

Les énergies renouvelables

Quelles sont les énergies renouvelables ? Comment peut-on les classer ?

On distingue **les énergies intermittentes, variables et aléatoires** et **les énergies pilotables, réglables et pérennes** (fonctionnant en permanence ou à la demande).

Nous traiterons donc d'abord les énergies intermittentes-

Et d'abord l'**éolien** et le **solaire** qui ne fonctionnent, pour l'un que lorsqu'il y a du vent, pour l'autre que lorsqu'il y a du soleil.

Pourquoi focaliser sur l'intermittence ? d'abord parce que lorsqu'il y a interruption de production, et qu'on doit se passer d'électricité, il y a un manque difficile à supporter pour la plupart des êtres humains. Cela prend même vite l'allure d'une catastrophe lorsqu'il y a un black-out, surtout lorsqu'il dure plusieurs heures (problème de congélateur, de chauffage...). L'habitude a été prise depuis des décennies de ne jamais manquer de courant électrique. Des coupures seraient vite insupportables pour l'immense majorité de la population.

Et donc, pour compenser le manque dû à l'interruption quand le vent cesse et que le soleil vient à manquer, il faut disposer de **moyens de production de substitution** (qui sont très souvent polluants et générateurs de CO₂) et le jonglage entre les énergies intermittentes et les énergies de substitution ne laisse pas de poser des problèmes pour le gestionnaire du réseau français RTE.

Le problème avec les renouvelables intermittentes est aussi que leur production est aussi parfois trop abondante, quand il y a beaucoup de vent et un ensoleillement important. Les réseaux se retrouvent ainsi avec trop d'électricité renouvelable dont ils ne savent que faire, qu'on vend donc à perte, et qu'il est aujourd'hui difficile et coûteux de stocker. On reviendra sur ce sujet plus loin.

De plus, les EnR intermittentes seules sont loin de pouvoir produire les quantités nécessaires d'électricité pour couvrir les énormes besoins actuels (8000 éoliennes, c'est seulement 7% de la production française)

Le handicap de l'**intermittence** pourrait-il trouver une solution dans le stockage de l'énergie ? Où en est-on dans ce domaine ?

Puis nous présenterons les autres sources d'énergie renouvelables que nous appellerons **pilotables**, par opposition aux intermittentes.

Ce sera d'abord l'**hydroélectricité**, bien connue.

Puis la **géothermie** sous toutes ses formes et tout ce qui s'y rattache, dont les pompes à chaleur.

Et enfin la **biomasse** avec ses aspects très divers.

Chapitre 2 Les énergies renouvelables intermittentes

1^{ère} partie

L'éolien terrestre, un vecteur d'énergie électrique

C'est le vent qui en est l'énergie primaire, une énergie intermittente, variable et peu prévisible.

L'énergie éolienne n'est pas nouvelle : les moulins à vent existent depuis des siècles, et ont fait très longtemps partie des paysages et du patrimoine, jusqu'au début du 19^{ème} siècle. Jusqu'à l'apparition des machines à vapeur, les meuniers se sont contentés du vent qu'il pouvait y avoir et cela leur allait très bien. Mais cette énergie « renouvelable » a été vite abandonnée au profit du charbon et par la suite, d'autres combustibles fossiles utilisables à tout instant.

A la fin du vingtième siècle, on a imaginé d'utiliser à nouveau cette source d'énergie pour produire de l'électricité.

Evoquons d'abord le **petit éolien domestique** : il est très peu souvent choisi par les particuliers, parce que les aides ou subventions de l'Etat ne suffisent pas à atteindre une rentabilité économique dans la majorité des cas. Il a un faible potentiel, est sensible à la foudre et surtout dérange le voisinage. Enfin, si on les installe sur toiture, il est patent que les éoliennes domestiques font vibrer les bâtiments.

L'éolien terrestre industriel.

Très souvent, les éoliennes industrielles, qui atteignent à certains endroits 200 m de haut et s'élèveront sans doute dans l'avenir jusqu'à 300 m, symbolisent les EnR dans leur ensemble : on en voit sur le bureau de tel ministre, on les situe en arrière-plan de beaucoup de documents publicitaires, de sujets à la télévision. Ce sont comme des messages subliminaux. C'est ce à quoi pense d'abord l'homme de la rue lorsqu'on lui parle d'énergies renouvelables.

Et pourtant, aucune EnR n'a rencontré autant d'opposition : il y a en France des milliers d'associations qui luttent contre des projets d'installation d'aérogénérateurs, notamment par des recours juridiques (la plupart des projets sont suivis de recours par des centaines d'associations adhérentes à des fédérations nationales (Notons aussi que de nombreux recours sont déposés par les opérateurs mécontents d'avoir essuyé un refus). Cela gêne les pouvoirs publics et les opérateurs. Que penser de cet aspect des choses ? Nous verrons plus loin pourquoi ce type d'énergie est rejeté, bien plus que les autres.

Objectivement, une éolienne peut produire de l'énergie, sous certaines conditions : qu'il y ait du vent, que celui-ci soit à une bonne vitesse (50 km/h et jusqu'à 90 km/h, mais pas davantage parce qu'on est obligé d'arrêter les machines : ce serait trop dangereux). Il arrive souvent qu'il n'y ait pas de vent et même parfois sur des périodes un peu longues, de quelques jours à une quinzaine.

Pour être plus précis, la relation entre la vitesse du vent et la production éolienne est loin d'être linéaire. Schématiquement, la production d'une éolienne évolue de la façon suivante :

- Si le vent est inférieur à la vitesse de démarrage (environ 10 km/h), la production est nulle

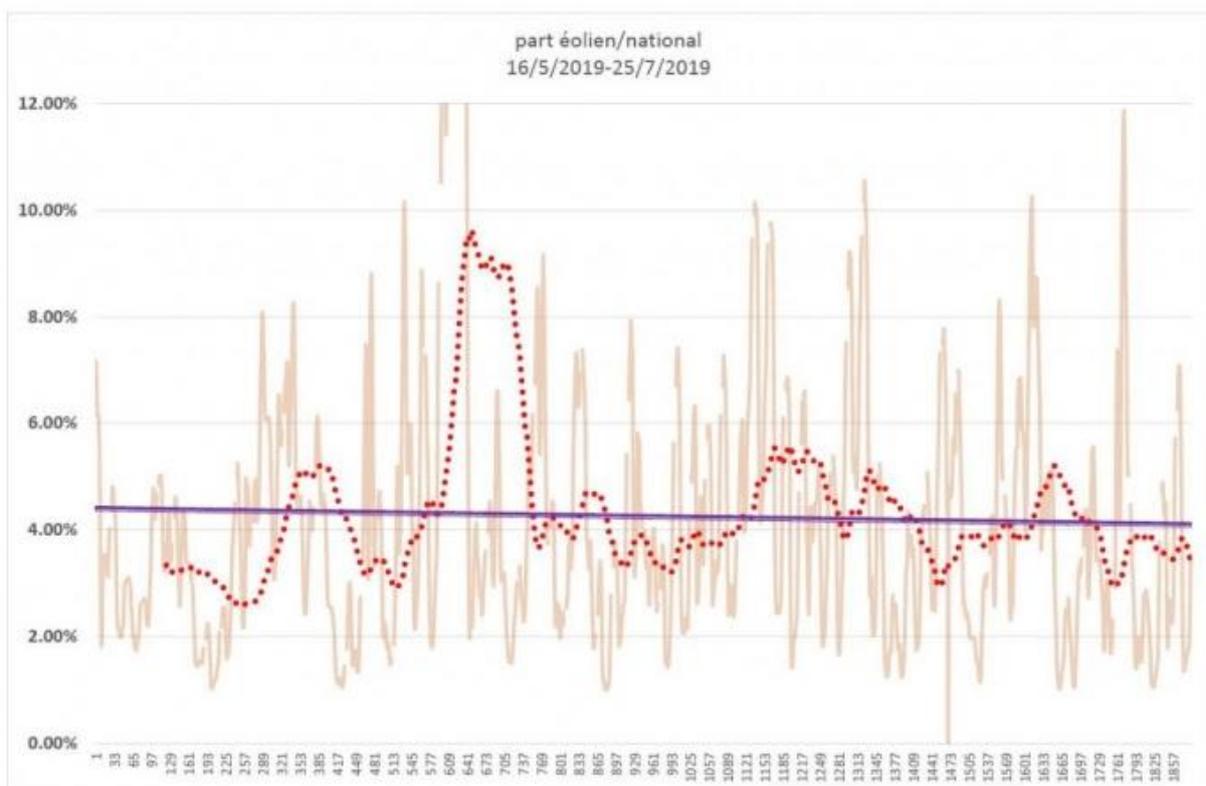
- Entre la vitesse de démarrage et la vitesse nominale (environ 50 km/h), la production augmente rapidement avec la vitesse du vent,
- Au-delà de la vitesse nominale, la production reste approximativement constante...

jusqu'à la vitesse de coupure (autour de 90 km/h) : alors l'éolienne se met en drapeau et la production cesse. La variabilité du vent, quand il y en a, constitue aussi un problème. Une modification même mineure du régime des vents va avoir un impact disproportionné sur la production : si la vitesse moyenne du vent baisse de 1%, la production d'électricité baissera de 3% environ, si le vent baisse de 5%, la production chutera de 14%.... Donc, à chaque fois que la vitesse double, la puissance est multipliée par 8, idem pour l'inverse.

La variabilité signifie que quand y a du vent, la quantité d'électricité varie suivant le cube de la vitesse du vent !

Donc, très souvent, les trois quarts du temps, il n'y a pas de vent ou pas assez et les machines produisent peu ou pas du tout d'électricité et en période de temps stable, de hautes pressions l'été et l'hiver, elles restent immobiles, en berne.

Les variations de la météo produisent donc d'énormes déficits, mais aussi d'énormes surplus. Un exemple très caractéristique nous est fourni par RTE avec le graphique de la production d'électricité par les éoliennes pendant plus de deux mois en 2019 : **4 %** de sa capacité nominale pour tout le territoire français !



Il arrive aussi que la production des éoliennes coïncide avec les besoins du pays, avec les périodes de travail, avec les moments forts de l'économie, de la vie quotidienne. C'est donc utile, mais d'une manière très ponctuelle. Dans ces cas-là, les centrales nucléaires sont obligées de baisser leur production, car l'énergie éolienne est, selon la réglementation, prioritaire sur le marché de l'électricité

européen. Du coup, le matériel de ces centrales nucléaires s'use plus rapidement du fait de la fréquence de la baisse de production et de sa relance en fonction du vent et bien sûr, EDF gagne moins d'argent (on reviendra plus loin sur ce sujet), ce qui peut avoir un impact à long terme sur ses dépenses de sécurité.

Ainsi la plus grande partie du temps, il faut recourir à une puissance fossile ou fissile d'urgence, de réserve, déclenchée en cas d'absence de vent. En Allemagne, « en avance » par rapport à la France pour le nombre d'éoliennes, cette réserve, produite pour moitié par des centrales au charbon correspond actuellement à 88 % de la puissance installée en énergie renouvelable (à noter toutefois que l'Allemagne a prévu de les remplacer à terme par des centrales au gaz, moins polluantes. C'est ce qu'on appelle un « mariage forcé » de l'éolien avec le gaz. Autrement dit, l'Allemagne doit installer et entretenir deux systèmes de production parallèles. C'est ce qui nous attend en France si, comme il est prévu par la PPE (programmation pluriannuelle de l'énergie), on multiplie par trois le nombre des éoliennes et qu'on baisse notablement le nombre de centrales nucléaires. Dans ce cas, il faudra ajouter des centrales au gaz chaque fois qu'on installera de nouvelles centrales alimentées par des énergies intermittentes. En d'autres termes, il faudra des énergies de substitution, soit nucléaires si on garde les centrales existantes, soit à gaz, émettrices de CO₂, ce qui serait contraire à l'objectif de lutte contre le réchauffement climatique.

C'est le principal inconvénient de ces machines intermittentes et variables qui trop souvent, produisent quand on n'a pas besoin d'électricité et trop souvent sont dans l'impossibilité de produire quand on en a besoin.

Cette insuffisance originelle constitutive, devrait cantonner, réduire l'éolien à une source d'énergie d'appoint. Mais ce n'est pas ce qui a été prévu.

Compte tenu de la nécessité de maintenir l'équilibre de la consommation et de la production d'électricité (faute de quoi ce serait le clash, le black-out), les autres sources d'énergie sont donc appelées à assurer l'approvisionnement sans l'apport de l'éolien, en période de pointe. En d'autres termes, **RTE () est obligé de prévoir... de s'en passer assez souvent.**

Faute qu'on puisse la stocker à l'échelle d'un pays, à certains moments, le surplus de cette énergie est perdu, ou vendu à perte (à prix négatif) aux pays voisins où les conditions météo sont souvent comparables à celles de la France au même moment, et où existe donc également déjà un surplus de production d'électricité éolienne. Lors de week-ends particulièrement venteux pendant lesquels les besoins en énergie sont très faibles, la production d'énergie éolienne est intégralement facturée au prix fort à EDF, et par voie de conséquence aux usagers. La question de l'énergie produite pour rien, qui concerne toutes les énergies intermittentes, est particulièrement cruciale pour l'éolien industriel, en raison de l'impossibilité de stockage à grande échelle. C'est pourquoi, pour simplement exister, il lui faut un très fort soutien des pouvoirs publics.

En effet, nos dirigeants ont imaginé de donner à l'éolien la priorité devant les autres sources d'énergie ; en lui allouant de surcroît la plus grosse part des subventions prévues pour les EnR.

Les conséquences budgétaires

Dans la perspective de la lutte contre le réchauffement climatique, la question du coût de cette source d'énergie est passée au second plan. Il n'est pas question de faire des économies ? Non, bien au contraire, car le tarif de rachat de l'électricité éolienne par EDF est bien supérieur à celui du marché et ce soutien est financé par le biais d'une taxe imputée sur leur facture d'électricité, et d'une taxe sur les carburants.

Elles dépassent aujourd'hui 20 % du montant de la facture des usagers et ne pourront qu'augmenter fortement si la politique nationale continue dans cette voie.

En termes d'investissement, cela atteint des sommes astronomiques : plus de 150 milliards d'euros (121 milliards à fin 2017, selon la Cour des comptes), auxquels s'ajoutent 25 Mds pour l'offshore et 400 millions par tranche de 500 MW pour les raccordements offshore ce qui fait 5 milliards, ce qui, avec quelques autres dépenses, permet d'atteindre 200 milliards, qui désormais sont financés et suivis dans le programme budgétaire 345, la partie raccordements relevant du TURPE (tarif d'utilisation du réseau public d'électricité) qui avec les charges d'exploitation de RTE et d'Enedis représente environ 1/3 de la facture d'électricité, les deux autres tiers étant les frais d'exploitation, plus la marge de l'opérateur et les taxes.

En termes de fonctionnement, l'éolien industriel a un impact significatif sur le marché de l'énergie par la surproduction et le manque de production. La surproduction a pour effet de faire s'effondrer les prix du marché et le manque de production provoque leur envolée. L'éolien ne risque rien financièrement puisque la vente de son électricité est garantie, à un prix garanti, mais cette instabilité est préjudiciable aux moyens de production mobilisables, car la volatilité des prix entraîne l'hésitation des investisseurs.

Et pour quel résultat ?

En France, l'énergie éolienne produite en 2019 a été de 34,1 TWh, soit 6,3% de la production électrique française, ce qui est très peu, alors que déjà 8000 éoliennes sont construites en France. Il est d'ores et déjà évident que les éoliennes ne pourront pas couvrir les besoins nationaux.

En d'autres termes, l'éolien ne sert pas à grand-chose, mais jouit d'un préjugé favorable surtout dans les grandes villes qui ne subissent pas leurs nuisances, préjugé qui repose sur toute une littérature et une imagerie diffusées par l'Ecologie politique, les « Verts », mais pas seulement, puisque nombre d'associations et d'ONG d'envergure lui sont restées favorables, (Négawatt, WWF, GreenPeace...), les lobbyistes de l'éolien, très heureux de cette aubaine, et même certains milieux gouvernementaux !

Comment les partisans de l'éolien industriel le défendent-ils ?

Ils avancent souvent la thèse du « foisonnement », selon laquelle lorsqu'il n'y a pas de vent dans une région, il y en a dans une autre, ce qui permettrait de suppléer à la carence locale. La réalité est autre : en 2018, une étude du VGB Power Tech a été menée sur 18 pays européens. Elle montre que le plus souvent, il y a « en même temps » soit beaucoup, soit peu de vent, un peu partout en Europe. La conséquence est redoutable : on ne peut compter sur les éoliennes ni pour assurer la sécurité d'alimentation du pays, ni pour importer de l'électricité éolienne des pays voisins, qui ont de fortes chances au même moment d'être soumis aux mêmes manques de vent.

Une étude du Céréme menée sur 8 spots éoliens européens au long de l'année 2020 démontre également qu'il n'existe pas de foisonnement.¹

Les conséquences budgétaires sont importantes, et les conséquences environnementales ne le sont pas moins.

Conséquences environnementales

Les partisans de l'éolien industriel terrestre oublient trop souvent les dégâts importants qu'ils provoquent sur la faune sauvage : les opérateurs minimisent largement les mortalités d'oiseaux et de chauves-souris. Or selon « *Save the Eagles international*, » ce sont 200 oiseaux par an par éolienne qui meurent chaque année, et 400 chauves-souris, en Espagne (chiffres donnés par la « LPO » espagnole). Très souvent, de nombreuses espèces protégées sont touchées, car on implante les éoliennes, notamment dans les moyennes montagnes, là où celles-ci ont trouvé refuge. Dans un contexte législatif de reconquête de la biodiversité, cela est inacceptable.

La mortalité des chauves-souris est deux fois plus nombreuse que celle de l'avifaune.

Selon les ornithologues, les problèmes majeurs de l'impact des éoliennes sur l'avifaune sauvage sont, outre les risques de mortalité par collision, la sensibilité au dérangement, une fatigue extrême en cas de contournement des parcs éoliens qui se succèdent, créant un « effet barrière », et surtout la perte des territoires de chasse (ou **perte d'habitat**) qui a des répercussions sur leur reproduction et leur pérennité.

D'autres animaux sont aussi victimes des éoliennes : le bétail est perturbé par le voisinage des aérogénérateurs (mortalité des bovins, veaux difformes à la naissance, ...).

Mais surtout, les êtres humains ne sont pas épargnés : une proportion non négligeable des riverains d'éoliennes souffrent de troubles importants, dus aux bruits, aux infrasons, aux vibrations des pales contre les mâts des éoliennes..., d'où des insomnies, des dépressions, des acouphènes... Le voisinage de ces machines est tout à fait désagréable, même au-delà des 500 m de distance réglementaire : on peut entendre un parc éolien à 2,5 km de distance, et en souffrir fortement.

Les normes acoustiques ne sont le plus souvent pas respectées d'ailleurs, en raison de la complexité de la réception des sons (relief, végétation, vents dominants...).

Tous les promoteurs éoliens admettent aussi que la problématique des paysages subsiste avec les machines : de beaux sites paysagers sont complètement défigurés : on ne peut pas intégrer dans un paysage des machines aussi hautes (et qui tournent !). C'est grave.

Pour avoir une idée plus complète des nuisances, on peut se reporter à l'expérience du maire d'une commune des Hauts de France dont l'environnement a été envahi par plus de 200 éoliennes (c'est le maire de Montcornet dans l'Aisne).

<https://ventsetterritoires.blogspot.com/2019/07/aisne-montcornet-le-maire-lance-un-cri.html?m=1>

¹https://cereme.fr/wp-content/uploads/2021/06/Cereme_fiche-pedagogique-3_eolien-et-foisonnement.pdf

La question du recyclage

Le reproche qu'on peut faire aussi à l'éolien est qu'il n'est pas possible de recycler les pales qui sont en matériaux composites. Les pales, en fin de vie, sont incinérées ou enfouies, ce qu'on appelle le « **downcycling** » aux USA. Deux solutions pas très écologiques pour des monstres de 25 tonnes.

Avec le démantèlement programmé de plusieurs centaines d'éoliennes chaque année en France, c'est un véritable défi écologique qui se pose. Selon l'ADEME, ce sont 15 000 tonnes de matières composites issues des pales qui devront être traitées rien qu'en 2029. En Europe d'ici à 2030, cela fera 375 000 tonnes.

D'autres effets sur l'environnement sont moins connus, mais tout aussi nuisibles : C'est d'abord la quantité désastreuse de béton qu'il faut pour les installer, et ensuite la grande quantité de métaux rares issus de minerais qu'il faut chercher dans tous les coins du monde. L'éolien nécessite d'extraire de l'aluminium, du chrome, du cuivre, du fer, du plomb, du zinc, du manganèse, du nickel, du molybdène et du néodyme (celui-ci étant indispensable aux aimants sans lesquels les éoliennes ne pourraient même pas exister). Sait-on que pour une seule éolienne, il faut 1,4 tonne de cuivre en moyenne ? Ces minerais sont souvent extraits dans des conditions épouvantables, et surtout s'épuisent (le cuivre est arrivé en 2020 à son pic de production).

Sait-on qu'un mégawatt-heure d'éolien « consomme » 8 fois plus de béton, 20 fois plus d'aluminium et de cuivre, 26 fois plus d'acier qu'un mégawatt-heure nucléaire ? (compte-tenu de son intermittence et de la durée de vie de ses installations).

C'est la « face cachée des énergies vertes » sur laquelle nous reviendrons plus loin.

Conclusion

La première conclusion, c'est que si on voulait se contenter des énergies renouvelables électriques (essentiellement intermittentes et majoritairement éoliennes), il faudrait accepter des coupures de courant ou un rationnement de l'électricité à certains moments. Il est peu probable que cette option reçoive l'assentiment des populations et des industriels.

De ce fait, et c'est la deuxième conclusion, il faut compléter les éoliennes par des installations de substitution, fonctionnant notamment au gaz. Pour le coup, c'est un grand raté du point de vue écologique et financier.

C'est ce que disait M. Mestrallet, Président d'Engie (GDF-SUEZ), société fortement impliquée dans l'éolien en France : il mettait clairement en garde, dès le 8 juin 2011, contre la séduction qu'exerce l'opinion publique les énergies renouvelables : "ce sont des énergies intermittentes qui vont nécessiter de grandes capacités de réserves qui vont reposer sur le pétrole naturel. On va payer trois fois. D'abord parce qu'il faudra construire deux systèmes (éolien-gaz) ; deuxièmement, car il faudra subventionner les éoliennes ; troisièmement, les turbines gaz vont fonctionner seulement 70% du temps et le coût du MWh va être augmenté d'autant. Outre le coût élevé, le système éolien-gaz va générer des gaz à effet de serre 70% du temps. C'est donc un système pollueur".

Alors pourquoi continuer à développer l'éolien ? Il vaudrait mieux consacrer les efforts (et les recherches) à d'autres sources d'énergie plus fiables, voire plus économiques.



Le downcycling aux Etats Unis (En France, selon FEE, on les incinère)

L'éolien offshore ou maritime

Ces types d'éoliennes sont installés en mer pour moins déranger les habitants. Cependant elles sont d'une autre échelle : visibles de la côte parce que beaucoup plus hautes, plus puissantes, et plus nombreuses que les éoliennes terrestres, pour chacun des parcs. Leur production est plus élevée et plus régulière, car les vents maritimes sont plus forts et réguliers : leur facteur de charge peut atteindre un maximum 35-39 % en Mer du Nord (contre 24% pour les éoliennes terrestres en moyenne).

Il existe deux sortes d'éoliennes en mer : celles dont le mât est posé et fixé sur les plateaux continentaux pas trop profonds (30 m environ), à environ 10 km des côtes, et les éoliennes « flottantes », fixées sur une barge carrée de béton percée d'un trou en son milieu d'un poids de 4000 tonnes, qui peuvent s'abstraire des profondeurs sous-marines, puisqu'elles sont amarrées par des câbles et flottent en mer sur une plateforme en béton ou en acier (technique inspirée des plateformes pétrolières). On peut donc les installer plus loin, entre 15 et 20 km des côtes. Une première expérimentation au monde d'éoliennes flottantes, appelée « fermes pilotes », aura lieu au large de Gruissan-Leucate (Aude) où 4 éoliennes seront installées en 2021 ou 2022, après un prototype installé au large de St Nazaire (vérifier)

Nous n'en connaissons pas tout à fait les effets sur l'environnement. La mer n'est pas un espace vide et il y aura un impact sur le milieu marin (poissons et crustacés), mais aussi sur la faune migratrice, qu'il est difficile d'évaluer tant qu'une étude (prévue en 2022) ne sera pas réalisée. On sait déjà que les oiseaux migrateurs et les chauves-souris migratrices pourraient être impactés, voire subir une forte mortalité (comme pour les éoliennes terrestres), et les cétacés (cachalots, baleines...) seraient perturbés par les infrasons et perdraient leur capacité de communication et d'écho-localisation, ce qui leur créerait des difficultés pour se repérer, se nourrir et se reproduire ...

Il est certain par ailleurs que des zones de pêche seront supprimées. Du coup, souvent, les pêcheurs s'y opposent, comme à St Brieuc en 2020-2022. La constante toujours vérifiée sur des sites analogues en mer du Nord, c'est une raréfaction grave de la ressource en poissons autour des sites éoliens et une baisse drastique des flottes de pêche (cf. l'exemple de Ramsgate -UK). Les hollandais viennent pêcher au large de la France parce qu'ils ont perdu des sites de pêche à cause de leurs propres éoliennes en mer ! Enfin, même si le taux de charge des éoliennes offshore est plus élevé que celui des éoliennes terrestres, il n'en demeure pas moins qu'elles fonctionnent de manière intermittente.

L'hydrolien

Ce sont les courants qui en sont l'énergie primaire : il existe deux types de courants : les courants marins situés au large des côtes, permanents, par exemple au large de Cherbourg et Brest : la vitesse du courant est supérieure à 12 kms , et les courants de marée ou de marnage, tout près des côtes, intermittents (changement de marée et étales entre deux) mais tous deux prévisibles à la minute près. Une hydrolienne est une turbine sous-marine, qui tourne très lentement, posée dans les fonds sous-marins, à une profondeur minimale de 25 m (la structure est de 20 m de hauteur, et les hélices de 16 m de diamètre).

Les hydroliennes sont beaucoup plus petites que les éoliennes pour une même puissance, car la masse volumique de l'eau est 800 fois supérieure à celle de l'air.

Les hélices tournent entre 10 et 15 tours par minute, soit 10 fois moins que les hélices d'un bateau. Elles n'ont pas d'incidence sur les paysages, et on ne connaît pas la gêne qu'elles occasionneraient sur les animaux marins.

EDF estime le gisement, près des côtes françaises, à 3 GW soit l'équivalent de 3 réacteurs nucléaires, ce qui est peu par rapport à nos besoins en énergie.

Le problème est que la maintenance est très lourde : l'érosion des pales par le sable est forte et un projet a été abandonné à cause du matériau qui avait été utilisé, trop sensible à la corrosion (du coup, il faut du matériel anti- corrosion qui coûte cher : ex l'acier inoxydable et le titane)

Le coût d'installation et de l'entretien est pour l'instant de 8 millions d'€ pour chaque MW installé, ce qui est encore prohibitif, et il semble que l'Etat n'octroie pas ou n'accorde pas suffisamment de subventions pour démarrer cette filière.

L'énergie des vagues

L'énergie houlomotrice représenterait un potentiel énorme dans le mix énergétique mondial. Le Conseil mondial de l'énergie estime que 10 % de la demande annuelle mondiale d'électricité pourraient être couverts grâce à cette énergie. Pour autant, tous les pays n'ont pas le même potentiel : certaines régions, comme l'Atlantique Nord, sont particulièrement propices à la récupération de l'énergie des vagues. En France métropolitaine, le potentiel est estimé à 40 TWh/an, principalement sur la façade atlantique (10 à 15 GW).

Selon IFP Energies Nouvelles, pour récupérer l'énergie des vagues, on distingue quatre grandes familles de technologies :

- **Les colonnes d'eau oscillantes** : l'oscillation de l'eau à la surface de la mer agit comme un « piston » qui pousse de l'air dans une chambre. Ce flux d'air sous pression actionne mécaniquement des turbines pour produire de l'électricité. Les installations peuvent être flottantes (en mer) ou fixes (sur le littoral). Cette technologie en est à un stade précommercial.

- **Les systèmes à déferlement** : les vagues viennent se briser sur des rampes inclinées artificielles et se déversent dans des réservoirs surélevés. L'eau actionne une turbine, puis retourne à la mer. Comme pour les colonnes d'eau oscillantes, les installations peuvent être flottantes en mer ou fixes sur le littoral. Ces systèmes sont encore peu nombreux.

- **Les systèmes à flotteurs** : plusieurs corps flottants reliés entre eux sont alignés dans le sens du vent, perpendiculairement aux vagues, et maintenus à la surface de l'eau par des câbles arrimés au sous-sol marin. Les vagues créent une oscillation de la chaîne de flotteurs, ce qui actionne une turbine soit directement, soit par le biais d'un fluide hydraulique comprimé. Les systèmes de ce type en sont à des stades de maturité divers.

- **Les systèmes posés au fond** : fixés sur le fond marin, ils utilisent l'oscillation de l'eau provoquée par les vagues pour mettre en mouvement des corps immergés (volets, bouées, etc.). Ces derniers actionnent à leur tour des systèmes de transformation d'énergie électriques ou hydrauliques (grâce à un fluide qui peut être de l'huile, de l'eau de mer...). Un système de ce type a fait la preuve de son efficacité en envoyant de l'électricité au réseau pendant 24 heures consécutives.

Cette énergie, variable, est plus facile à prédire que l'éolien et le solaire, mais elle reste freinée par certaines contraintes : Les matériels doivent résister à des conditions parfois extrêmes, tout en offrant une grande fiabilité, et souffrir d'un coût de production élevé (200 à 300 €/MWh aujourd'hui)