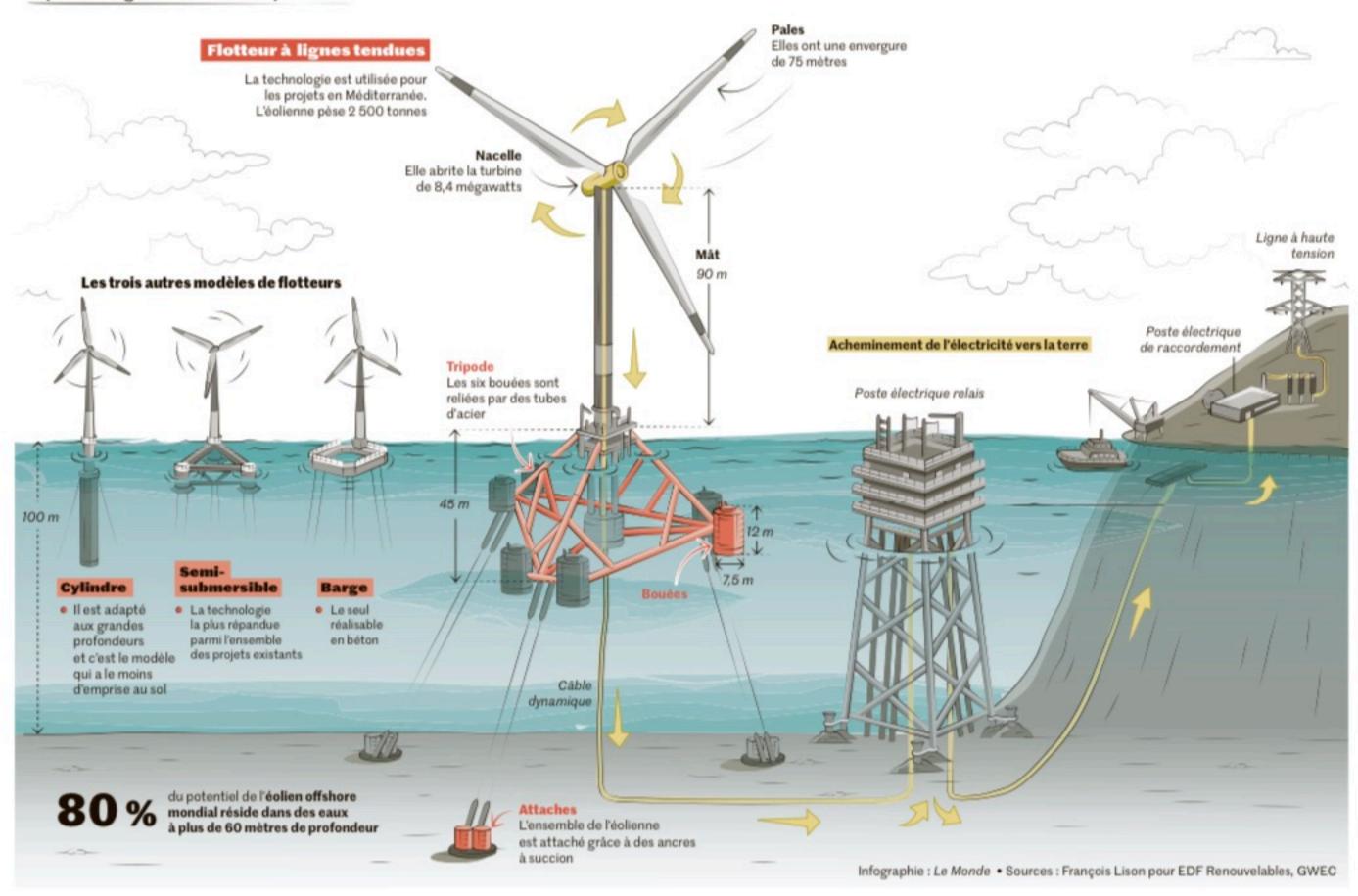
Eolien flottant: l'envol français

Capter l'énergie du vent en eaux profondes



DOSSIER

l y a longtemps que la darse de Port-Saint-Louis-du-Rhône (Bouches-du-Rhône) adossée à l'étang du Caban, en face de Fos-sur-Mer, n'avait pas connu pareille fébrilité. Derrière les hangars, une bonne centaine d'ouvriers d'Eiffage Métal se prépare à réaliser une première mondiale : la construction de trois éoliennes flottantes à lignes tendues, pour le compte d'EDF Renouvelables. Un projet pilote à 300 millions d'euros. Cet été, à l'aide d'une grue herculéenne, ils ont réalisé des tonneaux qui pourraient faire office de réservoir de château d'eau - 7,50 mètres de diamètre et 12 mètres de haut chacun: des flotteurs. Les équipes découpent, assemblent et soudent maintenant de longs tubes d'acier entre ces bouées. Le but : former un tripode culminant à 45 mètres, sur lequel seront boulonnés le mât de l'éolienne proprement (90 mètres), la nacelle qui abritera la turbine de 8,4 mégawatts et les pales (75 mètres d'envergure chacune). En gris, tout ce qui sera immergé, en jaune ce qui apparaîtra au-dessus de l'eau.

A l'été 2023, les trois géants - 2500 tonnes pièce - prendront la mer l'un derrière l'autre, en passant devant la célèbre plage Napoléon. A 17 kilomètres au large, ils seront attachés par 100 mètres de fond, grâce à des ancres à succion. «La transition énergétique est une urgence et l'éolien flottant est un nouveau moyen de produire une électricité décarbonée. Comme la France possède le plus grand linéaire de côtes européen, cette technologie est particulièrement bien adaptée», explique Christine de Jouëtte, directrice de la ferme Provence Grand Large, d'EDF Renouvelables. Habitée par un esprit «pionnier», l'ingénieure en hydrodynamique se félicite de jouir d'un site «extraordinaire»: «C'est l'un des plus ventés de Méditerranée, avec un mistral et une tramontane soufflant à 10 mètres par seconde en moyenne, un fond marin suffisamment meuble pour s'y fixer sans difficulté, et la proximité d'infrastructures

Si l'Ecosse et la Norvège ont pris une longueur d'avance, la France rêve de devenir la locomotive européenne de la captation de l'énergie du vent avec des turbines flottantes et d'exploiter l'énorme capacité énergétique de la Méditerranée

portuaires adéquates pour fabriquer les flotteurs, les stocker et les mettre à l'eau.»

Tous les acteurs de l'éolien en mer l'affirment : « La France a loupé le coche de l'éolien posé, il ne s'agirait pas de rater celui du flottant!» Un procédé qui n'a rien à voir avec celui utilisé pour les éoliennes offshore classiques comme celles inaugurées en septembre en face de Saint-Nazaire (Loire-Atlantique). Trois premiers projets commerciaux ont été mis en concurrence en mars 2022, pour une puissance installée totale de 750 mégawatts

répartie entre Belle-Ile (Morbihan), Port-la-Nouvelle (Aude) et probablement Fos-sur-Mer. Une dizaine de candidats ont été présélectionnés en août. Les marchés seront attribués en 2023, pour des mises en service prévues à partir de 2027.

D'autres pays sont beaucoup plus avancés. La Norvège s'apprête à faire fonctionner les sept premières turbines de la plus grande ferme flottante du monde (88 mégawatts), tandis que l'Ecosse, qui a lancé la construction de l'équivalent de 15 gigawatts, exploite

L'ÉOLIEN FLOTTANT POSSÈDE UN POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT « DEUX FOIS SUPÉRIEUR » À CELUI DU POSÉ

déjà depuis 2017 le premier parc européen, construit par le norvégien Equinor (30 mégawatts). « Si l'on veut produire 40 % d'électricité d'origine renouvelable en 2030 et atteindre la neutralité carbone en 2050, comme le souhaite le gouvernement, on n'a pas le choix, il faut de l'éolien en mer et la technique posée n'y suffira pas. Le flottant, c'est l'avenir », estime Paul Franc, ingénieur au pôle éolien & énergie marine de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe).

PERSPECTIVES ALLÉCHANTES

La ferme pilote de Provence Grand Large n'a pas échappé aux recours en justice pour des questions de préservation des milieux naturels. Mais elle a finalement obtenu les feux verts nécessaires et promet de poursuivre les échanges concernant l'environnement avec tous les sites sensibles des environs: le parc naturel régional de Camargue, celui de Port-Cros et Porquerolles (Var), le conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie... «En 2050, l'éolien en mer, posé et flottant, pourrait compter cinquante sites et représen-

Des technologies de flotteur dépendantes des capacités portuaires

ACIER OU BÉTON, les entreprises qui veulent aujourd'hui relever le pari de l'éolien flottant hésitent encore sur le matériau à employer. S'il est en acier, le flotteur pèse, avec la turbine, entre 2 500 et 4 000 tonnes. S'il est en béton, c'est plutôt de l'ordre de 10 000 tonnes. Un vrai sujet pour les ports, où les capacités portantes des quais, des matériels de levage et de remorquage, de même que les espaces de stockage sont insuffisants.

Mais le poids n'est pas le seul critère. Le tirant d'eau est également déterminant. Un flotteur en béton aura besoin d'un port plus profond pour sa mise à l'eau qu'un modèle en acier. C'est l'une des raisons pour lesquelles la ferme pilote EolMed, au large de Gruissan (Aude), a finalement préféré choisir la version métallique.

Le béton a pourtant des avantages. « En Europe, il est compliqué de se procurer de l'acier compétitif, tandis que le béton peut être préparé avec du ciment, du sable et des granulats locaux. Son prix est, en outre, moins volatil, c'est un élément important dans le contexte inflationniste actuel », souligne Paul de la Guérivière, PDG de la société BW Ideol, qui a mis au point les flotteurs d'EolMed.

Ce flotteur est un type de barge de 40 à 60 mètres de côté pour 10 mètres de haut, soit la taille d'un immeuble de quatre étages, accrochée au fond par des chaînes et des ancres marines. Le centre du parallélépipède, vide, permet d'absorber l'énergie de la houle et des courants. La turbine repose sur l'un des quatre côtés. Cette solution a été retenue pour l'éolienne qu'Ideol a mise en service en 2018 au Japon, et pour une ferme flottante écossaise attribuée à la start-up française début 2022 pour une puissance de 1 gigawatt, le double du champ éolien posé de Saint-Nazaire.

D'autres designs font concurrence au flotteur en anneau. Tous sont en acier, soit cylindrique, soit prismatique (des plaques soudées pour former des parallélépipèdes). Il y a la famille dite « de la bouteille de lait », un cylindre unique lesté de plusieurs centaines de tonnes de béton, maintenu vertical par la poussée d'Archi-

mède et stabilisé, là encore, par des ancres traditionnelles. La famille des semi-submersibles se compose de tonneaux géants reliés par des tendons. La turbine repose sur l'un d'entre eux et les deux autres sont ballastés. Ou les trois sont surmontés d'un tripode au milieu duquel trône l'éolienne.

C'est le choix d'EDF Renouvelables à Port-Saint-Louis-du-Rhône, sur un concept mis au point par le néerlandais SBM Offshore. A ceci près que les lignes d'ancrage seront tendues, pour accroître la stabilité générale. Et que les ancres, des cloches de 9 mètres de diamètre à l'intérieur desquelles le vide sera fait, ne bougeront jamais.

ter jusqu'à 25 % de la consommation d'électricité en France », estime-t-on au ministère de la transition écologique. Et sur ce total, supposé atteindre une capacité de 18 gigawatts en 2035 et de 40 gigawatts en 2050, la technologie flottante pourrait représenter de «35 % à 70 % », calcule l'Ademe. Compte tenu de la géomorphologie de nos côtes, le flottant possède un potentiel de développement «deux fois supérieur» à celui du posé, estiment plusieurs experts.

En Méditerranée, où le fond marin descend très vite à plus de 60 mètres de profondeur, impossible de poser une éolienne, comme sur les côtes de la Manche, où le plateau continental ne descend pas au-dessous de 30 ou 40 mètres. L'autre avantage du flottant est qu'en s'affranchissant de la profondeur, il est possible d'aller plus loin au large, et d'éviter les conflits avec les autres usagers de la mer, pêcheurs ou plaisanciers.

Des perspectives alléchantes pour les groupes pétroliers. Leur longue expérience des plates-formes en mer leur ouvre un nouvel horizon. TotalEnergies, qui a débarqué dans l'éolien offshore en 2019, est ainsi partie prenante d'EolMed, la ferme pilote du jeune énergéticien indépendant Qair, apparu en 2017. La mise à l'eau est prévue début 2024, à 15 kilomètres de Gruissan (Aude), par 55 mètres de fond. Il s'agit de l'une des quatre fermes pilotes françaises en cours de réalisation avec celle d'EDF Renouvelables, les deux autres étant confiées l'une à Shell et Eolfi à Leucate (Aude), l'autre à Engie et EDPR près de l'île de Groix (Morbihan).

TotalEnergies est, par ailleurs, majoritaire dans Erebus, un projet flottant (100 mégawatts), au Pays de Galles qui devrait être opérationnel en 2026. Il étudie la faisabilité de quatre projets en Corée du Sud, au large d'Ulsan, où la mer est encore plus profonde qu'en Méditerranée. De même, en Espagne, le groupe pétrolier Repsol prend position. En avril, il s'est associé au danois Orsted, leader mondial de l'éolien offshore, pour «explorer les opportunités» de parcs flottants sur les côtes ibériques.

En Italie, ENI est dans les starting-blocks avec sa filiale de services énergétiques Plenitude. «Les tendances du marché sont très claires : rien qu'en 2021, l'équivalent de 21 gigawatts d'éolien offshore, toutes techniques confondues, ont été raccordés aux réseaux d'électricité dans le monde. C'est trois fois plus qu'en 2020, relève Alessandro Della a, le responsable des énergies renouvelables. Dans le flottant, nous travaillons sur une dizaine de projets pour une puissance cumulée de plusieurs gigawatts, en Europe du Nord et dans le Bassin méditerranéen.» La firme est notamment candidate à la construction et l'exploitation de deux fermes flottantes annoncées en avril par le gouvernement italien, au large de la Sicile et de la Sardaigne.

ALIMENTER 60 000 MÉNAGES

Les groupes pétroliers ne sont pas les seuls à se mettre sur les rangs. Les électriciens, aussi. Iberdrola (leader mondial de l'énergie éolienne) en Espagne, EDF en France, EDP au Portugal... EDPR, la branche d'énergies renouvelables du portugais, est à l'initiative du premier parc éolien flottant européen qui a vu le jour en 2011: une ferme pilote de 25 mégawatts, composée de trois turbines ancrées à 20 kilomètres de Viana do Castelo, au nord de Porto, qui peut alimenter les besoins en énergie de 60 000 ménages.

En 2019, EDPR a créé avec le français Engie la société Ocean Winds, installée à Madrid (Espagne). Son directeur opérationnel, Grzegorz Gorski, affiche son ambition: «Notre ferme pilote portugaise nous permet d'avoir du recul et nous sommes prêts à nous déployer dans le monde entier, y compris en Californie, où les résultats d'un appel d'offres seront connus en décembre, pour un projet ancré à 1000 mètres de profondeur. » Ocean Winds est aussi candidat en Corée du Sud, comme TotalEnergies, pour installer un parc éolien dans une zone où la profondeur oscille entre 200 et 300 mètres. L'opérateur a, par ailleurs, été retenu en août pour construire et gérer un parc de 2,3 gigawatts en Ecosse, à l'est des îles Shetland.

A ce stade, seules deux turbines flottantes sont en activité en France. L'une en rade de Brest (Finistère), testée depuis 2018 par le breton Eolink, et Floatgen, qui se dresse depuis la même année devant Le Croisic (Loire-Atlantique). D'une puissance de 2 mégawatts, celle-ci a démontré sa capacité à fournir les besoins en électricité d'une ville de 5000 habitants. Elle a été conçue par Ideol, fabricant de flotteurs de La Ciotat (Bouches-du-Rhône) passé sous contrôle du norvégien BW Offshore en 2021. «Le potentiel du flottant est considérable, il suffit de regarder la carte des vents pour comprendre. En Méditerranée et en Bretagne du Sud, la France dispose des meilleurs gisements d'Europe. L'idée est de s'éloigner des côtes, pour ne plus avoir d'impact visuel depuis la terre ferme», souligne son PDG, Paul de la Guérivière.

« EN MÉDITERRANÉE ET EN BRETAGNE, LA FRANCE DISPOSE DES MEILLEURS GISEMENTS DE VENTS D'EUROPE »

PAUL DE LA GUÉRIVIÈRE PDG d'Ideol

Pour l'instant, une éolienne flottante est deux à trois fois plus chère qu'une éolienne posée. Mais les promoteurs du flottant parient sur les économies d'échelle pour diminuer ce ratio. Selon Ocean Winds, « le coût de l'électricité diminue de 10 % à 15 % chaque fois qu'on double la capacité d'un parc ». « Il faudra une vingtaine d'années pour stabiliser le concept, mais, en réalité, on n'est plus très loin du prix d'une éolienne posée, car, loin du littoral, les vents sont plus forts et plus réguliers. En matière de production électrique, le rendement d'une éolienne flottante est bien supérieur», fait remarquer Abel Mendez, directeur commercial de l'entreprise publique Navantia Seanergies. La branche énergies renouvelables des chantiers navals espagnols connaît le sujet : sur les treize parcs éoliens flottants aujourd'hui opérationnels dans le monde, elle en a construit onze.

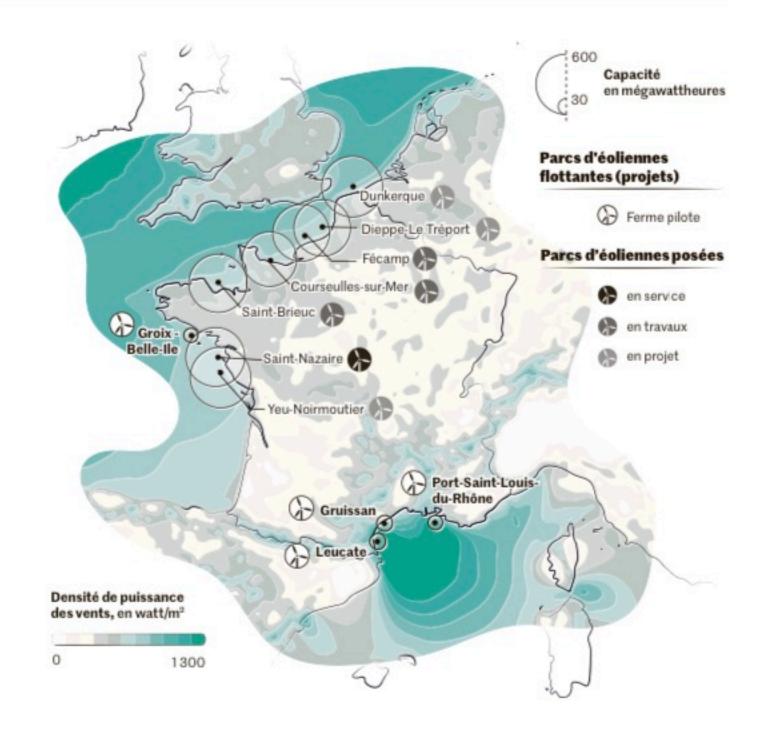
RENFORCER LES QUAIS ET LES BOLLARDS

Tout est une question de temps, pondère Olivier Terneaud directeur de l'éolien en mer de TotalEnergies, selon qui il faudra dix bonnes années pour faire baisser les coûts: «Ce qui importe, c'est de préparer le réseau de distribution de l'électricité. A terme, une ferme offshore équivaudra à une centrale nucléaire.» Il convient donc de s'assurer de la capacité du réseau à prendre en charge les gigawatts produits. Autre défi à relever : le lien entre les turbines et le réseau. « Il y a encore de beaux programmes de R&D à mener pour mettre au point les câbles dynamiques de forte puissance qui doivent résister aux courants à grande profondeur, et pour réaliser des sous-stations électriques flottantes suffisamment stables pour éviter aux matériels électrotechniques de subir des vibrations continues », prévient Régis Boigegrain, directeur exécutif de RTE chargé des affaires maritimes.

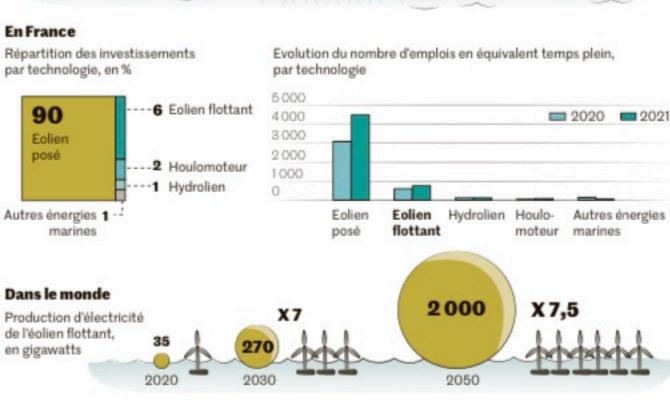
Dans les ports, il va aussi falloir renforcer les quais et les bollards afin de pouvoir y accueillir ces énormes structures. Le plan France 2030 du gouvernement l'a anticipé par le biais de plusieurs investissements en faveur de l'innovation et des aménagements portuaires, pour un coût de 300 millions d'euros. L'heure de vérité sonnera en 2023, avec la remise des plis des premiers appels d'offres. On connaîtra alors les fourchettes de prix de l'électricité ainsi produite. L'Etat cible un tarif de 110 à 120 euros le mégawattheure, contre 45 à 60 euros pour l'éolien posé.

Pour EDF Renouvelables aussi, 2023 s'annonce cruciale, avec l'entrée en service des trois turbines flottantes de Port-Saint-Louisdu-Rhône, qui promettent d'alimenter 45000 foyers. Entre-temps sera élaborée la nouvelle loi de programmation Energie-climat, qui encadrera les prochaines vagues de contrats flottants en France. Restera alors aux opérateurs à s'organiser en véritable filière capable de produire des flotteurs à la chaîne. Un pari industriel qui promet d'être gourmand en capitaux. Et qui demandera constance et patience aux audacieux qui se lancent déjà dans la bagarre.

GUILLAUME DELACROIX







Infographie : Le Monde . Sources : GWEC, Observatoire des énergies de la mer, New European Wind Atlas, ministère de la transition écologique, Equinor

«L'exploitation de la mer possède un potentiel explosif »

DAVID ABULAFIA EST UN HISTORIEN britannique, spécialiste de la Méditerranée, professeur à Cambridge et

auteur de La Grande Mer. Une histoire de la Méditerranée et des Méditerranéens (Les Belles Lettres, août 2022, 744 pages, 35 euros). Il revient sur la singularité de cette mer, lieu de rencontre de cultures multiples.

Les éoliennes vont-elles dans le sens de l'histoire en Méditerranée?

Sans doute, oui. Il subsiste encore en Méditerranée des aires assez vastes sans beaucoup de navigation humaine. Reste la question esthétique, sujette à des appréciations diverses sur le pourtour méditerranéen, qui pourrait créer des turbulences. A l'époque communiste, le nettoyage des cuves de bateaux albanais transportant des produits chimiques dans l'Adriatique avait fait scandale. Et, depuis cinq ans, l'explo-

ration pétrolière autour de Chypre donne lieu à de fortes tensions entre la Turquie, la Grèce, Israël et l'Egypte. Parfois, l'exploitation de la mer possède un potentiel explosif.

Depuis quand cette mer presque fermée est-elle exploitée?

Elle l'a toujours été. Par la pêche, comme ressource alimentaire, ou pour les coraux en Sardaigne et en Sicile et comme moyen de circulation pour le commerce. Néanmoins, son exploitation s'est aggravée avec l'arrivée de nouvelles technologie: les bouteilles d'air comprimé ont permis l'extraction des richesses sousmarines, par exemple.

Depuis le début de l'ère industrielle, la mer est aussi utilisée comme poubelle. Sur le fond repose une quantité invraisemblable de restes de la deuxième guerre mondiale, et peut-être des déchets nucléaires.

Quelles ont été les matières les plus transportées par mer?

Sous les Romains, le commerce de céréales, de textiles et de produits de luxe était florissant. La maîtrise du vent et des courants a évidemment joué un rôle capital dans la navigation, avant que n'apparaissent les premiers bateaux à moteur. Mais l'énergie en tant que telle n'est qu'un sujet récent.

En quoi la Méditerranée est-elle différente des océans?

Elle ne représente que 0,8 % de la superficie des océans du globe, mais elle est centrale pour l'humanité depuis maintenant trois millénaires. Son climat, en été, permet de circuler facilement entre l'Europe, l'Afrique et l'Asie. Le rôle le plus important qu'a toujours joué cette mer, c'est de permettre à différentes civilisations aussi bien continentales qu'insulaires (Sicile, Crète, Chypre) de se rencontrer. Sur les

océans, il y a toujours existé de gigantesques zones exemptes de toute présence humaine. En Méditerranée, c'est la densité qui est frappante.

Est-elle vue différemment selon le rivage où l'on vit?

C'est un grand débat! Au Moyen Age, on ne voyait pas la Méditerranée comme un tout, mais comme la juxtaposition de plusieurs petites mers, l'Egée, l'Adriatique, les Baléares... De l'endroit d'où elle est contemplée découle une perspective géographique et historique particulière. Vue du Liban, elle n'est pas la même que vue d'Espagne. Elle n'en constitue pas moins un espace intégré. L'archéologie a permis de retrouver près de Gibraltar des traces de marchands phéniciens remontant au IX° siècle avant J.-C. Les Egyptiens s'en remettaient à eux pour commercer vers l'Europe.

PROPOS RECUEILLIS PAR GU. D.