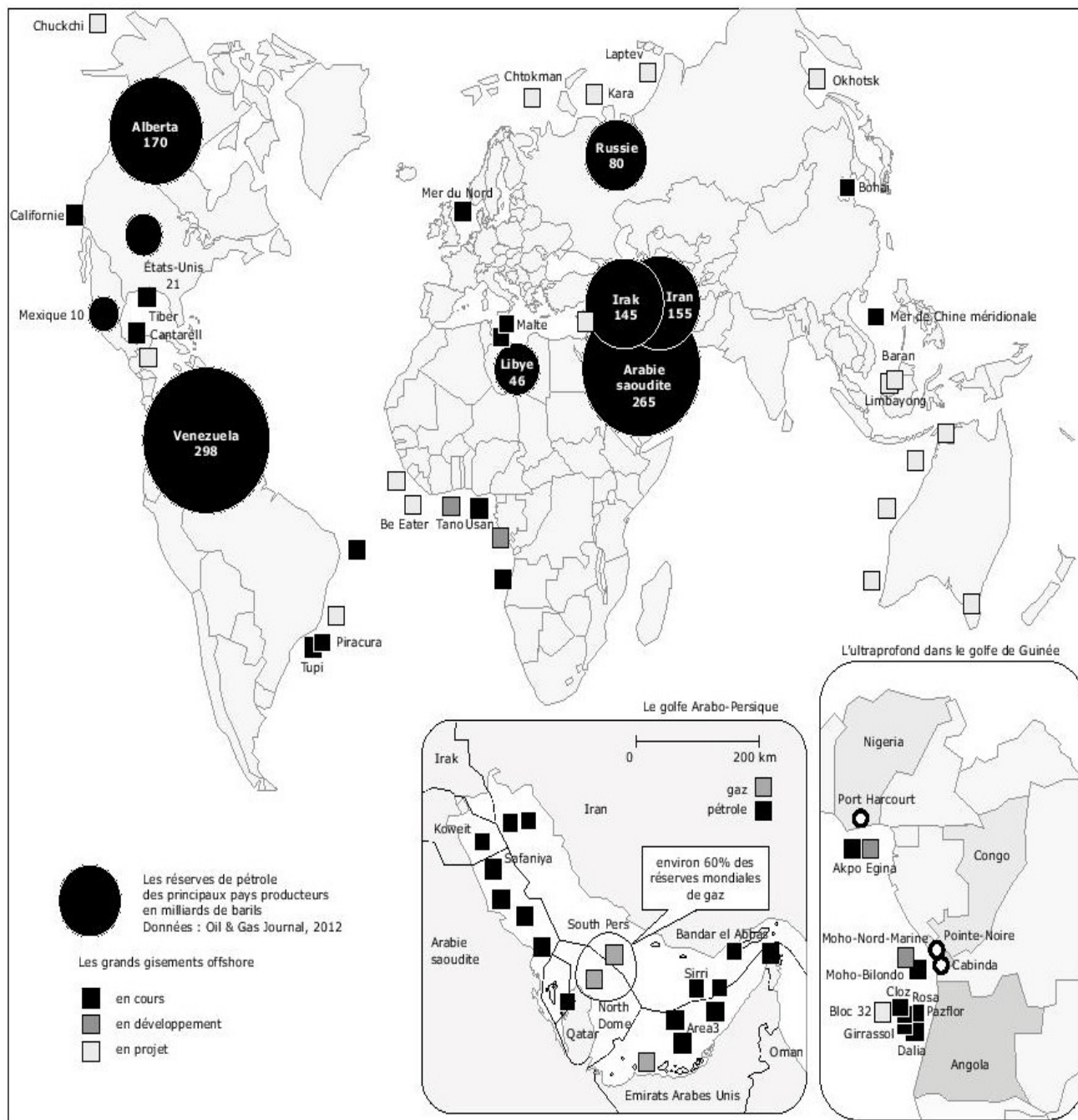
*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

## La répartition des gisements offshore dans le monde



Livre : Géographie des mers et des océans.

Préparation CAPES / Agrégation de géographie

Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.

Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.

Editeur Atlande, octobre 2014

ISBN – 13 : 9782350302751

## **L'offshore pétrolier, amont d'une chaîne de valeur mondialisée**

Les métiers du pétrole et du gaz sont traditionnellement classés selon la chaîne de valeur d'amont en aval. Dans le cas présent, l'offshore pétrolier concerne la filière amont d'exploration production. Cependant, il est important de bien comprendre toute la chaîne de valeur de l'exploration production sous-marine car l'amont n'a pas de sens si le pétrole brut et le gaz naturel extraits ne sont pas traités et acheminés correctement vers les zones de consommation. La filière aval du secteur comprend le raffinage du pétrole, c'est-à-dire la transformation du pétrole brut issu des gisements offshore en produits finis (tels que l'essence, le gazole, le fioul, le bitume...) et la distribution. La distribution consiste à stocker les produits finis, à les transporter et à organiser la commercialisation vers le client final. La filière aval est donc celle du raffinage – distribution.

Dans le cas particulier de l'exploration production en mer, on comprend aisément que le lien entre la filière amont et aval est plus complexe puisqu'il faut acheminer le pétrole brut et le gaz naturel de la plate-forme de forage vers la terre ferme, dans des conditions économiques acceptables. De manière générale, le transport de pétrole brut se fait par bateaux ou oléoducs des lieux de production vers les raffineries. L'oléoduc a l'inconvénient de demander un investissement en infrastructure important et la destination ne peut pas être changée une fois la construction achevée. Les raffineries étaient traditionnellement dans les pays développés, près des lieux de consommation. La tendance est actuellement de relocaliser les raffineries plus près des lieux de production.

Pour le gaz naturel, la logique est similaire avec, en amont, l'extraction et le traitement du gaz naturel. Le transport de gaz naturel est beaucoup plus difficile que le pétrole. Il se fait sous forme gazeuse par gazoducs et sous forme liquide par méthaniers. Les compagnies étaient moins intéressées par les gisements de gaz naturel en mer car il était plus difficile et moins rentable de le transporter sur la terre ferme, surtout lorsque le gisement était petit. Les usines de liquéfaction, qui sont proches des lieux d'extraction et souvent dans des pays émergents, vont liquéfier le gaz naturel à 160°C pour qu'il perde 600 fois son

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*



volume. Le gaz naturel liquéfié (GNL) va ainsi être chargé sur les méthaniers puis transporté vers les usines de regazification. Ces usines, comme leur nom l'indique, regazifient le gaz naturel liquéfié afin de pouvoir l'injecter les réseaux de transport et de distribution. A noter que le gaz est odorisé artificiellement à cette étape, n'ayant pas d'odeur naturelle contrairement aux idées reçues. L'aval de la chaîne gazière démarre avec cette étape, avec l'injection au réseau de transport, le stockage et la distribution. A titre d'exemple, la France dispose de deux installations portuaires majeures, l'une à Montoir-de-Bretagne, l'autre à Fos-sur-Mer, et la Belgique dispose du terminal de Zeebrugge, ville portuaire qui est devenue un nœud gazier de l'Union Européenne, pour accueillir en toute sécurité les méthaniers qui arrivent traditionnellement d'Algérie. Les géographes qui étudient les ports et les dynamiques commerciales des échanges de marchandises ne doivent pas oublier ces ports dédiés à l'importation de GNL. Les contrats d'importation sont des contrats d'achat à long terme entre l'Algérie exportatrice et les importateurs France et Belgique. Plus récemment, avec la déréglementation, des contrats spot ont permis à des méthaniers de décharger des cargaisons ponctuelles de gaz venant d'ailleurs.

Les océans disposent donc de ressources importantes en matière d'hydrocarbures. Ils sont devenus le vecteur essentiel de la mondialisation des échanges pétroliers et gaziers. La production offshore est rendue possible par le progrès technologique mais aussi par l'adaptation de toute la filière pour pouvoir traiter et écouler les produits finis auprès des consommateurs finaux. Des flottes de navires ont été construites au fil des années et des infrastructures portuaires adaptées à ce type de négoce. L'exploration production pétrolière et gazière, et sa dimension offshore, est donc le maillon le plus en amont de la chaîne de valeur mondialisée. L'aventure humaine que représente le développement de nouveaux projets est telle que les ingénieurs sont considérés parfois comme faisant partie d'une certaine aristocratie dans le milieu du pétrole et du gaz puisque le métier exige à la fois une très grande technicité et une très grande mobilité.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

## **Les étapes du développement d'un champ offshore**

La première étape consiste bien évidemment à localiser le gisement pétrolier et gazier en mer, ce qui constitue un enjeu très important. Depuis 150 ans, les prospecteurs de pétrole ont creusé plus de 2 millions de puits dans le monde, avec l'espoir de trouver le gisement rentable. Les progrès technologiques ont permis d'accroître significativement les chances de succès, qui sont passées de 10% à plus de 50%. La localisation en pleine mer des ressources hydrocarbures rend la phase d'identification plus compliquées techniquement, plus risquées et plus onéreuses mais le progrès scientifique permet à l'exploration d'être plus précise. Dans l'exploration offshore, les conditions matérielles étant plus difficiles et les coûts plus importants, il est particulièrement important de maximiser ces chances de succès avant d'entreprendre les forages. Lorsque la présence d'hydrocarbures est confirmée, le taux de récupération, c'est-à-dire la part de pétrole à extraire du gisement, doit être au maximum.

Les États, propriétaires et responsables uniques des décisions concernant l'usage de leur domaine maritime, accordent généralement aux opérateurs deux types de permis, le permis d'exploration et le permis de production. Le permis de production est attribué à la demande du titulaire d'un permis d'exploration qui a découvert des hydrocarbures dans des quantités commercialement exploitables.

Les entreprises qui interviennent dans ce secteur pétrolier sont des compagnies publiques étatiques ou privées, certaines étant positionnées sur toute la chaîne de valeur, d'autres étant uniquement sur certaines activités de l'amont ou de l'aval, avec des compétences plus ou moins fortes pour l'exploration production en mer. Des entreprises para-pétrolières, sous-traitantes des précédentes, ont des domaines d'intervention variés, allant des études sismiques aux travaux de forage pour l'amont. Elles peuvent, par exemple, concevoir, fabriquer et installer des conduites rigides et flexibles, des ombilicaux, pour le développement des champs sous-marins d'hydrocarbures.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

Les réserves terrestres étant souvent exploitées par les sociétés nationales des États producteurs (Arabie saoudite, Mexique...), l'offshore crée une opportunité pour les majors privés qui y ont réalisé la plupart de leurs grandes découvertes récentes. La complexité juridique et financière du financement des investissements de plates-formes pétrolières en mer est accrue. Les banques et les assurances peuvent préférer financer et assurer un forage offshore plutôt qu'un forage à terre dans un pays difficile. Le risque pays peut être jugé plus faible. En effet, en cas d'émeutes ou de révolution, la production d'hydrocarbures en mer pourra continuer d'être assurée et livrée par bateau. La performance de l'exploitation peut être meilleure en mer, ce qui a une incidence directe positive sur les livraisons et donc sur les flux de trésorerie générés par le projet. Ces flux financiers remboursent souvent la dette mise en place pour financer l'investissement. Le comité de crédit des banques participantes et les assurances vont analyser ces risques dans le plus grand détail pour rendre les projets bancables.

Les géologues, géophysiciens, ingénieurs de réservoir, ingénieurs forage et ingénieurs de production sont les professionnels qui interviennent en premier pour estimer l'importance d'un gisement en mer. Les géologues étudient la nature des roches alors que les géophysiciens étudient de la nature et de la structure interne de la Terre. Le géologue fait un travail d'investigation et d'analyse, au niveau d'échantillons et de bassins sédimentaires, qui va être associé en permanence aux applications fournies par la géophysique et l'ingénierie réservoir. Ils recommandent des zones prospectives pour trouver des gisements potentiels qui seront définis en termes de risques et de volumes en hydrocarbures. Le navire sismique permet de se rendre sur le champ potentiel pour récolter des données. Les données de recherche sismique permettent d'envisager la prospection. Le traitement et l'interprétation de ces données sismiques, faites souvent par des entreprises internationales spécialisées dans la sismique marine, peuvent révéler l'existence d'un potentiel d'hydrocarbures et géolocaliser le meilleur gisement. L'arrangement contractuel avec l'État est déterminant pour savoir si la compagnie pétrolière jouit d'une concession, doit établir une joint-venture avec une compagnie locale, bénéficie d'un contrat de partage de production ou si elle est simple participante ou conseiller technique. Après cette phase de prospection géophysique et géologique et une bonne répartition des rôles et des responsabilités, l'opérateur fait le premier forage d'exploration en mer.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

Au fur et à mesure de l'avancée des découvertes, des plates-formes pourront être construites pour l'occasion, de manière fixe ou flottante, avec un ancrage nécessaire vers le fond de la mer ou de l'océan. L'exploitation ne se fait plus avec des plates-formes fixes au-delà de quelques centaines de mètres mais avec des installations flottantes. Les conditions de température et de pression deviennent plus complexes et rendent les conditions d'exploitation et d'intervention plus difficiles. La mauvaise météo et les tempêtes peuvent détériorer les conditions de travail. Lorsque l'intervention humaine est impossible, l'opérateur a recours à des robots téléguidés, pour les forages profonds. Le nombre de puits doit être limité, en raison des coûts importants. De manière générale, les installations doivent être fiables et autonomes pendant la durée de l'exploitation, c'est-à-dire parfois 20 ans, car les interventions humaines sont difficiles.

Au niveau des plate-formes pétrolières, on va distinguer les plates-formes de production qui servent à la production mais qui n'a pas de logements, d'unités mixtes permettant forage et logement des personnels et des plates-formes de vie, uniquement pour le logement des personnels.

Les plates-formes fixes, construites sur du béton ou de l'acier sur le fond de l'océan, est immobile. Elles vont atteindre plusieurs centaines de mètres de haut. Dès que la profondeur augmente, des plates-formes flottantes sont nécessaires. Les unités flottantes de production, de stockage et de déchargement sont des barges utilisées pour le traitement et le stockage des hydrocarbures produits en mer, lorsque la plate-forme fixe n'est plus possible. Ces barges sont conçues pour recevoir les hydrocarbures extraits à partir de plates-formes ou d'installations sous-marines. Ils séparent l'eau, le gaz, le pétrole brut et le stockent pour le livrer à un pétrolier ou navire citerne. A titre d'exemple, citons Pazflor qui a été présentée comme la plus grande plate forme flottante du monde, pesant 120 000 tonnes. Elle mesure 325 mètres de long et 62 mètres de large, ce qui fait 20 150 m<sup>2</sup>, c'est-à-dire plus de 2 hectares. Située au large de l'Angola, elle stocke de grandes quantités de pétrole brut dans sa coque et peut accueillir 240 personnes à bord. Pour maintenir la barge, 16 lignes d'ancrage sont nécessaires.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

Parmi tous les forages en mer, l'Union Européenne a été mobilisée par l'exploitation de ses réserves de pétrole et de gaz en mer du Nord, après le choc pétrolier de 1973. La mer du Nord permet de produire du pétrole et du gaz qui est relativement proche des zones de consommation. Avec 450 plates-formes pétrolières, la mer du Nord est la région du monde la plus équipée pour le forage au large. L'extraction de pétrole et de gaz a atteint un niveau record en 1999 et décline depuis. Les réserves seraient épuisées dans quelques dizaines d'années.

Dans le golfe Persique, et les pays en voie de développement, l'anticolonialisme et le nationalisme ont pris de l'importance après la seconde guerre mondiale. La tendance était à vouloir récupérer son pétrole. Des parlements ont voté la nationalisation des compagnies pétrolières, comme en 1951 en Iran. Dans ce cas précis, les anglais qui travaillaient sur place pour l'ancêtre de BP l'ont très mal pris et cela a provoqué une première crise. Le même scénario s'est passé pour l'Irak, en 1972. L'Arabie saoudite est devenue propriétaire à 100 % d'Aramco en 1980, rebaptisée Saudi Aramco. Sans revenir sur toutes les tensions géopolitiques, chocs pétroliers et guerres du Golfe, on cherche ici à démontrer que le défi pour développer des champs pétroliers et gaziers, et particulièrement en mer, n'est pas uniquement technique.

De manière générale, les étapes pour développer un champ pétrolier et gazier en mer sont longues, avec des études préliminaires d'une extrême importance pour géolocaliser le bon gisement. La décision de forage est importante car elle entraîne des investissements significatifs qui sont financés par les compagnies pétrolières et la communauté financière. Il s'agit d'activités extrêmement techniques qui sont financées par projets et modélisées pour en connaître la rentabilité.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

## Vers l'ultraprofond

Les progrès technologiques permettent la production de champs pétroliers et gaziers dans les océans par des profondeurs de plus en plus importantes (3000 m). D'autre part, le prix du baril en hausse régulière sur le long terme rend rentable certains forages qui ne l'étaient pas. En effet, lors de la création de l'OPEP (l'Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole) en 1960, le prix du baril brut était à moins de 5 dollars. Les 5 pays fondateurs (Arabie saoudite, Iran, Irak, Koweït et Vénézuéla), en organisant ce cartel, voulaient contrecarrer les pleins pouvoirs des compagnies pétrolières qui imposaient leurs prix aux pays producteurs. L'OPEP a voulu réguler les prix à la hausse en instaurant un système de quotas de production. Par le jeu de la confrontation de l'offre et de la demande, le cours du pétrole a régulièrement augmenté en connaissant des chocs comme ceux de 1973 (premier choc pétrolier), de 1979 (deuxième choc pétrolier) et de 2008. Le prix du baril a alors atteint 147 dollars.

Le prix du pétrole bon marché est terminé. Une des conséquences directes du prix du baril élevé est d'augmenter mécaniquement les recettes attendues d'un projet de forage offshore, à quantité égale de production. Par conséquent, les banques vont accepter de prêter plus, pour des projets plus importants, sachant que la dette sera remboursée par les flux de trésorerie dégagés par le projet. Le progrès technique a bien entendu sa part de responsabilité dans le développement de l'ultraprofond mais il ne faut pas oublier que le prix fort du baril permet la bancabilité de projets qui ne l'auraient pas été, notamment par les acteurs de la City de Londres.

Prenons comme exemple la compagnie pétrolière Total, qui est devenue une des pionnières de l'ultraprofond sous-marin. Dès le début des années 1980, Total, à l'époque entreprise publique, réalise un premier forage expérimental en Méditerranée par 1714 m de profondeur d'eau. Quelques années plus tard, cette compagnie qui a toujours eu de forts intérêts en Afrique, obtient un permis d'exploration dans le Golfe de Guinée et découvre l'immense champ pétrolier Girassol. Ce champ est situé à environ 200 km au nord-ouest de Luanda (Angola), à 1350 m sous la surface de l'océan. Il représente une considérable réserve de 630 millions de barils de pétrole brut et symbolise une nouvelle

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

étape dans la conquête de l'offshore profond. En 2001 Girrassol produit ses premiers barils. Total a continué dans l'ultraprofond en capitalisant sur ces réussites dans l'offshore conventionnel en mer du Nord, au point d'être aujourd'hui classé comme un des leaders mondiaux en termes de nombre de puits en offshore profond. La compagnie opère 12 projets en production, en construction ou à l'étude dans les eaux profondes du Golfe de Guinée (Angola, Congo, Nigeria) et reste active en mer du Nord.

Alors que les progrès de la science et la montée des prix du pétrole semblent inexorables, deux événements récents ont pourtant freiné le développement de l'exploration sous-marine ultraprofond : la crise économique de 2008 et surtout l'accident du champ pétrolier Macondo, dans le golfe du Mexique, en avril 2010.

La crise économique a fragilisé le système bancaire mondiale et a entraîné un renforcement des contrôles et des ratios prudentiels des banques. Les investissements dans l'ultraprofond étant très conséquents, une crainte a pu apparaître sur l'appétit des banques à accepter ces risques. Le marché de la construction offshore s'est réduit de 3% en 2009 par rapport à 2008. Les observateurs indiquent que ce ralentissement est à mettre en perspective avec la croissance très rapide des investissements les années précédentes.

La catastrophe de Macondo, appelée aussi Deep Water, considérée comme la plus importante de tous les temps de l'industrie pétrolière, a plus d'impacts sur le développement de l'ultraprofond que la crise économique. Le champ pétrolier Macondo (connu aussi sous le nom de code Mississippi Canyon Block 252, abrégé MC252) était une zone prometteuse d'exploration de pétrole et de gaz située dans la golf du Mexique, à 400 km au large de la Louisiane. La plate-forme pétrolière Deep Water pour exploiter ce champ a été construite en 2001 en Corée du Sud, louée par son propriétaire Transocean à la compagnie britannique BP et amené sur site. Elle peut forer les puits les plus profonds en mer, c'est-à-dire jusqu'à 10 000 mètres et à plus de 1 500 mètres de profondeur d'océan. Mais le 20 avril 2010, une explosion spectaculaire fait brûler puis couler cette plate-forme, provoquant 11 morts et 14 blessés. Une marée noire catastrophique a suivi. Il a fallu 5 mois et de nombreuses tentatives pour que le gouvernement fédéral américain déclare la fuite bouchée. Sans revenir ici sur la catastrophe écologique qui continue d'être résorbée et sur les procès en

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

responsabilité en cours, cette catastrophe a marqué le monde du pétrole, l'opinion publique et les responsables politiques. On n'en connaît pas encore toutes les conséquences, tant que tous les jugements ne sont pas rendus.

Les acteurs de l'ultraprofond se posent la question de savoir si les risques sont bien maîtrisés et si ils valent la peine d'être pris. L'ultraprofond bénéficie donc des avancées technologiques, du prix élevé du baril, de l'épuisement des ressources traditionnelles d'hydrocarbures mais se heurte à une limite de risque acceptable, à des coûts exorbitants, à une conscience accrue du risque environnemental et à une volonté renforcée de préserver les ressources limitées de la terre dans le cadre du protocole de Kyoto.

Finalement, toutes ces considérations étant prises en compte, les forages ultraprofonds en mer continuent prudemment. Les perspectives nouvelles qui se profilent aujourd'hui sont l'exploration de nouveaux champs pétroliers et gaziers dans l'océan Arctique. Le réchauffement climatique entraîne des fontes de glace dans cette région et permet aux opérateurs d'avoir accès à des zones nouvelles qui étaient inaccessibles.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*



## **ENERGIES MARINES RENOUVELABLES**

### **Des filières marines principalement dédiées à la production électrique**

Les océans possèdent bien d'autres ressources que les hydrocarbures pour être exploitées afin de produire de l'énergie. Les réserves d'hydrocarbures diminuant fatalement, l'enjeu est de savoir comment tirer au mieux partie des richesses des mers pour fournir l'énergie dont la planète a besoin.

La France ayant le deuxième domaine maritime mondial, les pouvoirs publics et les professionnels se mobilisent dans le cadre des travaux sur la transition énergétique pour valoriser au mieux ce potentiel. 6 filières des océans ont été identifiées, à savoir l'énergie marémotrice, l'énergie de la houle, l'énergie des courants, l'énergie thermique des mers, l'énergie osmotique, l'énergie du vent. L'exploitation des algues marines pour produire des biocarburants de troisième génération, susceptibles d'alimenter le moteur à explosion des véhicules, est un axe important de recherche. Si l'on analyse chacune des 6 filières, on constate qu'elles sont principalement dédiées à la production d'électricité, par opposition à la production de produits pétroliers finis pour les forages en mer et à la production de chaleur.

**L'énergie marémotrice** : c'est l'énergie liée à la marée, à la différence de hauteurs entre la basse mer et la haute mer, c'est-à-dire au marnage. Elle est exploitée grâce à la construction d'un barrage dans une baie. Les flux et les reflux de la marée remplissent ou vident la retenue d'eau et actionnent des turbines qui produisent de l'électricité. Un marnage de 5 mètres peut être suffisant pour exploiter ce type d'énergie.

**L'énergie de la houle** : c'est l'énergie liée aux vagues. Les vagues successives naissent sous l'effet du vent et du courant à la surface de l'océan et se propagent sur de longues distances. Elle est exploitée principalement par la capture d'énergie mécanique en surface et sous l'eau, c'est-à-dire par la capture des ondulations, des translations et des mouvements orbitaux de la houle. Cela s'effectue par l'installation de serpents de mer, flotteurs ponctuels ou linéaires, des colonnes d'eau oscillantes, des systèmes à déferlement.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

**L'énergie des courants** : c'est l'énergie liée aux courants marins qui est prédictible puisqu'elle s'appuie sur une ressource continue dans le cas des courants océaniques et régulière pour les courants de marée. Elle est exploitée grâce à l'installation d'hydroliennes, c'est-à-dire des turbines hydrauliques sous-marines. Les installations sont immergées, ce qui limite la pollution visuelle et sonore, mais peut créer des nuisances pour les filets des pêcheurs. Les sites éligibles vont nécessiter une vitesse de courant minimale de 2,5 m/s pour faire suffisamment tourner la turbine afin de produire l'électricité.

**L'énergie thermique des mers** : c'est l'énergie liée au différentiel de température entre les eaux de surface et les eaux profondes. Elle est abondante, prévisible et disponible continuellement. Les océans captent l'énergie solaire et son absorption diminue avec la profondeur. Des volumes d'eaux profondes et de surface sont pompés pour exploiter le différentiel de température afin de produire de l'électricité. Ce procédé est intéressant quand la température de l'eau est à 4°C à une profondeur de 1 000 m tandis qu'elle est supérieure à 24°C en surface (soit un différentiel d'au moins 20° pour rentabiliser l'exploitation). Elle est exploitée par des centrales à cycle qui sont onéreuses à installer.

**L'énergie osmotique** : c'est l'énergie liée à la différence de salinité entre l'eau de mer et l'eau douce. Elle consiste à utiliser une hauteur d'eau ou une pression créée par la migration de molécules d'eau à travers une membrane semi-perméable. Elle est exploitée par l'installation d'une centrale osmotique qui a pour objectif de valoriser cette différence de salinité là où l'eau salée et l'eau douce se rencontrent naturellement, c'est-à-dire aux embouchures des fleuves. Dans la centrale osmotique, 80% de l'eau douce puisée traverse la membrane semi-perméable, en provoquant une surpression dans le réservoir d'eau salée et en y augmentant le débit d'eau. Près d'un tiers de cette eau est acheminée vers la turbine pour produire de l'électricité.

**L'énergie du vent** : l'énergie du vent a été exploitée depuis toujours dans les océans pour la propulsion des bateaux grâce à des voiles, ce qui a permis de décarboner le transport maritime. Cette propulsion décarbonée de bateaux peut aussi se faire de manière expérimentale par énergie solaire. Il s'agit aussi d'utiliser le vent marin qui est plus fort et régulier qu'à terre, par l'éolien offshore, pour faire tourner des pâles qui entraînent un générateur pour transformer l'énergie mécanique créée en énergie électrique.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

Ces six filières de production électrique marine sont confrontées à la problématique de l'acheminement de l'électricité produite vers les lieux de consommation, sachant que l'électricité se transporte moins bien que le pétrole en raison des pertes de charge et ne se stocke pas en grande quantité. L'électricité peut alimenter un site isolé sur le lieu de production en mer et bénéficier de batteries, ce qui évite de connecter l'installation au réseau électrique. Dans la plupart des cas, des câbles et des onduleurs devront être installés pour pouvoir transformer le courant continu en alternatif et l'injecter dans le réseau de distribution ou de transport afin de commercialiser cette électricité produite et rentabiliser ainsi l'investissement. Pour les diverses installations qui sont sur le littoral ou au large, à la surface ou en profondeur, les équipements sont fixés ou flottants. On s'aperçoit qu'il y a un coût associé déterminant, que cela crée une contrainte de proximité des côtes et des enjeux en termes de sécurité et de maintenance, en raison de la corrosion.

Enfin, les océans et le littoral regorgent d'algues que l'on pourrait valoriser de manière plus dynamique. Les algues peuvent servir à produire du biogaz par méthanisation et des biocarburants de 3ème génération, pour la propulsion des véhicules. Il s'agit de récupérer la substance huileuse adéquate pour la transformer en biodiesel. Cela suppose de bien sélectionner l'algue, la cultiver, la récolter pour effectuer cette extraction de l'huile et la conversion en algocarburant.

Cette analyse par filière d'énergies marines renouvelables pour comprendre le potentiel énergétique des océans doit être complétée en incitant à la transversalité, en panachant les diverses combinaisons possibles d'énergies. On pourrait envisager d'avoir un recours accru à l'énergie solaire et aux éoliennes sur les plates-formes de forage pétrolier pour produire une partie de l'énergie nécessaire, de combiner la propulsion traditionnelle des navires avec une production électrique à partir du soleil et du vent, de développer les procédés de dessalement de l'eau de mer en utilisant les énergies renouvelables.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

## **Des réalisations probantes**

Il serait inexacte de qualifier les énergies marines renouvelables d'expérimentales par rapport à l'industrie offshore pétrolière. Depuis toujours l'homme a cherché à maîtriser cette énergie des océans. Nous citerons comme exemple, les moulins à marée qui existent depuis le moyen âge dans toute l'Europe, et notamment en Bretagne, en Espagne, au Portugal, au Royaume Uni, en Belgique. On retrouve des exemplaires de ces moulins, qui utilisent les marées pour fonctionner à l'île de Bréhat, à l'île Arz, à Arzon, près de Trégastel et de Pont Aven. Les moulins à marée nécessitent une digue comportant des vannes à sens unique. La digue forme derrière elle un bassin de retenue, situé souvent dans une baie ou un estuaire. La marée montante remplit le bassin. Lorsqu'elle redescend, les vannes se ferment pour empêcher le bassin de se vider. Lorsque la différence entre le niveau du bassin et de la mer est suffisamment importante, les vannes sont ouvertes pour que l'eau du bassin se déverse dans la mer en actionnant la roue du moulin. Ces moulins préfèrent les coefficients de marée importants et la roue ne peut fonctionner que durant une partie de la journée ou de la nuit.

D'autres réalisations dans le domaine des énergies marines renouvelables sont antérieures aux forages ultraprofonds dans les océans.

### **• Les usines marémotrices :**

L'usine marémotrice de la Rance, rivière du nord Bretagne, est une réalisation exceptionnelle et exemplaire, par sa capacité installée de 240 MW, qui en a fait l'usine marémotrice la plus importante au monde. Les études préliminaires ont duré une quinzaine d'années, juste après la seconde guerre mondiale, avant que la construction ne démarre en 1961, pour une mise en service en 1966. La puissance installée se décompose en 24 groupes bulbes de 10 MW chacun. Le débit unitaire de l'eau de mer, de 275m<sup>3</sup> par seconde, garantit une production annuelle de 540 GWh par an, c'est-à-dire environ 4% de la consommation électrique bretonne. Le marnage est de 13,5 mètres à cet endroit. Le barrage, qui sert toujours de pont entre St Malo et Dinard, constitue un bassin de retenue de 184 000 000 m<sup>3</sup> sur 22 km<sup>2</sup>. Cette réalisation hors norme n'a pas fait d'émules en France, probablement à cause du développement du parc nucléaire dans les années 1970 qui a donné de l'énergie à meilleur marché à l'Hexagone.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

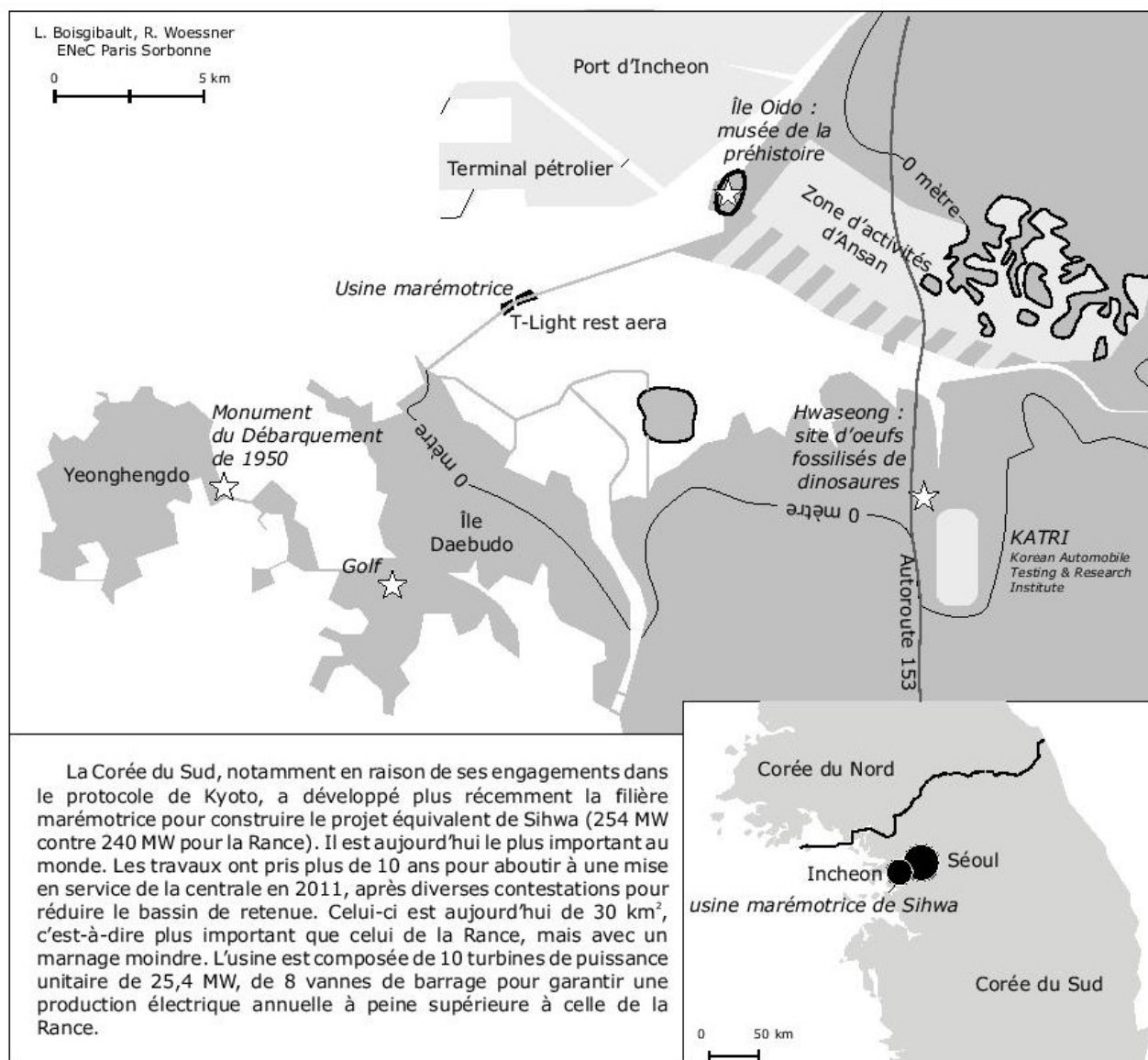
*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

## L'usine marémotrice de Sihwa (Corée du Sud)



*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

- **L'énergie de la houle :**

La Grande Bretagne a lancé un programme de recherche et développement important dans les énergies marines renouvelables, en raison de son insularité et potentiel maritime. Parmi de nombreux projets en cours d'expérimentation, le prototype Pelamis, un serpent métallique flottant composé de 4 cylindres reliés par 3 articulations, a été développé depuis 1998 par une société écossaise et est innovant. Le premier exemplaire de 120 mètres de long, 3,5 mètres de diamètre, a été testé en 2004 en mer du Nord. C'était alors la première installation commerciale à produire de l'électricité connectée au réseau à partir de l'énergie des vagues. C'est le mouvement des vagues et de la houle qui fait bouger les articulations de la machine et produit de l'électricité par un boîtier hydraulique logé dans chacune des 3 articulations. Le serpent métallique a une puissance de 750 kW, et est relié à la côte par un câble sous-marin qui transporte l'électricité produite. Un prototype 2 a remplacé l'original pour gagner en performance.

- **L'énergie des courants :**

On pense spontanément au parc démonstrateur hydrolien EDF de Paimpol-Bréhat, annoncé dans sa phase de test dès 2011. En 2014, après des tests probants, l'installation est connectée au réseau électrique à terre pour une mise en exploitation. Le site est composé d'hydroliennes pesant presque 700 tonnes, mesurant 21 mètres de haut, avec un diamètre de turbines de 16 mètres. Elles sont immergées à 35 mètres de profondeur. Le courant marin fait tourner les turbines jusqu'à une vitesse de 7 tours par minutes. Les hydroliennes sont reliées à un convertisseur immergé, qui est raccordé par câble à un poste de transformation à terre.

- **L'énergie thermique des mers et osmotique :**

Des démonstrateurs sont en opération, dans les Départements et Régions d'Outre-Mer et à l'étranger. Les exploitations commerciales à échelle importante sont embryonnaires.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

## • L'éolien offshore :

La technologie est éprouvée puisque le cap des 2 000 éoliennes installées en mer dans l'Union Européenne a été dépassé en 2013, atteignant une puissance de 6 500 MW. Le gouvernement français a lancé deux appels d'offres dès 2011, qui ont été remportés par EDF et Alstom pour les futurs parcs éoliens au large de Fécamp, de Courseulles-sur-Mer, de Saint-Nazaire et par Iberdrola et Areva pour le site de Saint-Brieuc. Dans un deuxième temps, le consortium formé de GDF-SUEZ et Areva a remporté les futurs champs du Tréport et de Noirmoutier. L'objectif du gouvernement est d'installer environ 3 000 MW mais aussi de développer une filière industrielle de fabrication d'éoliennes avec les deux protagonistes Alstom et Areva. Le Danemark et La Grande Bretagne se distinguent comme les leaders européens. Le Danemark tire un tiers de son électricité de l'éolien et a lancé très tôt les plus grands champs éoliens offshore. La Grande Bretagne a dépassé récemment le Danemark sur le segment de l'offshore. Pour le Danemark, le premier parc éolien en mer au monde a été installé à Vindeby en 1991. En 2000, il construit le parc de 40 MW de Middelgrunden, au large de Copenhague, avec 20 éoliennes. C'est à l'époque le plus grand du monde. En 2012, le parc de Anholt avec 111 éoliennes de 3,6 MW, soit 400 MW pour le parc, devient aussi le plus grand du monde. La Grande Bretagne dépasse son concurrent danois actuellement en inaugurant les 2 mega parcs éolien offshore de London Array (630 MW avec 175 éoliennes) et Greater Gabbard (504 MW avec 140 éoliennes). On voit qu'en l'espace de 15 ans les plus grands projets sont passés de 20 éoliennes en mer à 175, ce qui est une accélération significative.

Les techniques d'installation des éoliennes en mer capitalisent sur l'expérience des compagnies de l'exploration production de l'offshore pétrolier peu profond. Les éoliennes offshore sont plus puissantes que celles à terre. Une sous structure de 25 mètres peut être installée sur des piliers enfoncés à plus de 30 m de profondeur et sur laquelle s'érige un mât d'une hauteur de 75 m. La nacelle, qui est au sommet du mat, peut dominer à plus de 100 m du sol. Elle peut tourner pour orienter la machine dans la bonne direction de vent. Le rotor, souvent composé de 3 pâles, est fixé sur la nacelle et est entraîné par le vent. Il est branché au système mécanique qui utilise l'électricité produite. L'éolienne peut peser un poids total de 1 500 tonnes et doit rester stable dans les plus grandes tempêtes.

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

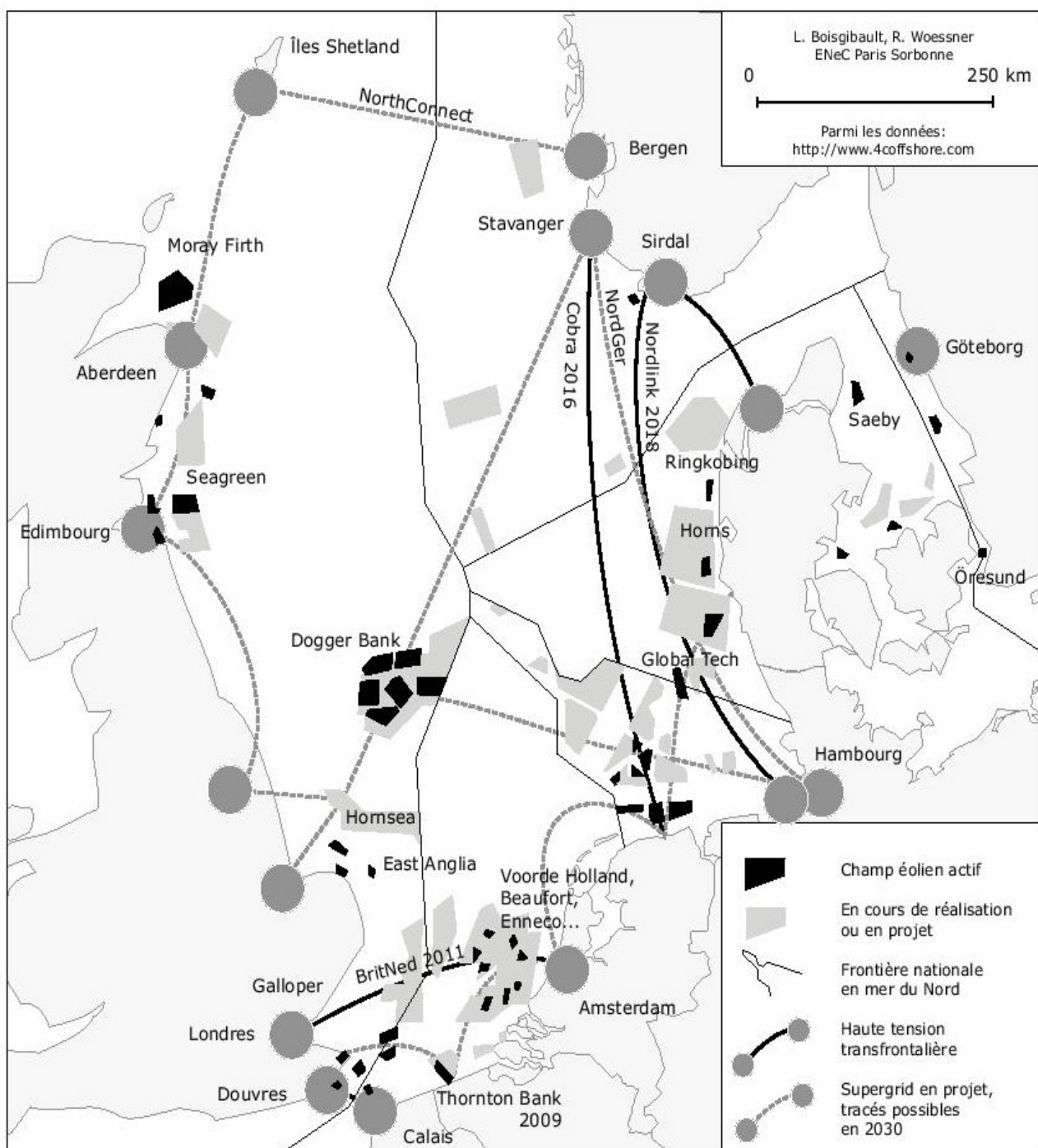
*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

## L'éolien offshore en mer du Nord



Livre : Géographie des mers et des océans.

Préparation CAPES / Agrégation de géographie

Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.

Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.

Editeur Atlande, octobre 2014

ISBN – 13 : 9782350302751



Ces exemples montrent que les différentes filières des énergies renouvelables marines ne sont pas au même stade de développement, n'ont pas la même importance et ont une organisation spatiale qui dépend des pays. Les questions sont de savoir si l'électricité ainsi produite est compétitive en termes de coût par rapport à l'électricité traditionnelle et si les réseaux de transport peuvent absorber les quantités produites en période de vents favorables et gérer l'intermittence.

### **Des perspectives intéressantes**

L'analyse prospective permet de prévoir les évolutions à termes des énergies renouvelables marines pour voir si elles peuvent prendre de l'importance dans le mix énergétique. Dans une logique de transition énergétique, on pourrait souhaiter que les énergies renouvelables marines remplacent les forages d'hydrocarbures dans les océans, dans une logique de meilleure préservation des ressources de la planète.

Le premier constat est que les énergies marines renouvelables produisent principalement de l'électricité alors que le forage d'hydrocarbures fait toute une gamme de produits pétroliers. On ne peut pas parler de substitution possible puisque les utilisations du courant et des produits raffinés sont différentes. Lorsque l'on regarde les principaux consommateurs d'énergie, à savoir l'habitat, le transport et l'industrie, on s'aperçoit que l'alimentation énergétique et le combustible ne permettent pas toujours la concurrence.

A titre d'exemple, l'éclairage se fait aujourd'hui à partir d'électricité, la lampe à pétrole ayant disparu et l'usage de la bougie est devenu marginal dans les pays occidentaux. Le chauffage des bâtiments et l'eau chaude sanitaire peuvent se faire par électricité, fioul domestique ou gaz naturel. Les radiateurs électriques sont concurrents de la chaudière à gaz. Le transport est quant à lui principalement carboné, c'est-à-dire fonctionnant à l'essence, au gazoil ou au kérozène même si les trains, tramways, téléphériques sont électriques. Le développement récent de la voiture électrique entraîne une situation de concurrence énergétique avec la voiture à essence. Enfin, les industries utilisent les différentes sources d'énergie, selon leur processus de production. Tout cela pour démontrer qu'il semble impossible d'envisager par nature le remplacement

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*

des ressources en hydrocarbure des océans par les énergies marines renouvelables. Les deux restent donc complémentaires dans la transition énergétique. Il faut continuer à réduire avec vigueur l'empreinte écologique du pétrole et les consommations énergétiques, grâce à l'efficacité énergétique.

Le second constat est que les quantités d'énergie produites par forage pétrolier et par les énergies renouvelables marines ne sont pas du tout du même ordre. Le livre blanc des énergies renouvelables publié en 2013 par le Syndicat des

énergies renouvelables met les chiffres en perspective. Les énergies fossiles sont dominantes, avec 81 % de la consommation mondiale d'énergie finale en 2009 et 68 % de la production mondiale d'électricité en 2010. Les énergies marines renouvelables sont encore quasi inexistantes à l'échelle de la planète. La part des 16 % d'énergies renouvelables dans la consommation mondiale d'énergie finale se décompose en 10 % pour le bois de chauffage ; 3,4 % pour l'hydroélectricité ; 1,5 % pour la biomasse, le solaire et la géothermie pour la chaleur ; 0,7 % pour l'éolien, le photovoltaïque, la biomasse et la géothermie électrique, 0,6 % pour les biocarburants en 2009. La volonté est unanime pour indiquer que le développement rapide des énergies marines renouvelables est souhaitable en France, dans l'Union européenne et dans le monde. Pourtant, dans la feuille de route 2020-2030 pour la France, le Syndicat des énergies renouvelables, qui défend la filière marine et prône la simplification administrative, indique que les énergies marines renouvelables resteront à moins de 2 % des énergies renouvelables en France.

### **Bibliographie :**

BOISGIBAUT L. 2011 ; *L'énergie solaire après Fukushima, la nouvelle donne*, Médicilline.  
BRUNET R., FERRAS R., THERY H., 1992 ; *Les mots de la géographie*, dictionnaire critique, RECLUS, La Documentation Française.

DAUPHINÉ A. 2003 ; *Risques et catastrophes : Observer, spatialiser, comprendre, gérer*, Armand Colin.

MERENNE-SCHOUMAKER B., 2007. *Géographie de l'Energie, Acteurs, lieux et enjeux*, Nathan.

CHEVALIER.M, Derdevet M., Geoffron P. 2012; *L'avenir énergétique : cartes sur table*, Folio

CHEVALIER J.M, Cruciani M., Geoffron P. 2013 ; *Transition énergétique : les vrais choix*, Odile Jacob 2013

*Livre : Géographie des mers et des océans.*

*Préparation CAPES / Agrégation de géographie*

*Chapitre du livre : Energies, page 185 / 250 – Louis Boisgibault, Paris-Sorbonne.*

*Direction de l'ouvrage : Professeur Dr Raymond Woessner, géographe, Paris-Sorbonne.*

*Editeur Atlande, octobre 2014*

*ISBN – 13 : 9782350302751*