

LUM

N°19
AVRIL /
JUN 2023

Le magazine science et société de l'Université de Montpellier



> Plein
d'énergies

Édito



Plein d'énergies

Depuis 2021, les tarifs de l'énergie sont en hausse continue, hausse qui s'ajoute à la crise climatique et environnementale qui impose une réduction des émissions de gaz à effet de serre. Cette situation impacte directement tout un chacun : l'État et notre ministère de tutelle ont notamment demandé aux universités de réduire leurs consommations énergétiques de 10 % d'ici la fin de l'année 2024.

Cette crise aux multiples facettes met en avant notre dépendance à l'énergie pour nous chauffer, nous déplacer, nous éclairer, nous nourrir... Mobiliser cette énergie, c'est savoir la produire, la stocker, la consommer, la réguler. Un enjeu protéiforme qui implique une grande diversité de champs de recherche : géologie, chimie, nucléaire, biologie, économie, science politique ou marketing.

Comment réduire progressivement notre consommation de pétrole ? Comment explorer tout le potentiel de la géothermie ? Comment produire de l'énergie solaire sur les parcelles agricoles ? Autant de questions liées à la production abordées en ouverture de ce magazine, qui s'intéresse aussi à la consommation de cette précieuse énergie.

La recherche en sciences sociales est, elle aussi, au cœur de la crise énergétique. L'économie et les sciences politiques nous aident à comprendre comment est fixé le prix de l'électricité ou comment mesurer la précarité énergétique pour mieux la prendre en charge. Ou encore pourquoi la hausse du prix des carburants a été le déclencheur de la crise des gilets jaunes. Le marketing, quant à lui, peut construire des outils pour susciter chez les consommateurs et les consommatrices des comportements durables.

Mieux gérer l'énergie, c'est aussi savoir quoi faire des déchets du nucléaire, réduire l'impact des éoliennes sur la biodiversité, optimiser les procédés de combustion du bois ou encore développer des batteries innovantes pour stocker l'énergie intermittente.

Les chercheuses et chercheurs de l'UM et de ses partenaires mettent ainsi leur énergie au service de la nôtre, pour mieux comprendre cette crise inédite, et accompagner l'indispensable transition énergétique.

Je vous souhaite une bonne lecture de ce dix-neuvième numéro du magazine *LUM*.

Philippe Augé,
Président de l'Université de Montpellier



Produire

6

Au charbon !

10

Vers la fin du pétrole

12

Sous les pavés, l'énergie

14

À l'ombre des panneaux solaires



Consommer

16

« L'ouverture à la concurrence dans le secteur électrique se paie très cher »

18

Le carburant des gilets jaunes

20

« 20 % des ménages déclarent avoir froid dans leur logement »

22

Des données qui changent la donne



Gérer

24

Forever bois

26

Des déchets durables

28

Vies volées

30

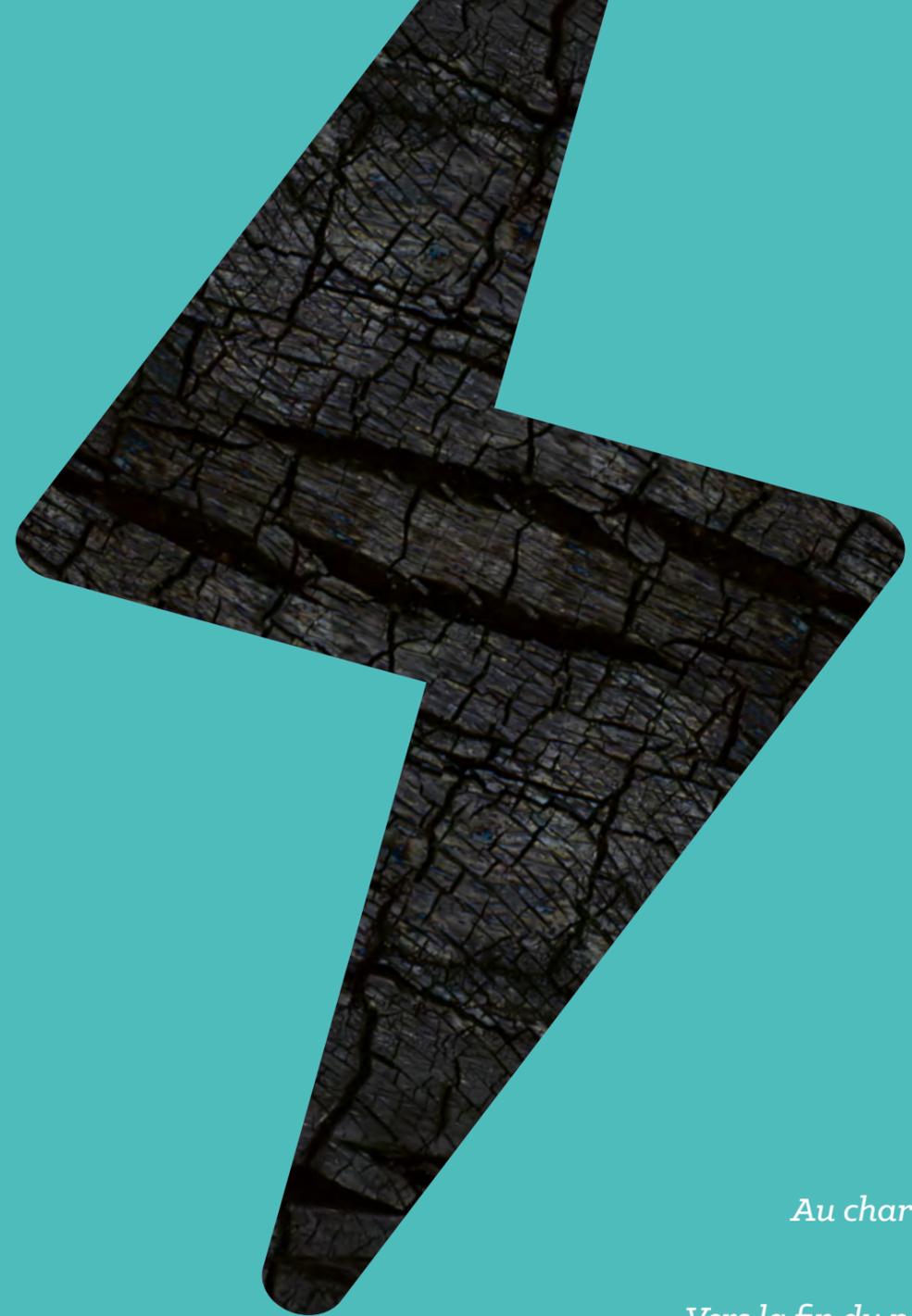
Décrocher du lithium



Retrouvez les podcasts de l'UM ! Avec À l'UM la science et Lumlu ne ratez rien de l'actualité scientifique de l'Université de Montpellier et de ses partenaires.



#umontpellier



6

Au charbon !

10

Vers la fin du pétrole

12

Sous les pavés, l'énergie

14

À l'ombre des panneaux solaires

PRODUIRE

AU CHARBON !

C'est l'énergie des villes des pays du Sud : le charbon de bois. « A ne pas confondre avec le charbon fossile extrait des mines, précise Kévin Candelier. Le charbon de bois lui est produit par un processus de chauffage du bois en absence d'oxygène que l'on appelle carbonisation ou pyrolyse lente, explique le chercheur du laboratoire BioWooEB*. Pourquoi du charbon de bois plutôt que du bois ? « Le charbon présente un contenu énergétique supérieur par unité de masse à celui du bois de feu, il brûle plus lentement et émet moins de fumée durant la combustion », répond Kévin Candelier. Léger, facile à transporter et à stocker, c'est le combustible des ménages urbains dans les pays du Sud. En République démocratique du Congo, 90 % de la population vivant dans la capitale Kinshasa dépend principalement du charbon pour la cuisine d'après l'Organisation des Nations unies pour l'agriculture et l'alimentation.

Selon son dernier rapport sur la situation des forêts dans le monde, la consommation de charbon de bois ne cesse d'augmenter du fait de l'accroissement démographique, de l'urbanisation dans les pays en développement ou émergents « et de son coût plus abordable comparé à d'autres sources d'énergie », précise François Pinta, également chercheur à BioWooEB. Conséquence : la consommation mondiale de charbon de bois a progressé de 20 % environ au cours des 10 dernières années, ce qui contribue à mettre en tension une ressource forestière déjà sous pression.

« Dans les pays en développement, la plus grande partie du charbon de bois est produite de façon artisanale à l'aide de techniques simples qu'on appelle des meules de carbonisation : on empile le bois en tas compacts qu'on recouvre de végétaux et de terre pour créer une enceinte fermée, puis on chauffe le bois qui devient du charbon », illustre Kévin Candelier. Cette méthode traditionnelle permet d'atteindre des rendements de conversion de 13 à 27 % seulement, ce qui signifie qu'il faut entre 3,5 et 8 kilos de bois pour produire 1 kilo de charbon, en fonction des procédés utilisés.

Améliorer ces procédés, c'est un des axes de recherche qu'explore le laboratoire BioWooEB depuis 40 ans. « L'un des enjeux est d'améliorer les rendements de conversion de la matière, notamment en choisissant bien les essences de bois mais aussi en améliorant les pratiques existantes ou en développant de nouveaux procédés de production du charbon plus respectueux vis-à-vis de l'environnement et moins pénibles pour les charbonniers », précisent les deux chercheurs. Un enjeu de taille pour répondre à la demande croissante en charbon tout en préservant les ressources en bois. 

*BioWooEB (Cirad)



Meules traditionnelles avec cheminées d'évacuation des fumées pour la production de charbon de bois
GIC de Charbonniers Ayi-Yind d'Abong-Doum, Cameroun



▲ Charbon de bois pour approvisionner la ville de Bangui (RCA)



▲ Mise en sacs de charbon de bois



photos © Kévin Candélier, François Pinta, Chad

« La question n'est pas de savoir s'il y aura encore du pétrole mais plutôt combien nous serons prêts à le payer »



Si les hydrocarbures ont représenté la panacée en termes d'énergie pendant des décennies, le monopole du pétrole est aujourd'hui écologiquement intenable. Mais la fin de cette idylle sera-t-elle choisie par les humains ou imposée par l'épuisement des ressources en or noir ? Chronique d'une fin annoncée avec le spécialiste Michel Séranne, du laboratoire Géosciences Montpellier*.

Vers la fin du pétrole

Pétrole addict

Facile à exploiter, à transporter, à stocker, à utiliser, le pétrole représente alors une énergie très bon marché qui a tous les avantages. « *Tellement facile qu'il a été utilisé de manière inconsidérée, créant une véritable addiction aux énergies fossiles.* » En 2018, nous avons ainsi dépassé le seuil des 100 milliards de barils de pétrole consommés par jour au niveau planétaire. Soit près de 16 milliards de litres d'or noir quotidiens.

« *On consomme le pétrole bien plus vite qu'il ne se crée, il se forme en plusieurs dizaines de millions d'année et se brûle en à peine quelques secondes* », rappelle Michel Séranne. Ce qui à l'échelle de notre temps en fait une énergie non renouvelable, donc une ressource finie. Un constat qui amène une question récurrente : va-t-on finir par épuiser tout le pétrole disponible ?

Si la fin du pétrole est régulièrement annoncée depuis les années 1980, cette date butoir ne cesse d'être repoussée au fur et à mesure qu'on s'en rapproche. Parce que du pétrole, il y en a encore. « *Non seulement on connaît de mieux en mieux les réserves naturelles et on découvre donc de nouveaux réservoirs, mais en plus il y a eu de gros progrès technologiques qui permettent d'exploiter des ressources auparavant inaccessibles. Aujourd'hui on exploite à peine 1/4 à 1/3 du pétrole contenu dans les gisements.* »

Prenez quelques micro-organismes vivants marins, animaux, végétaux, bactéries, plancton. A leur mort, laissez-les couler au fond des lacs ou des océans où ils vont se mélanger avec du sable, formant ainsi différentes couches de sédiment. Privez-les d'oxygène et ajustez la température et la pression. Attendez plusieurs dizaines de millions d'années. Vous avez du pétrole. Une recette archaïque et immuable pour un produit indémodable.

« *Le pétrole a commencé à être utilisé comme source d'énergie dès le 19^e siècle, mais sa consommation a explosé au début du 20^e siècle avec l'invention de l'automobile* », rappelle Michel Séranne. Il faut dire que comme source d'énergie, le pétrole a alors tout pour plaire. « *C'est un fluide, il "suffit" donc de mettre un tuyau pour l'extraire du sous-sol ce qui rend son exploitation très facile comparativement au charbon par exemple* », précise le géologue.

Des ressources inexploitées

Après avoir vidé d'abord les réserves les plus accessibles, on pourrait désormais exploiter des gisements plus éloignés ou plus difficiles d'accès. Sans compter toutes les ressources en or noir connues qui n'ont pas été exploitées pour des raisons géopolitiques, « *comme au Venezuela, en Arctique, ou en Alaska. Les ressources existeraient pour encore plus d'un siècle* », précise le géologue.

« *En réalité la question n'est pas de savoir s'il y aura encore du pétrole mais plutôt combien nous serons prêts à le payer.* » Car qui dit gisements moins accessibles dit coûts d'exploitation plus élevés. Sans compter bien sûr le prix écologique qui « *lui sera totalement exorbitant, un coût inacceptable* », rappelle Michel Séranne. Un véritable changement de paradigme autour de la fin du pétrole qui ne sera pas subie et doit donc être choisie.

Et si la nécessité d'opérer cette transition énergétique est désormais admise, pour Michel Séranne elle ne signe pas la fin du pétrole : « *pour l'heure les énergies renouvelables représentent moins de 20 % de l'énergie produite, et si nous voulons faire augmenter cette proportion nous avons besoin de pétrole et de gaz, ne serait-ce que comme source d'énergie pendant cette période. Ce qu'il faut c'est diminuer le plus rapidement possible la proportion des hydrocarbures.* »

Indispensables géosciences

Une transition énergétique qui ne se fera pas sans pétrole, ni sans géologue. Notamment parce que les matériaux nécessaires à la production des énergies renouvelables sont eux aussi cachés sous nos pieds et que leur exploitation demande une connaissance aigüe des formations géologiques. « *Les métaux stratégiques comme le cobalt, le nickel ou les terres rares bien entendu, mais également les métaux de base comme l'acier, l'aluminium, le cuivre, indispensables à la construction des éoliennes ou des panneaux solaires.* »

Mais aussi parce que le sous-sol représente un point hautement stratégique pour le stockage de l'énergie. « *La majorité des énergies renouvelables sont dites intermittentes, il faut donc pouvoir les stocker quand elles sont produites pour les utiliser quand on en a besoin, et les réservoirs naturels peuvent répondre à ces problématiques* », explique Michel Séranne. La connaissance et l'utilisation du sous-sol local sont ainsi un enjeu majeur au service de la transition énergétique, qui ne se fera pas sans les géosciences. « *Développer la recherche et les enseignements pour mieux en tirer parti apparaît de plus en plus nécessaire pour accompagner la fin annoncée des énergies fossiles* », pointe Michel Séranne. 

*GM (UM, CNRS, U Antilles)

✓
Forer pour récupérer la chaleur de la Terre, c'est le principe de la géothermie. Une source d'énergie renouvelable, décarbonée et non intermittente, mais qui peine à s'imposer en France aux côtés du solaire et de l'éolien. Roger Soliva et Benoit Gibert, enseignants-chercheurs au laboratoire Géosciences Montpellier*, creusent la question.

SOUS LES PAVÉS, L'ÉNERGIE

Une source d'énergie inépuisable se trouve à notre portée, sous nos pieds. Un flux de chaleur constant naturellement généré par le refroidissement continu de la planète mais aussi par la désintégration des éléments radioactifs contenus dans les roches. Récupérer cette énergie pour se chauffer ou pour produire de l'électricité, c'est là tout le principe de la géothermie. « Un terme qui décrit à la fois l'étude des phénomènes thermiques dans la Terre mais également l'ensemble des techniques et procédés qui vont permettre d'extraire la chaleur du sous-sol », explique Benoit Gibert, chercheur en physique des roches au laboratoire Géosciences Montpellier. « La géothermie concerne tous les champs des géosciences », complète Roger Soliva, tectonicien et spécialiste des ressources géologiques.

Et pour récupérer cette chaleur, il n'y a pas de secret, il faut creuser. Car plus l'on descend, plus la température augmente. « À quelques mètres de profondeur, la température du sous-sol correspond à la température moyenne annuelle en surface, soit environ 14°C, expliquent les chercheurs. Au-delà de cette profondeur, la température augmente en moyenne de 3°C tous les 100 mètres ». Les installations de géothermie nécessitent donc de réaliser des forages et de faire remonter à la surface les fluides chauds contenus dans le sous-sol.

La géothermie en profondeur

Et en fonction de la profondeur de ces forages, on distingue plusieurs types de géothermies. « À de faibles profondeurs on parle de géothermie de surface, on fait remonter de l'eau, dont on extrait l'énergie par des pompes à chaleur qui permettent de chauffer des bâtiments », explique Benoit Gibert. « Un enjeu de taille quand on sait que 45 % de l'énergie consommée en France est utilisée sous forme de chaleur », complète Roger Soliva. Pour le chauffage domestique, mais également pour chauffer par exemple les piscines, les piscicultures ou encore pour d'autres usages industriels.

Mais la géothermie permet également de produire de l'électricité. « On parle alors de géothermie électrogène », précise Roger Soliva. La géothermie profonde permet en forant davantage d'atteindre des températures supérieures à 120 °C. Les fluides extraits à partir de ces températures permettent, grâce à certains procédés, de produire de l'électricité.

À certains endroits de la planète, le plus souvent en contexte volcanique, on peut également mettre en œuvre ce qu'on appelle la géothermie haute énergie. « Là on extrait des fluides à des températures beaucoup plus hautes, supérieures à 200°C, ce qui permet de produire de l'électricité à partir de fluides contenant naturellement de l'eau à l'état vapeur, précise le chercheur. La détente de cette vapeur sous pression fait tourner une turbine qui fait à son tour fonctionner un alternateur produisant de l'électricité », détaille Benoit Gibert. C'est par exemple le cas de la centrale géothermique de Bouillante en Guadeloupe qui produit 6 à 7 % de la consommation totale d'électricité de l'île.

Et si des pays comme les Etats-Unis, l'Islande ou encore la Nouvelle-Zélande ont misé sur la chaleur de la Terre, en France métropolitaine, la géothermie représente encore une part dérisoire dans la production d'énergie et seuls

quelques dizaines de milliers de foyers sont chauffés par l'énergie terrestre, « alors même que le territoire pourrait s'y prêter d'un point de vue géologique », précise Roger Soliva.

Une place dans le mix énergétique

« Quand on parle d'énergies renouvelables, on pense au solaire et à l'éolien, mais pas à la géothermie », s'étonne Benoit Gibert. Pourtant elle présente des avantages uniques : « c'est une source d'énergie qu'on peut considérer comme infinie et dont la production ne dépend pas des conditions météorologiques comme le solaire ou l'éolien », explique Benoit Gibert. Elle peut donc être produite en permanence et peut s'affranchir des problématiques de stockage car on contrôle sa production, « en ouvrant ou fermant le robinet en fonction des besoins », image le géologue.

Alors pourquoi la géothermie peine-t-elle à se développer malgré un « potentiel bien plus large », comme le disent les géologues ? « Il y a très peu de communication sur le sujet, une méconnaissance de la part des décideurs politiques, des constructeurs et de la population, mais aussi des pressions européennes et nationales pour le développement des énergies renouvelables intermittentes. » Et une image ternie de la géothermie électrogène par les séismes survenus

à Vendenheim en 2019 « c'était pourtant évitable car tous les indicateurs étaient au rouge, ces séismes étaient prévisibles pour les géologues », témoigne Roger Soliva. Un événement qui a pourtant jeté un coup de froid sur cette technologie, qui fait l'objet d'un regain d'intérêt depuis 2022. « Avec la guerre en Ukraine et la crise du gaz, nous sommes davantage sollicités, mais nous ne sommes pas assez nombreux à travailler sur ce sujet, pointe Roger Soliva. Les décideurs ont un rôle important à jouer pour participer au développement de la géothermie qui pourrait largement contribuer au mix énergétique, et au moins à son usage sous forme de chaleur, qui est sans aucun risque de sismicité induite », conclut le géologue. **AB**

*GM (UM, CNRS, U Antilles)

À L'OMBRE des panneaux solaires

∨
Combiner production alimentaire et production énergétique, c'est le pari de l'agrivoltaïsme. Un concept né à Montpellier qui depuis a essaimé partout dans le monde : installer des panneaux solaires sur les parcelles agricoles. Explication avec Christian Dupraz, chercheur au laboratoire Absys* qui a fait germer cette idée.

100 gigawatts d'énergie photovoltaïque à l'horizon 2050, c'est l'objectif annoncé par le président de la République en février 2023. « Un pari difficile : les toits bien exposés au sud, les parkings et les friches industrielles ne suffiront pas à remplir cet objectif très ambitieux mais nécessaire », estime Christian Dupraz. Pour le chercheur en agroforesterie la solution tient en un mot : l'agrivoltaïsme.

L'agrivoltaïsme, c'est le fait de combiner des panneaux photovoltaïques et des cultures agricoles sur les mêmes parcelles. « Le concept est né à Montpellier en 2009 avec le tout premier prototype mondial installé à Lavalette » se souvient Christian Dupraz à l'origine du projet. « Quand on fait le bilan lumineux d'une parcelle agricole on constate que les cultures n'utilisent qu'un tiers du rayonnement solaire. Les deux tiers restants qui ne servent pas à la production agricole peuvent être utilisés pour faire de l'énergie photovoltaïque, le procédé permet ainsi de mieux valoriser le soleil », explique le modélisateur des cultures.

Panneaux mobiles

Et pour s'assurer que les cultures ont leur part de soleil, il existe deux options : soit on installe des panneaux avec une densité réduite sur la parcelle, « soit on utilise des panneaux mobiles qui peuvent s'effacer pour laisser passer la lumière vers les cultures quand elles en ont besoin », explique le chercheur du laboratoire Absys. Une centrale agrivoltaïque bien conçue permet donc de maintenir complètement les rendements agricoles, et parfois même d'améliorer la production en protégeant les cultures contre les excès climatiques.

« Les panneaux protègent le sol et les cultures d'un excès de soleil ce qui réduit leurs besoins en eau de 20 % à 30 % et représente une économie importante en irrigation. Ils limitent aussi le risque de brûler les cultures en cas de canicule tout en les protégeant de la grêle et en tempérant les effets du gel », détaille le chercheur qui souligne que les cultures protégées par les panneaux peuvent être de toutes natures : maraîchage, arboriculture fruitière, céréales... « Mais aussi pour la vigne souffrant ces dernières années d'un excès d'ensoleillement qui rend le raisin trop sucré et dégrade la qualité du vin. Plusieurs viticulteurs ont installé des centrales agrivoltaïques et en sont très satisfaits. »

Une électricité moins chère

Et l'électricité ainsi produite peut soit être revendue sur le réseau, soit être utilisée en autoconsommation. « Cette technologie suscite un intérêt croissant, d'autant plus que le photovoltaïque est récemment devenu l'électricité la moins chère », souligne Christian Dupraz. Nous avons calculé qu'en équipant moins de 2 % de la surface cultivée française en systèmes agrivoltaïques de nouvelle génération, on peut produire l'équivalent en électricité de tout notre parc électronucléaire actuel, sans aucune baisse de la production agricole. » Avec une centrale agrivoltaïque inaugurée tous les deux mois en France, l'idée se cultive. 

*Absys (Cirad, Inrae, Institut Agro, CIHEAM Montpellier)



16

« L'ouverture à la concurrence dans le secteur électrique se paie très cher »

18

Le carburant des gilets jaunes

20

« 20 % des ménages déclarent avoir froid dans leur logement »

22

Des données qui changent la donne

« L'OUVERTURE À LA CONCURRENCE DANS LE SECTEUR ÉLECTRIQUE SE PAIE TRÈS CHER »



Comment et par qui sont fixés les prix de l'électricité ? Qu'est-ce qu'un tarif réglementé de vente ? Un marché de l'électricité ? Pourquoi les prix ont-ils augmenté si fortement ? François Mirabel, chercheur à Montpellier Recherche en Economie (MRE)*, décrypte le modèle économique de l'électricité en France et ses évolutions récentes.



Qui fixe le prix de l'électricité en France ?

F. M. : Le secteur de l'électricité est un service public à caractère industriel et commercial. Historiquement, en France et dans la plupart des pays, l'Etat a mis la main sur ce marché et a créé un monopole pour produire, transporter et fournir l'électricité. Le tarif payé par les clients a pris la forme d'un tarif réglementé de vente (TRVE) fixé par l'Etat pour permettre à l'entreprise en monopole (en France EDF) de couvrir ses coûts de fourniture d'électricité.

Pourquoi avoir mis en place un tarif réglementé ?

F. M. : Parce qu'il s'agit d'un service public. La fourniture d'électricité doit être universelle et égale pour toute personne qui en fait la demande où qu'elle soit en France, avec la fixation d'un « tarif abordable ». On a donc mis en place un tarif réglementé de vente de l'électricité avec une péréquation spatiale tarifaire, comme pour le timbre-poste !

Vous en parlez au passé, ce tarif réglementé n'existe plus ?

F. M. : Avec l'ouverture à la concurrence le tarif réglementé de vente a peu à peu disparu, il n'existe plus que pour les résidentiels et il est désormais calculé selon une méthode dite « par empiement ». Au lieu d'être fixé en fonction des coûts d'EDF, il se cale en partie sur le coût d'approvisionnement des concurrents qui se fournissent sur le marché de l'électricité. Pour faire simple : cela permet aux concurrents d'EDF d'être compétitifs (on parle de « contestabilité » des TRVE) mais cela a surtout contribué à faire augmenter le tarif réglementé de vente.

De quand date l'ouverture à la concurrence ?

F. M. : C'est une directive électricité de 1996, qui a été transposée dans le droit national français en 2000. Elle a d'abord concerné les professionnels puis les particuliers en 2007. Mais c'est surtout le traité européen de Rome en 1957 qui a été le déclencheur de cette ouverture à la concurrence à travers son article 90 §2 : « toutes les entreprises chargées des missions d'intérêt économique général seront soumises aux règles de la concurrence ». Cela concerne le secteur électrique, le secteur gazier, la Poste, les télécoms, le transport aérien, ferroviaire etc.

Pourquoi l'ouverture à la concurrence a-t-elle conduit à cette hausse des tarifs ?

F. M. : La plupart des fournisseurs ne sont pas producteurs d'électricité, ils doivent donc l'acheter. Avec l'ouverture à la concurrence, EDF s'est vu imposer de mettre un quart de sa production nucléaire (100 TWh/an) à disposition des fournisseurs concurrents au prix réglementé de 42 €/MWh. C'est ce qu'on appelle l'ARENH (Accès Régulé à l'Électricité Nucléaire Historique). Evidemment ce n'est pas suffisant pour couvrir tous les besoins des fournisseurs qui sont aussi obligés de s'approvisionner sur le marché de l'électricité. Et sur un marché, par définition, les prix fluctuent en fonction de l'offre et de la demande !

EDF doit revendre sa production à ses concurrents qui la revendent derrière à leurs clients c'est ça ?

F. M. : Oui, en économie on appelle ça la « double marge » et ça ne fait pas baisser les prix ! Clairement, l'ARENH a été un moyen de partager la très forte rente d'EDF qui vendait son électricité bien plus chère que son coût ! Mais n'oublions pas qu'EDF c'est l'Etat, et cela n'est pas choquant que l'Etat puisse faire des rentes qui pourront ensuite être redistribuées pour des politiques sociales par exemple.

Malgré cette « double marge », certains fournisseurs ont pu proposer des offres très attractives ?

F. M. : Oui, on a vu arriver des offres attractives avec des tarifs de marché inférieurs au TRVE. Simplement, ces tarifs étaient le plus souvent des tarifs variables avec à l'issue, des augmentations dévirantes pouvant atteindre des sommets !

A quoi sont dues ces augmentations ?

F. M. : L'électricité ne se stocke pas à grande échelle, cela veut dire qu'il faut équilibrer en temps réel l'offre et la demande alors que nous dépendons de phénomènes exogènes : un coup de froid et la demande explose et donc les prix. Il faut une planification des investissements pour assurer des marges de capacité et donc la continuité de service même en cas de pics de consommation. Aujourd'hui ces marges n'existent plus car le marché est organisé à court terme et qu'il n'offre pas suffisamment de lisibilité et de stabilité des prix pour investir et garantir ainsi des capacités fortes.

On a aussi parlé de la guerre en Ukraine pour expliquer la hausse des prix ?

F. M. : Oui, l'envolée du prix du gaz liée à la guerre en Ukraine, mais aussi le déficit hydrique dans les barrages, la mise à l'arrêt de réacteurs nucléaires... Tous ces facteurs conjoncturels ont créé de la rareté et sur un marché, quand il y a pénurie d'offre et qu'il y a beaucoup de demande, les prix explosent ! C'est le fonctionnement normal d'un marché qui n'est pas acceptable dans le secteur électrique.

Pourquoi ?

F. M. : Parce qu'on est sur un besoin essentiel à usage captif et sans substitution possible. Un marché signale la rareté d'un bien avec l'augmentation du coût. Cela ne me dérange pas que des fraises coûtent 10 € le kilo en décembre, les gens pourront manger des pommes. Mais avec l'électricité, c'est quoi la substitution ? On veut peut-être que les gens allument un feu dans le jardin pour se chauffer les mains ?

Et les politiques d'aides publiques ne sont pas suffisantes ?

F. M. : On propose des chèques énergie ou chèques mobilité pour compenser, mais ce sont des rustines pour pallier les dysfonctionnements des marchés. L'Union européenne propose des réformes, mais on sent bien que la seule vraie réforme consisterait à revenir à quelque chose de très centralisé.

Et qu'est ce qui l'empêche ?

F. M. : Il n'est clairement pas possible de revenir à des monopoles au regard des règles de concurrence en Europe. Le drame, c'est que l'on a créé des marchés de l'électricité sans se donner les moyens d'avoir une véritable politique énergétique européenne pour planifier des investissements à long terme et « penser » une Europe de l'énergie efficace et soucieuse des missions d'intérêt économique général ! On sait que l'ouverture à la concurrence dans le secteur électrique se paie très cher, et ce n'est pas seulement dû au conflit avec l'Ukraine, il faut avoir l'honnêteté de le dire ! 🇪🇺

*MRE (UM)

LE CARBURANT DES GILETS JAUNES

✓ Pendant plus d'un an, tous les jours sur les ronds-points et presque tous les samedis dans la rue, des gilets jaunes se sont rassemblés pour crier leur désir de justice sociale. Sous les gilets, des hommes et des femmes aux profils hétérogènes, embrasés par l'étincelle d'une taxe carbone dénoncée comme inégalitaire.

Le 17 novembre 2018 éclatait, à la stupeur générale, l'acte 1 d'un conflit social qui en compterait 65, déstabilisant le pouvoir pendant de nombreux mois. Dans les rues et sur les ronds-points des milliers de manifestants vêtus d'un gilet jaune crient leur colère suite à l'annonce de la taxe carbone comme en témoignent les slogans brandis dans les manifestations : « *Stop aux taxes* » ; « *La goutte d'essence qui fait déborder le vase* » ; « *Arrêtez de nous pomper* » ; « *Jo le taxé* »...

Reposant sur le principe du pollueur-payeur, la taxe carbone qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre est vécue par une part importante de la population comme une taxe injuste dans un contexte où l'augmentation du coût de la vie pèse déjà sur les classes moyennes et populaires. « *Les mouvements liés à la question de l'énergie interrogent toujours des modèles de société*, explique Emmanuelle Reungoat, chercheuse en science politique au Centre d'études politiques et sociales (CEPEL)*. *Les gilets jaunes se mobilisent au départ sur la question du carburant mais en quelques semaines le mouvement va dénoncer l'injustice fiscale, les inégalités sociales puis les institutions parce que les questions d'énergie touchent la mobilité, le pouvoir d'achat et l'organisation politique et sociale.* »

Mobilités interpellées

La spontanéité de cette révolte surprend les observateurs, « *c'était un mouvement difficile à lire qui ne correspondait ni au public, ni aux modes de protestations habituels* » se souvient la chercheuse qui participe alors dans l'urgence à l'élaboration d'un questionnaire qui servira de support à une grande

étude nationale, la seule réalisée in situ sur les gilets jaunes. Malgré une très forte hétérogénéité, « *parler des gilets jaunes est presque un abus de langage* » souligne d'ailleurs Emmanuelle Reungoat, il est possible d'avancer quelques éléments : des populations souvent issues de certaines fractions des milieux populaires et des classes moyennes, souvent péri-urbaines, habitants de petites villes ou de communes rurales, offrant des préférences électorales hétérogènes et parfois antagonistes, plutôt proches des positions les plus polarisées du spectre politique, et assez éloignées des syndicats et des partis politiques, d'où une défiance assumée envers ces derniers.

Certaines professions comme les métiers du soin y sont aussi surreprésentées, des aides à domicile, des aides-soignants et soignantes, des infirmières qui ont vu le service public se dégrader... « *Des gens qui travaillent beaucoup avec leur voiture et dont les déplacements ne sont pas pris en compte dans le salaire mais pèsent lourd dans le portefeuille* ». Les statuts les moins protégés du salariat, intérimaires et CDD, et globalement les ouvriers et les employés sont également surreprésentés dans la mobilisation. Alors ils se retrouvent sur ces ronds-points si familiers et accessibles pour interpeller, aux carrefours des grands axes, sur cette mobilité qu'ils jugent menacée. « *La taxe carbone a été vécue comme une entrave à leur mobilité alors ils ont bloqué la mobilité de tout le monde. Dans tous les grands mouvements de grève, on bloque la mobilité et l'approvisionnement en énergie* » rappelle la chercheuse.

Fin du monde ou fin du mois

Autre singularité du mouvement, dans les rangs des contestataires beaucoup de primo-manifestants mobilisés via les réseaux sociaux, disent pour la première fois leur colère dans la rue et dans les assemblées générales. Ils se politisent, discutent, témoignent de leur condition de vie. « *Beaucoup d'entre eux vont inscrire pour la première fois un parcours de vie vécu sur le mode de l'échec et de la culpabilité dans des trajectoires collectives et dans un système qui produit de l'inégalité. On passe de la honte à l'injustice* » résume Emmanuelle Reungoat.

La conscience d'une appartenance de classe qui au-delà de la question sociale va façonner chez une partie des gilets jaunes la production d'un discours « classiste » sur les questions écologistes et énergétiques en dénonçant « une politique qui pénalise les petits en taxant l'essence plutôt que le kérozène. Il y a l'émergence d'un nous, mais c'est le nous des petits contre les grands qui polluent bien davantage, les gros, les élites politiques qui ne prennent pas leur responsabilité face au changement climatique. » Alors qu'il est établi que l'empreinte environnementale des classes les plus aisées est supérieure à celles de milieux populaires, la chercheuse y voit aussi la remise en cause de politiques publiques calquées le plus souvent sur les pratiques des classes moyennes urbaines : « *rouler en vélo c'est très bien, encore faut-il pouvoir acheter un vélo électrique, être assez prêt de son travail, qu'il y ait des voies adaptées...* »

Des « beaufs qui roulent au diesel » ?

Un discours souvent soupçonné dans les médias de masquer au mieux un désintérêt pour la question écologique, au pire un climatoscepticisme, le tout alimenté par l'idée commune que les classes populaires ne sont pas écolos. Cette idée Emmanuelle Reungoat et ses collègues du CEPEL, Jean-Yves Dormagen et Laura Michel, ont voulu l'explorer en lançant une étude sur le rapport des gilets jaunes à l'écologie en Occitanie. « *Il fallait voir si, comme on l'entendait beaucoup, nous avions affaire à des climatosceptiques ou à des beaufs qui roulent au diesel* » s'amuse la chercheuse. Sans surprise c'est d'abord et encore la grande hétérogénéité du groupe qui ressort de cette étude avec des points de vue très divisés sur l'écologie et bien d'autres thèmes. Néanmoins 88 % des gilets jaunes interrogés reconnaissent la réalité du changement climatique et 75 % se sont déclarés conscients de l'impact des activités humaines sur le climat, des chiffres équivalents au reste de la population française interrogée. De même, leur empreinte carbone, parfois contrainte par leur niveau de vie, reste limitée.

Sans nécessairement se dire écolo beaucoup parmi eux ont un potager, un compost, une sensibilité à la nature... En lisant l'étude on apprend donc surtout que les gilets jaunes ne sont finalement ni plus ni moins écolo que le reste de la population, « *Même si on y retrouve des individus aux positionnements plus affirmés avec davantage de pro et d'anti*, confirme Emmanuelle Reungoat avant de conclure : *la gestion des ressources, eau ou énergies, va continuer à beaucoup mobiliser avec à la clé la question des conflits, des intérêts divergents et l'obligation pour une démocratie d'apprendre à gérer ces désaccords. Et il y a des progrès à faire pour le dire gentiment.* » 

* CEPEL (UM, CNRS)

20 % des ménages déclarent avoir froid dans leur logement

Baisser le chauffage, ce n'est pas juste un choix environnemental, c'est surtout une nécessité économique pour les 12 millions de français qui vivent en situation de précarité énergétique et qui subissent de plein fouet l'augmentation des prix de l'énergie. Comment définit-on et mesure-t-on cette précarité particulière ? Explications avec Sandrine Michel, économiste au laboratoire ART-Dev*.



*Art-Dev (CIRAD, CNRS, UPVM, UPVD, UM)

Comment définit-on la précarité énergétique ?

S.M. : Le concept même de précarité énergétique est apparu au Royaume-Uni dans les années 1990, suite à la dérégulation du secteur de l'énergie. Le parlement européen la définit comme la situation dans laquelle un ménage est obligé de dépenser plus de 10 % de ses revenus pour chauffer et éclairer son domicile selon une norme acceptable. Il existe également une définition française arrêtée en 2010 par la loi Grenelle 2 de l'environnement qui dit qu'est en situation de précarité énergétique une personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat.

Cette définition de 2010 est-elle en adéquation avec la situation actuelle ?

S.M. : Le contexte de l'époque était bien différent, d'une part parce qu'en 2010 le prix de l'énergie ne variait pas dans les proportions actuelles, mais aussi parce qu'à cette période l'inflation était pour ainsi dire anesthésiée alors qu'aujourd'hui son retour provoque un fort ralentissement du pouvoir d'achat. D'autre part il faut noter que cette définition est aveugle sur la question des transports alors que la dépense énergétique des ménages est consacrée pour moitié au logement et pour moitié à la mobilité.

De quels facteurs résulte cette précarité ?

S.M. : Elle résulte en premier lieu de la précarité économique et est donc en lien avec la pauvreté. Mais la précarité énergétique fait également intervenir le prix de l'énergie qui fluctue, le niveau



Qui sont aujourd'hui ces français qui souffrent de cette précarité énergétique ?

S.M. : Une personne en situation de précarité énergétique est plutôt locataire pour 73% et majoritairement dans le parc privé. Pour 43 % c'est une personne seule plutôt plus jeune que la moyenne et qui vit en zone urbaine. Mais il faut prendre avec précaution cette idée de profil type. Si l'on prend par exemple un couple de retraités qui vit dans un logement ancien construit avant 1975 et donc mal isolé, ils peuvent avoir une facture énergétique considérable alors même qu'ils sont propriétaires.

Concrètement, comment cette précarité énergétique se traduit-elle dans le quotidien des personnes concernées ?

S.M. : 36 % des ménages concernés déclarent avoir restreint le chauffage chez eux pour ne pas avoir des factures trop élevées, et il s'agit là de données de 2021 qui ne répercutent donc pas la totalité de l'augmentation du prix de l'énergie. En 2020-2021, 20 % des ménages déclarent avoir froid dans leur logement, c'est 40 % de plus qu'en 2018 ! Il y a des impacts importants sur la qualité de vie : 48 % des adultes en précarité énergétique souffrent de migraines, 41 % d'anxiété et de dépression, 22 % de bronchites chroniques. L'exposition à la précarité énergétique multiplie par 4 les symptômes de sifflements respiratoires des enfants. Elle multiplie aussi par 3,5 les risques de moisissures dans le logement.

Vous insistez sur l'importance de bien mesurer la précarité énergétique, pourquoi ?

S.M. : Justement parce que les mesures unidimensionnelles qui ne tiennent compte que du revenu ne reflètent pas cette réalité. Il existe une deuxième manière de mesurer la précarité énergétique, multidimensionnelle celle-là, qui intègre non seulement les dimensions financières, mais aussi le confort du logement, les ressentis des habitants, leur sécurité, leur santé, l'environnement et qui permet d'avoir une mesure plus complexe et plus fine. Cette approche multidimensionnelle est certes plus difficile à mettre en œuvre, mais elle donne une définition plus précise, et montre clairement que le chantier de la précarité énergétique est considérable. Une meilleure définition qui permettrait aussi de mieux cibler les publics et améliorerait l'efficacité des moyens d'action.

de ressources des ménages, leurs pratiques mais aussi la qualité de l'habitat et de l'équipement de chauffage. C'est d'ailleurs un point essentiel quand on sait que selon l'enquête Phebus menée par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) en 2018, 7,4 millions de ménages vivent dans des logements au diagnostic de performance énergétique classé F ou G, les fameuses passoires thermiques. Un chiffre qui passe même à 11 millions de ménages selon la fondation Abbé Pierre ! Pour y remédier la première loi sur la rénovation énergétique a vu le jour en 2015, mais il faut bien constater qu'avec 50000 rénovations de logements par an, le projet avance à la vitesse d'un escargot sous Prozac.

Est-ce qu'on peut chiffrer les conséquences économiques pour les habitants de ces passoires thermiques ?

S.M. : On estime que pour une passoire thermique la dépense annuelle de chauffage moyenne s'établit entre 5000 et 6000 euros par an. De fait il y a une double peine de la pauvreté : les ménages les plus pauvres accèdent aux logements les moins bien isolés et ce sont eux qui subissent le plus l'augmentation du prix de l'énergie.

Des données qui changent la donne

Entre prise de conscience écologique et nécessité économique, de plus en plus d'usagers se tournent vers les applications de suivi de consommation. « Souvent gérées par les fournisseurs d'énergie, les relevés ne permettent pas toujours de bien comprendre sa consommation et d'inscrire dans le temps des comportements plus vertueux » explique Anne-Sophie Cases chercheuse en marketing à Montpellier research in management* et coordinatrice du projet Human at home (HUT).

Co-construire un modèle

Pendant 4 ans, une équipe de chercheurs pluridisciplinaire a pu travailler à partir des données collectées dans un appartement observatoire équipé de nombreux capteurs et habité par un binôme d'étudiants appelés « cohuteurs ». « Notre objectif était d'abord de co-construire avec eux un modèle de remontées d'informations leur permettant de mesurer l'écart entre leur perception et leur consommation réelle » poursuit la chercheuse. Pour atteindre cet objectif chercheurs et cohuteurs ont opté pour une newsletter mensuelle s'affichant comme un plan de l'appartement avec des indications de consommation par poste. « L'idée était de proposer une lecture très visuelle en évitant les graphiques ou les schémas qui s'ancrent finalement peu dans un changement de pratiques. »

Autre demande des cohuteurs : pouvoir situer leur consommation dans le temps mais aussi dans une norme sociale en apportant des éléments de comparaison. « Envoyer de la donnée pour de la donnée cela ne sert à rien ! Elle doit être commentée affirme la coordinatrice du projet HUT. Les occupants attendaient que nous leur disions si leur consommation était plus élevée que la moyenne, s'ils avaient progressé par rapport au mois précédent en utilisant par exemple des emojis ou des smileys. »



Alors que le terme de sobriété est sur toutes les lèvres, des chercheurs et chercheuses du projet HUT - Human at home - misent sur une meilleure transmission aux usagers de leurs données de consommation pour ancrer dans la durée des comportements plus vertueux. Après une première phase réalisée dans un appartement observatoire, une seconde se prépare à l'échelle collective.

Ancrage collectif

HUT entrera bientôt dans la deuxième phase du projet. Cette fois plus d'appartement observatoire connecté, mais la formation d'une cohorte d'étudiants et étudiantes volontaires pour s'impliquer dans des programmes de recherche. Une démarche qui serait alors inédite en France. « Nous allons lever cette communauté de testeurs qui pourrait compter une cinquantaine d'étudiants et nous envisageons également de travailler avec le Crous » explique Anne-Sophie Cases.

Une possibilité d'explorer les stratégies collectives de gestion de l'énergie pour anticiper d'éventuelles mesures de délestages de plus en plus souvent évoqué par Enedis. « Notre hypothèse est qu'en informant les usagers qu'un pic va se produire, certains acceptent collectivement de débrancher parce qu'ils le peuvent, pour éviter la coupure imposée à tous et non prévisible » détaille la chercheuse. Une dimension collective à même de faciliter l'ancrage de ces comportements vertueux dans la durée. « Les gestes individuels sont importants mais décourageants alors que le collectif engage, encadre et apporte des effets visibles. C'est un fait, la question de l'énergie est un enjeu collectif », conclut Anne-Sophie Cases.

* MRM (UM, UPVD)



Écouter le podcast de l'émission à l'UM la science où Anne-Sophie Cases nous parle de l'avenir de l'habitat connecté.



24
Forever bois

26
Des déchets durables

28
Vies volées

30
Décrocher du lithium

Forever bois

De la domestication du feu à la préhistoire aux poêles à granulés qui fleurissent aujourd'hui dans nos salons, le bois reste une source d'énergie incontournable. Une énergie par essence qui a de l'avenir, notamment grâce aux recherches qui visent à optimiser son usage pour mieux préserver la ressource et l'environnement.



Un gaz sain

Quand il s'agit de générer de l'énergie avec la biomasse, les chercheurs de BioWooEB font feu de tout bois. Ce dernier peut ainsi être l'objet de divers procédés de transformation : combustion, carbonisation, torréfaction, carbonisation, pyrolyse flash, et même gazéification. « La gazéification est une transformation thermo-chimique consistant à décomposer sous l'effet de la chaleur un solide combustible carboné en présence d'un réactif gazeux », détaille François Pinta. A l'arrivée on obtient un gaz qui peut être utilisé comme combustible. Son petit nom ? Le Syngaz pour synthetic gas. Une fois purifié, il peut être utilisé en source d'alimentation d'un moteur à combustion interne pour produire de l'électricité ou dans un brûleur industriel pour produire de la chaleur. Dans les deux cas, il vise à remplacer avantageusement le gaz d'origine fossile et réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre. « Le syngas est très intéressant quand on a besoin d'obtenir une chaleur maîtrisée, pour cuire des briques de terre cuite à de très hautes températures par exemple. Notre équipe suit actuellement de nouvelles applications mises en place dans des entreprises en France et en Occitanie », illustre le chercheur.

Un tiers de la population mondiale, soit 2,4 milliards de personnes dans le monde, utilisent le bois comme première source d'énergie, que ce soit pour la cuisine, pour le chauffage ou même pour produire de l'électricité. « Le bois est la principale ressource énergétique des pays du Sud », précise Bruno Clair, chercheur CNRS au Laboratoire de mécanique et génie civil de Montpellier (LMGC)* et co-responsable du master Sciences du Bois.

Mais son usage est largement répandu sur les deux hémisphères, en témoignent les 88,5 millions de personnes qui utilisent des combustibles ligneux en tant que principale source de chauffage, essentiellement en Amérique du Nord et en Europe. « D'ailleurs les locaux de l'Université de Montpellier sont eux-mêmes alimentés par une chaufferie au bois », fait remarquer le chercheur.

Marché en tension

Et partout le bois a le vent en poupe : « c'est la première source d'énergie renouvelable en France devant le solaire et l'éolien. Et sur un marché en tension où les prix du gaz et du pétrole s'envolent, de plus en plus de gens veulent se chauffer au bois », souligne Bruno Clair.

Comment préserver la ressource en bois face à cette demande qui ne cesse de croître ? « Par essence le bois est une énergie renouvelable car quand on coupe un arbre, une autre pousse si la forêt est gérée durablement », précise le chercheur. D'ailleurs en France la surface de forêt est en expansion, passée de 9 millions d'hectares en 1840 à 14 millions en 1985 et 17 millions d'hectares en 2021.

* LMGCC (UM, CNRS)

**BioWooEB (Cirad)

Une situation plus préoccupante à l'échelle mondiale : selon l'organisation des Nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture, on estime à 420 millions d'hectares la perte forestière mondiale enregistrée depuis 1990. « Mais cette déforestation est peu liée à l'utilisation du bois comme source d'énergie ou matériau ! Pour l'essentiel ces arbres sont coupés pour créer de nouvelles surfaces agricoles », précise Bruno Clair. « Il faut savoir qu'une partie importante de la population en Afrique cultive pour produire sa propre alimentation, et comme ces cultures vivrières sont plus productives sur les parcelles tout juste déforestées, c'est la pratique la plus répandue encore aujourd'hui » ajoute François Pinta, chercheur au laboratoire BioWooEB (Biomasses, Bois, Energie et Bioproduits)**.

Meilleure option

Pour le chercheur du LMGCC, le chauffage au bois représente souvent la meilleure des options. « Il y a un équilibre entre les émissions de CO₂ engendrées par la combustion du bois et les quantités de CO₂ absorbées lors de la croissance des arbres, mais il faut aussi prendre en compte la dépense énergétique pour son prélèvement, et son transport. Pour que l'énergie bois soit vertueuse, il faut que ce soit une valorisation de fin de chaîne après que les bois les plus nobles aient été valorisés pour des usages où le carbone y sera stocké sur des temps longs comme dans la construction », nuance Bruno Clair.

Un très bon bilan carbone qui ne signifie pas pour autant que le chauffage au bois n'est pas synonyme de pollution. « Quand la combustion est bien réalisée on peut considérer que le bois n'est quasiment pas émetteur de gaz à effet de serre, mais pour ça il faut que les procédés de combustion se déroulent dans de bonnes conditions », précisent sans langue de bois François Pinta et Kevin Candelier, également enseignants au master Sciences du Bois.

Dépolluer les fumées

Optimiser ces procédés, c'est justement un des axes développés par les deux chercheurs, et leurs collègues du laboratoire BioWooEB. « Certains processus bois-énergie comme la pyrolyse du bois dégagent une grande diversité de molécules gazeuses, non seulement du dioxyde de carbone, mais aussi du monoxyde de carbone, des particules fines et d'autres composés volatiles, tel que l'acide acétique par exemple, détaille Kevin Candelier. Nous analysons la composition de ces fumées produites dans différentes conditions pour mieux les connaître et chercher à les valoriser. »

Car une fraction des composés chimiques émis peut être très polluante pour l'environnement et toxiques pour la santé humaine. « Nos recherches visent à réduire la pollution liée à l'usage du bois énergie, notamment en visant la dépollution des fumées du processus de production du charbon de bois », précise François Pinta.

Et si l'optimisation des procédés d'utilisation du bois-énergie permet de préserver l'environnement et la santé, les vertus de ces recherches vont bien au-delà. « Si le combustible est bien utilisé, on réduit les besoins en bois donc on réduit les coûts et la pression sur les ressources naturelles, la recherche offre un véritable cercle vertueux d'amélioration », conclut François Pinta. 



Écouter le podcast de l'émission À l'UM la science où François Pinta et Kevin Candelier nous emmènent au laboratoire BioWooEB.



Que faire des déchets radioactifs produits par le nucléaire ? C'est un enjeu de taille quand on sait que certains continueront à émettre de la radioactivité pendant des centaines de milliers d'années. La solution ? Les isoler et les stocker pour ne pas s'y exposer. Xavier Deschanel, chercheur à l'Institut de chimie séparative de Marcoule*, nous explique comment on prend en charge ces matières particulières.

Si le nucléaire ne représente que 10 % de la production d'électricité à l'échelle mondiale, il arrive largement en tête de la production made in France avec 70 % de l'électricité hexagonale émanant des 18 centrales nucléaires réparties sur le territoire.

Un mode de production qui n'émet que peu de gaz à effet de serre, mais qui laisse un résidu encombrant : les déchets radioactifs. Comment gérer sans risque ces déchets particuliers ? « Tout dépend du type de déchets dont on parle, car en réalité il existe différentes catégories de déchets radioactifs », détaille Xavier Deschanel, chercheur à l'Institut de chimie séparative de Marcoule (ICSM). Ils sont classés selon deux paramètres : l'intensité de leur radioactivité et la durée de vie des radionucléides, ce qui détermine le temps pendant lequel ils vont rester radioactifs. Quel que soit le type de déchet, le principe est le même : les isoler le mieux possible de l'environnement afin de limiter au maximum l'exposition à la radioactivité. Mais les méthodes d'isolement diffèrent selon la catégorie de déchets.

DES DÉCHETS DURABLES

Colis confinés

« L'immense majorité des déchets du nucléaire sont des déchets à vie courte. Ils représentent plus de 90 % du volume total des déchets radioactifs en France, mais seulement 0,03 % de la radioactivité totale », souligne le chercheur. Pour ces déchets la solution choisie est le stockage de surface. « C'est un processus très organisé, on est loin de la simple décharge. Ces déchets sont d'abord conditionnés sous forme de colis, c'est-à-dire qu'ils sont enfermés dans un conteneur en acier ou en béton après avoir subi différents traitements comme l'incinération et le compactage », précise le chercheur.

Ces colis pas comme les autres sont ensuite confinés à la surface de la terre dans des ouvrages de stockage en béton armé. « Ces ouvrages sont ensuite fermés par une couverture définitive composée de plusieurs couches de matériaux naturels comme l'argile afin de les protéger des intempéries et garantir la sûreté du stockage à long terme, puis surveillés pendant 300 ans, délai au-delà duquel ils ne présenteront plus de radioactivité », explique Xavier Deschanel.

Enfouissement en profondeurs

300 ans, c'est une fraction de seconde en regard des milliers d'années pendant lesquelles vont rester radioactifs les déchets dits de haute activité. Si leur activité représente plus de 95 % de l'activité totale des déchets nucléaires, leur volume total ne représente qu'environ 0,2 % du volume total de ces déchets. « C'est l'équivalent d'une piscine olympique depuis le début du nucléaire en France », image le chercheur.

Et pour cette catégorie de déchets jugés les plus dangereux, pas question de stockage de surface. La solution ? L'enfouissement en profondeur. Des déchets qui ne sont pas enterrés tels quels mais passent par des processus technologiques complexes. « Au départ ils sont sous forme de liquide hautement radioactifs qu'on va évaporer pour obtenir ce qu'on appelle un calcinat, un véritable concentré de radioactivité qui va ensuite être mélangé à une poudre de verre afin de stabiliser les matériaux inorganiques ».

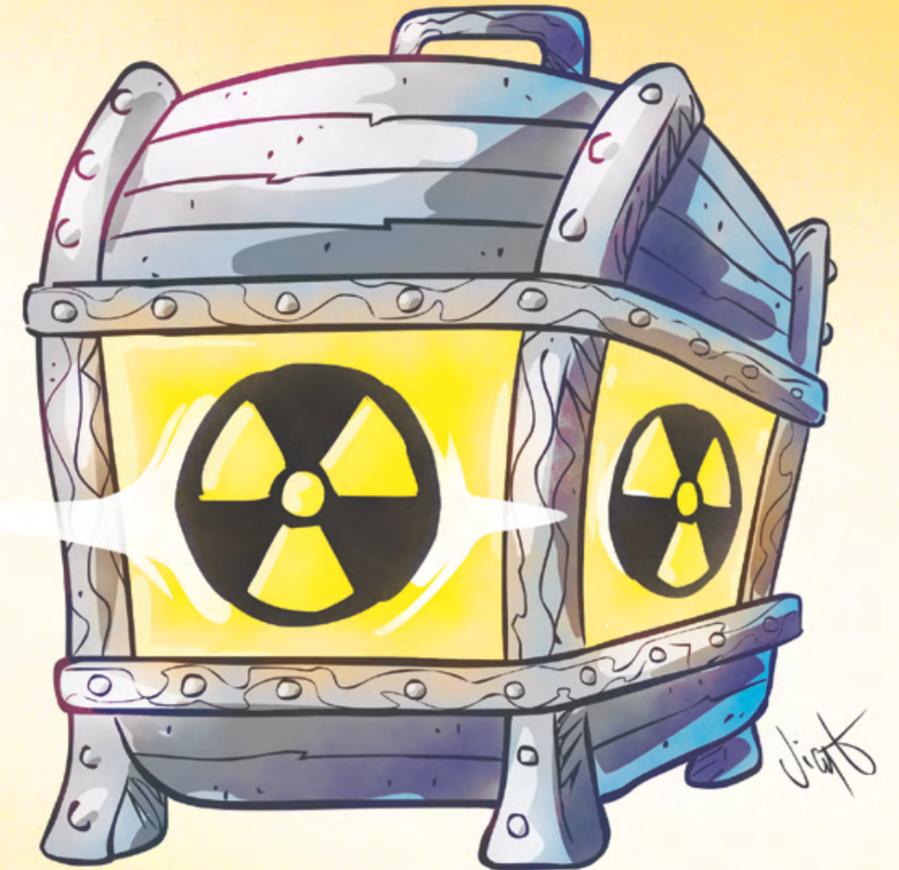
On obtient au final des colis de verre d'environ 400 kilos chacun qui présentent un tel niveau de radioactivité que leur température avoisine les 350°C, une chaleur qui va mettre une soixantaine d'année à diminuer par décroissance radioactive. « Pour l'instant ils sont conservés dans des piscines refroidies en permanence puis entreposés dans des puits de béton dans l'usine de traitement de la Hague en attendant l'ouverture prochaine du centre industriel de stockage géologique Cigeo à Bure, où ils seront enfouis à 500 mètres de profondeur sur un site géologiquement choisi afin qu'il n'y ait pas de rejet de radioactivité à la surface », détaille Xavier Deschanel.

Transmutation

Quelles sont les autres pistes envisagées pour prendre en charge les déchets nucléaires ? « À l'ISCM nous travaillons à développer des solutions comme par exemple la transmutation qui consiste à extraire certains radionucléides qu'on appelle les actinides mineurs puis à les transformer, par une série de réactions

nucléaires, en produits de fission analogues à ceux issus de la fission de l'uranium, qui présentent une radiotoxicité plus faible », complète le chercheur. Un procédé qui nécessiterait de nouvelles installations nucléaires elles-mêmes productrices de déchets qui devraient également être stockés en profondeur.

Autre piste étudiée par les chercheurs : « le recours à des matériaux mésoporeux qui ont la particularité de pouvoir encapsuler les radioéléments. En pratique le liquide radioactif passe à travers une membrane sélective qui garde les radionucléides, la radioactivité va alors effondrer la porosité du matériau qui va les piéger ». Des innovations qui ne remplaceront pour l'instant pas le principe actuel : « isoler et stocker les déchets nucléaires, ça reste la voie universelle », conclut Xavier Deschanel. AP



*ICSM (CNRS, CEA, UM, ENSCM)

Vies volées

Chaque année en France plusieurs dizaines de milliers d'oiseaux sont fauchés en plein vol par les pales des éoliennes.

Face à cette mortalité importante et alors que l'Etat français prévoit un doublement de son parc éolien, le programme MAPE réunit acteurs privés et publics pour que l'éolien ne souffle pas ces peuples du vent.

Le matin du 16 janvier dernier, un aigle royal était retrouvé mort au pied d'une éolienne sur le site de Bernagues dans l'Hérault. La mortalité aviaire imputable aux éoliennes est un phénomène dont l'ampleur reste mal connue, « le chiffre qui circule est de 7 mortalités par an et par éolienne en France. Un chiffre probablement en dessous de la réalité et surtout qui ne fait pas le distinguo entre les espèces ; or les rapaces qui ont besoin du vent pour se déplacer sont en compétition pour l'espace avec les éoliennes » expliquent Olivier Duriez et Aurélien Besnard, biologistes au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive de Montpellier* et porteurs scientifiques du projet MAPE (Mortalité aviaire dans les parcs éoliens).

Lancé en 2019 à l'initiative de la Dreal Occitanie et de la Ligue de protection des oiseaux (LPO) avec la Maison des sciences de l'Homme, MAPE réunit un consortium d'acteurs publics et privés, dont 25 opérateurs de l'éolien, pour réduire cette mortalité aviaire. Face à l'attente sociétale, de plus en plus de parcs équipent leurs éoliennes de systèmes de détection automatique (SDA) permettant de commander l'arrêt des pâles à l'approche d'un oiseau. « La première étape consistait à proposer aux opérateurs un protocole scientifique pour évaluer l'efficacité de ces systèmes sur lesquels il n'existe presque aucune étude », explique Aurélien Besnard. Car même dans un parc équipé de SDA des collisions continuent d'être constatées.

Détecteur de vol

Pour mieux régler ces SDA, les chercheurs ont également développé EolDist. Cette application libre sur internet permet de calculer les distances minimales nécessaires de détection d'un oiseau en croisant, grâce à une base de données intégrée, la vitesse et le type de vol en fonction de l'espèce avec des données météorologiques et le temps d'arrêt de la machine. « Si je prends l'aigle royal, qui vole à vitesse moyenne de 15 mètres seconde, si l'éolienne met 41 secondes à s'arrêter, il faudra détecter notre aigle à 875 mètres pour éviter la collision » détaille Olivier Duriez. Si des tests ont été réalisés, il en faudrait plus pour améliorer la robustesse de l'application mais les opérateurs rechignent à les effectuer. « Les résultats d'EolDist tendent à remettre en cause la logique même de ces systèmes de détection, constate Aurélien Besnard. Si les éoliennes s'arrêtent chaque fois qu'un oiseau passe à 500 mètres, elles vont s'arrêter tout le temps, ce qui en soit reste le meilleur moyen d'éviter la mortalité aviaire, mais n'est pas viable économiquement ».

En parallèle les chercheurs travaillent aussi sur l'effet des conditions environnementales sur les risques de collisions : « le brouillard, la pluie, le vent peuvent-ils favoriser les collisions ? Est-ce que le relief joue un rôle ? » questionne Olivier Duriez. Des pistes qu'ils explorent en analysant les vidéos de collisions filmées par les caméras des éoliennes. « Avoir des opérateurs dans le consortium permet d'accéder à ces images qui restent des données assez sensibles pour les parcs. » Les résultats pourraient permettre de mieux choisir les sites d'implantation des parcs éoliens et d'adapter leur fonctionnement lorsque les conditions climatiques sont favorables à une collision.

Populations plumées

Autre objectif du programme MAPE : sensibiliser aux enjeux de biodiversité en développant EolPop, une application simple pour calculer l'impact de la mortalité sur la dynamique de population d'une espèce. « Perdre un aigle ou une mésange n'a pas les mêmes conséquences en termes de viabilité à long terme de la population » prévient Olivier Duriez. EolPop permet à ses utilisateurs, qu'ils soient opérateurs de l'éolien ou associations de protection de la nature, de croiser les valeurs de survie et de fécondité pour chaque espèce avec des données sur la taille des populations. « La démarche que nous avons choisie consiste à comparer les tailles de population que nous aurions dans 30 ans avec ou sans le parc éolien ».

Reprenons le cas de l'aigle royal : avec une mortalité par an pour une population de dix couples, la population s'éteint en moins de 30 ans. « Heureusement toutes les espèces ne sont pas aussi impactées mais ça permet d'objectiver, poursuit le chercheur. Aujourd'hui, certains bureaux d'étude disent un aigle par an ce n'est pas beaucoup. Mais pas beaucoup par rapport à quoi ? Là nous avons des chiffres issus de calculs robustes » ajoute Aurélien Besnard. Des chiffres qui en éclairent d'autres d'une lumière assez funeste : la France compte aujourd'hui 8000 éoliennes terrestres et prévoit un doublement de son parc d'ici 2028. L'éolien a de l'avenir, l'aigle royal moins. 

Vues d'oiseaux

Pourquoi ces collisions entre oiseaux et éoliennes surviennent-elles ? Pour le comprendre un travail est mené dans le cadre de MAPE sur la vision des oiseaux et plus particulièrement sur leur niveau de perception des contrastes, autrement dit sont-ils capables de distinguer une éolienne sur un ciel gris. « La doctorante qui réalise ce travail a mené des tests sur 35 espèces d'oiseaux. Le résultat, c'est qu'ils ont une vision des contrastes entre 7 et 30 fois inférieure à la nôtre » explique Olivier Duriez. Idem pour la perception du mouvement rotatif qui semble plus faible chez les oiseaux. « à grande vitesse les buses et les tourterelles testées détectent très bien la rotation, mais en dessous de trois ou cinq rotations par minute la perception devient beaucoup plus difficile » poursuit le chercheur. Des informations qui pourraient permettre aux opérateurs de l'éolien d'adapter les vitesses de turbine à la vision des oiseaux. En Norvège certains parcs tentent d'améliorer les contrastes en peignant en noir une pale de chaque éolienne. Une méthode à l'efficacité en demi-teinte.

*Cefe (CNRS, UM, IRD, EPHE, Inrae, Institut Agro, UPVM)

Décrocher du lithium



Légères, autonomes, durables, propres et made in Europe. Les axes de recherche sont nombreux dans le secteur très couru des batteries qui représente un point névralgique de la transition écologique. Les recherches menées à l'Institut Charles Gerhardt de Montpellier* positionnent le laboratoire en bonne place dans cette course aux batteries.

La réserve de lithium de Salar d'Uyuni en Bolivie
© IRD - Denis Wirrmann

Quel est le point commun entre un téléphone, une voiture, un lecteur MP3, un vélo ? Tous ces objets devenus incontournables, et bien d'autres, fonctionnent sur batterie. Et cette indispensable énergie contenue dans ces petites boîtes noires, c'est avant tout de la chimie. « Dans une batterie il y a une électrode positive et une électrode négative entre lesquelles circulent des ions. Ce sont les électrons liés à ces échanges ioniques qui fournissent l'énergie », explique Laure Monconduit.

Et l'ion en question, c'est le plus communément du lithium. « Petit, mobile et léger, c'est l'élément idéal pour cet usage », précise la responsable de l'équipe Batteries à l'ICGM. La batterie lithium-ion a représenté une véritable révolution, au point que ses concepteurs ont été récompensés par le prix Nobel de chimie 2019. Mais la révolution se heurte aujourd'hui à un enjeu majeur : le défi des matériaux. Car certains pointent déjà la pénurie de lithium qui pourrait menacer dans quelques décennies.

Recyclage

Comment s'affranchir de la dépendance au lithium dans le secteur des batteries ? « À l'ICGM plusieurs chercheurs allient leurs compétences pour faire avancer le recyclage des batteries. Ce procédé permet non seulement de diminuer les besoins en permettant de récupérer et réutiliser ces métaux, mais aussi de réduire la pollution importante engendrée par ces éléments dont l'extraction très énergivore et très gourmande en eau représente une catastrophe environnementale et humaine », explique la chercheuse.

Si le cercle vertueux du recyclage est « faisable », la chercheuse et son équipe travaillent aussi sur d'autres pistes pour faire évoluer les batteries. « Une des questions en jeu est de savoir si l'on peut remplacer le lithium par d'autres ions. D'autres éléments, voisins du lithium dans le tableau périodique, ont des propriétés

proches et peuvent remplacer le lithium, sans trop dégrader les performances. » Au rang des candidats potentiels : le potassium, le magnésium, le calcium. Mais surtout le sodium, un élément mille fois plus abondant que le lithium dans la croûte terrestre. « Notre équipe a d'ailleurs participé aux recherches pour élaborer les premières batteries sodium-ion qui sont désormais presque en production », précise Laure Monconduit.

Autonomie énergétique

Un enjeu qui dépasse le défi technologique, à l'heure où l'on se préoccupe d'autonomie énergétique. Car si la récente découverte d'un gisement de lithium dans le Massif central laisse entrevoir un futur approvisionnement local, l'essentiel de ce minerai provient encore des principaux pays producteurs que sont l'Australie, le Chili, la Chine et l'Argentine. « Au-delà de cette question des matériaux, nous sommes complètement dépendants de l'Asie qui a un quasi-monopole sur la fabrication des batteries. Nous n'avons que très peu de batteries made in France ou même made in Europe alors que nous sommes à la pointe en termes de recherche », regrette Laure Monconduit.

Une véritable course aux batteries est lancée dans le monde entier et ces recherches sont particulièrement stratégiques dans le contexte de transition énergétique, « car il s'agit désormais de stocker de l'énergie de manière propre, sans recours aux combustibles fossiles, ce qui participera à la lutte contre le réchauffement climatique, en parallèle d'une prise de conscience collective et surtout politique », conclut la chercheuse.

Écouter le podcast de l'émission À l'UM la science où Marie-Liesse Doublet, chercheuse à l'ICGM, nous livre les secrets de nos batteries.



*ICGM (CNRS, UM, ENSCM)

Alice, 12 ans.
Future directrice de Poudlard.



Avec la sécheresse, est-ce qu'on pourra toujours faire de l'électricité avec des barrages ?

Tous les barrages que tu vois ne sont pas destinés à produire de l'électricité ; certains servent à alimenter l'agriculture ou à réguler le débit des fleuves. Les barrages qui produisent de l'électricité représentent en France entre 11 et 12 % de l'électricité produite, c'est moins que le nucléaire mais plus que l'éolien et le solaire. Au niveau mondial, l'énergie hydraulique est la première source d'énergie décarbonée au monde. On l'appelle comme ça parce qu'elle n'émet pas de CO₂, même si on produit du carbone lors de la construction du barrage. Ces ouvrages sont surtout un moyen de stocker l'électricité : on stocke l'eau car on ne sait pas stocker l'électricité à grande échelle dans des conditions économiques.

Il existe trois principaux types de barrages : des barrages au fil de l'eau qui turbinent en continu sur un fleuve, des barrages de lacs qui disposent d'une retenue d'eau importante et permettent donc de faire du stockage inter-saisonnier, et des stations de pompage qui se composent de deux barrages, l'un en amont et l'autre en aval d'une conduite forcée. On pompe l'eau pour la remonter de l'aval vers l'amont aux heures creuses et on produit de l'électricité aux heures de pointe en turbinant l'eau du barrage amont. Cela permet d'optimiser le moment où l'on veut produire l'électricité.

Il existe encore un fort potentiel de production hydroélectrique dans le monde mais ce potentiel reste limité en France. Le réchauffement climatique risque en effet de compromettre le recours à l'hydroélectricité du fait du manque d'eau dans les fleuves mais aussi en raison du moindre enneigement en montagne car la fonte des neiges alimente fortement le débit des cours d'eau. De plus, la compétition entre les usages énergétiques et les usages agricoles risque de s'intensifier si l'eau est plus rare. L'eau des fleuves sert aussi à refroidir les centrales nucléaires, ce qui explique que les nouvelles centrales seront plutôt construites en bord de mer. Les barrages doivent parfois procéder à des lâchers d'eau pour permettre l'irrigation, notamment en été. Mais l'eau déversée n'est plus disponible alors en hiver ce qui réduit la production d'électricité.

Jacques Percebois - Professeur Emérite à l'Université de Montpellier

Un article en partenariat avec le site The Conversation





UNIVERSITÉ DE
MONTPELLIER