

N° 653 / Novembre-Décembre 2020

Hommage à Jacques Maire

Tribunes

Vers une macroéconomie post-carbone : intégrer les risques de transition

Patrice Geoffron

La transition énergétique dans les plans de relance économique

Dominique Finon

**Pour une stratégie bas carbone menée conjointement
avec des pays africains**

Henri Prévot

Articles

**Les prévisions officielles de demande d'énergie à 2020 pour la France
Partie 2 : quels enseignements?**

Bertrand Château

Atteindre la neutralité carbone dans l'habitat en 2050

Philippe Charlez

Pétrole et gaz de schiste en Argentine : le cas de Vaca Muerta

Gerardo Rabinovich

Trois ans déjà!

Jean Eudes Moncomble

Rubriques

Ma thèse en une page

Aurélien Bigo

Il y a dix ans dans la revue

Sophie Méritet

Regards sur les États-Unis

Pour une stratégie bas carbone menée conjointement avec des pays africains

Henri Prévot

@ 56420

L'objectif déclaré de la France est de participer à l'effort mondial de réduction puis de suppression des émissions de CO₂. Pourtant, sa politique ne tient pas compte du fait que le CO₂ ignore les frontières.

Autour de l'année 2035, la Programmation pluriannuelle de l'énergie remplace par des éoliennes et du photovoltaïque des réacteurs nucléaires qui pourraient fonctionner dix ou vingt ans de plus en toute sécurité, ce qui obligera à dépenser chaque année plusieurs milliards d'euros de plus sans aucun effet sur les émissions de CO₂ — des milliards qui pourraient, ailleurs, éviter des émissions.

Et la France a décidé d'être « neutre en carbone » dès 2050. Or à cette date, les émissions mondiales seront encore fort abondantes¹. Éviter des émissions de CO₂ coûte de plus en plus cher lorsque l'on se rapproche de la neutralité carbone. Dans des pays qui en seront encore loin, ce sera beaucoup moins coûteux, en particulier en Afrique subsaharienne où l'on prévoit une augmentation gigantesque de la consommation d'électricité et où la production photovoltaïque est désormais très peu coûteuse. Nos émissions en 2050 pourraient être compensées en évitant ailleurs et à moindre coût des émissions égales.

Pourquoi donc arrêter des réacteurs nucléaires en état de marche? Pourquoi vouloir supprimer les émissions de CO₂ dès 2050, avant tout le monde? Pour se donner en exemple? En réalité, ces décisions héroïques vont exactement contre l'objectif de réduction

des émissions mondiales que nous brandissons comme une oriflamme.

Une partie des milliards d'euros par an qu'elles nous coûteraient pourrait être employée, dans le cadre d'accords avec quelques pays d'Afrique subsaharienne, à participer au financement de la production et de la consommation d'énergie décarbonée. Ce ne serait pas pure générosité de notre part. En facilitant leur développement économique, cela contribuerait à y maintenir la paix et cela pourrait aussi ouvrir de nouvelles perspectives à notre production industrielle.

Encore faut-il, dans ces pays, une régulation publique adaptée aux nouvelles techniques et à la diversité des situations locales.

En France, le coût de la tonne de CO₂ évitée

En France, une commission du Commissariat général au Plan, la commission Quinet, a calculé que, selon la SNBC (stratégie nationale bas carbone voté par le Parlement), la neutralité carbone obligerait à dépenser jusqu'à 775 € pour éviter l'émission d'une tonne de CO₂. Cette valeur est le résultat de calculs macroéconomiques. On la retrouve par une voie complètement différente : pour le chauffage des logements, il faudrait dépenser 15 à 20 milliards d'euros par an pour éviter l'émission des derniers 25 millions de tonnes de CO₂ par an.

En effet, la SNBC suppose que l'isolation thermique de tous les logements existants aujourd'hui devrait être aussi bonne en 2050 que celle des logements neufs, ce qui coûtera cher. Avec une isolation thermique moins systématique, les dépenses seraient inférieures et la consommation d'électricité serait supérieure. Si cette consommation supplémentaire était de l'électricité nucléaire, le coût du CO₂ évité serait infini. Si elle est produite à partir de gaz fossile, le coût de la tonne de CO₂ évitée est de 600 à 700 €².

Avant d'arriver à l'année 2050, il y a l'échéance de 2035, date à laquelle, selon la Programmation pluriannuelle de l'énergie, la PPE, la production nucléaire devra être inférieure à la moitié de la consommation. Remplacer des réacteurs nucléaires en état de fonctionnement par des éoliennes et des panneaux photovoltaïques coûtera plus cher que de les utiliser pleinement³.

Aujourd'hui (mais les choses peuvent changer), la France a ainsi décidé de dépenser 7 milliards d'euros par an autour de 2035 pour diminuer la capacité nucléaire sans effet sur les émissions de CO₂, et de dépenser plus de 15 milliards d'euros par an autour de 2050 pour éviter l'émission de 25 millions de tonnes de CO₂ par an. Voilà donc la contribution française à la lutte mondiale contre les émissions de CO₂.

Pendant ce temps, à 3 000 kilomètres au sud de la France

Les Africains, près de 20 % de la population mondiale, consomment seulement 3,2 % de l'énergie consommée dans le monde.

D'ici 2050, les enjeux sont colossaux. La population africaine aura doublé, ses besoins en énergie seront multipliés peut-être par huit ou dix. Qu'en sera-t-il des émissions de CO₂? Les techniques et les ressources existent pour rendre possibles à la fois le développement économique et la lutte contre les émissions. Presque toute l'énergie consommée

pourra être électrique ou produite avec l'aide d'une électricité elle-même produite sans émission de CO₂; il faudra aussi du carburant de synthèse produit à partir de biomasse, car on imagine mal un vaste réseau de stations de recharge de véhicules électriques.

L'AREI, l'Initiative de l'Afrique sur les énergies renouvelables, créée par les États africains en 2015 à l'occasion de la conférence de Paris sur le climat, n'apporte pas de financement, mais sélectionne des projets qu'elle recommande de financer. Elle espère que soit installée en Afrique une capacité de production électrique renouvelable supérieure à 300 gigawatts (GW) d'ici à 2030, 30 GW par an, pour répondre aux besoins de la population tout en évitant des émissions de CO₂.

Entre Sahara et Afrique du Sud, seules les villes disposent d'un réseau électrique alimenté par une production centralisée; les coupures et les baisses de tension, qui sont très fréquentes, sont plus ou moins palliées par des dizaines de millions de groupes électrogènes. Dans les zones rurales, six cents millions d'habitants ne sont pas connectés à un réseau électrique; le groupe électrogène est la seule source possible et, là, il est rare. L'électrification progresse, mais, dans les dix dernières années, le nombre de personnes non connectées à un réseau électrique a augmenté.

Pour analyser ce qui entrave ces investissements, les rapports ne manquent certes pas. Je me réfère ici surtout à l'expertise de l'Agence française de Développement (AFD), à un rapport récent de l'Institut Montaigne, à l'expérience de l'association Électriciens sans frontières et à un projet du député d'une circonscription africaine située en zone rurale.

À terme, pour atteindre ne serait-ce que la moitié de ce que sera la consommation d'électricité dans une France «neutre en carbone», les capacités de production en Afrique subsaharienne devraient être de 2 200 GW. Avec le stockage et les infrastructures de transport, 4 000 milliards d'euros. En 50 ans, cela ferait

chaque année 44 GW et 90 milliards d'euros d'investissement.

L'Afrique subsaharienne est riche en ressources hydrauliques et en biomasse et le sol reçoit du soleil presque deux fois plus d'énergie qu'en France. Nous ne parlons dans la suite que de photovoltaïque dont les coûts sont devenus très bas, de même que ceux des batteries.

Le photovoltaïque : la solution la moins coûteuse en ville et en zone rurale

Dans nos régions de latitude moyenne, l'énergie produite par le soleil est quatre fois plus importante un jour d'été qu'un jour d'hiver. Pour l'utiliser pleinement, il faut des moyens de stockage très coûteux. Dans les zones tropicales, il suffit de disposer de moyens permettant de passer la nuit ou quelques jours de moindre ensoleillement. Ce peut être avec une production d'électricité hydraulique ou produite à partir de gaz ou de fioul ou encore avec des batteries, dont le prix, lui aussi, a beaucoup baissé.

En zone urbaine, la dimension d'un projet typique de parc photovoltaïque est de 30 à 50 mégawatts sur 30 à 50 hectares, coûtant 30 à 50 millions d'euros. Le coût de production est inférieur à 50 € par MWh. Même s'il faut ajouter des batteries, c'est beaucoup moins cher que l'électricité produite par les groupes électrogènes de secours qui seront ainsi remplacés, et pas plus cher qu'avec une augmentation de la capacité de production à partir de gaz ou de charbon. Lorsque le photovoltaïque remplace une production à partir de gaz ou de fioul, il évite des émissions de CO₂ ; l'investissement coûte moins de 150 € par tonne de CO₂ évitée. Il faut ajouter à ces dépenses le renforcement ou la création du réseau électrique. Celui-ci sera doté des moyens électroniques de mesure et de contrôle pour guider la consommation de façon à tenir compte des possibilités de production et de stockage (et en faire des *smart grids* ou réseaux « intelligents »).

Dans les zones rurales, avec des kits « solaire et batterie » individuels, l'électricité peut être payée par téléphone portable au moment où elle est consommée. C'est ce qu'il y a de plus simple, mais c'est une impasse. En effet, pour desservir la partie la plus dense d'une communauté rurale, la solution la moins coûteuse est un mini-réseau et ceux qui disposent d'un kit individuel ne seront pas disposés à y participer. La première chose à faire est donc d'installer un mini-réseau local et une production au centre du village faite de panneaux photovoltaïques, de batteries et éventuellement de groupes électrogènes de secours. La palette des services rendus peut ainsi être très diversifiée : raccordement au mini-réseau, recharge de lampes, ou de batteries, location ou vente de lampes. Les kits individuels sont une solution pour ceux qui habitent loin du village.

Pour fixer les idées, voici un exemple : 4000 habitants, une capacité photovoltaïque de 500 kW et 500 kWh de batteries (soit deux heures de consommation diurne). L'investissement est de 0,5 million pour les panneaux solaires, autant pour le réseau et 0,3 million pour les batteries soit en tout 1,3 M€ pour produire 1000 MWh par an. Selon le coût du financement, cela fait entre 150 et 200 €/MWh sans émission de CO₂, trois ou quatre fois moins cher qu'une production par un groupe électrogène.

Pour réaliser un projet photovoltaïque : le financement et la régulation publique

Le photovoltaïque coûte moins cher, et même parfois beaucoup moins cher, que les autres moyens de produire de l'électricité. Or, beaucoup de projets sont bloqués tant en zone urbaine qu'en zone rurale. Les facilités financières mises à la disposition de l'Afrique par des instances africaines ou d'autres pays se comptent en centaines de millions par an. Elles sont donc très inférieures à ce qui serait nécessaire pour une électrification générale. Et pourtant elles ne sont pas toutes utilisées. Il est donc possible de dire à la fois qu'elles

Pour une stratégie bas carbone menée conjointement avec des pays africains

sont insuffisantes à terme et que ce n'est pas aujourd'hui ce qui freine les investissements.

Pour financer ces investissements en zone urbaine ou rurale, plusieurs initiatives apportent leur concours. Parmi elles, l'IRENA (Agence internationale pour les énergies renouvelables), les programmes des agences de développement de plusieurs pays, notamment l'AFD, de l'Union européenne, des banques de développement, notamment celle de l'Afrique. Il y a aussi l'Alliance solaire internationale créée à l'initiative de l'Inde et de la France. Ces aides au financement sont généralement des prêts bonifiés ou des garanties, très rarement des subventions. Au total, quelques centaines de millions d'euros par an là où, à l'échelle de l'Afrique, il faudrait des dizaines de milliards.

Une production photovoltaïque ne sera pas toujours préférée à un autre mode de production même beaucoup plus coûteux. En effet, toute la dépense est concentrée au moment de l'investissement. Un investisseur ne s'y engage que s'il est suffisamment sûr de vendre l'électricité produite. Un consommateur ne s'équipera en contractant un emprunt que s'il est sûr de pouvoir en payer les annuités; sinon, il préférera un groupe électrogène beaucoup moins coûteux à l'achat, qu'il utilisera dans la mesure où il pourra acheter le fioul.

Pour desservir les zones urbaines, les réseaux ne peuvent être financés que sur fonds publics. Quant aux moyens de production photovoltaïque, après une étude de marché des investisseurs privés seraient prêts à les financer sans toujours avoir besoin d'un financement public. Il arrive au contraire que la simple possibilité d'une aide publique ait un effet pernicieux en ceci que les décisions d'investir sont retardées jusqu'à obtenir ce financement privilégié, ce qui prend beaucoup de temps⁴. Les financements privés ont surtout besoin d'une garantie contre des risques qui ne sont pas tellement des risques commerciaux, plutôt des risques de régulation, c'est-à-dire les risques nés de la fraude, de l'incertitude sur l'évolution des procédures, des réglementations et de la fiscalité

ou sur la mise à disposition de terrains pour implanter le parc photovoltaïque.

En zone rurale, la situation est tout à fait différente.

Il faut là aussi un cadre réglementaire adapté à des mini-réseaux non reliés à un réseau centralisé, à l'exemple notamment du Bénin et de Madagascar. Même si le réseau est financé par des fonds publics, il faudra aider les financements privés pour les premiers moyens de production et de stockage. En effet, comment prévoir les quantités d'électricité qui seront achetées par des personnes qui n'en consomment pas aujourd'hui et dont le revenu monétaire est de 2 ou 3 euros par jour? L'incertitude est totale. Or, cette électricité pourra activer une pompe pour l'irrigation, conserver au froid des denrées alimentaires qui aujourd'hui sont perdues, faire tourner un pressoir pouvant générer une activité nouvelle créatrice de revenus. Sans oublier naturellement les services non monétisables : les télécommunications; grâce à la lumière, la sécurité et la possibilité de lire et d'étudier la nuit tombée; en matière de santé, la conservation des médicaments, des vaccins, etc. C'est le pari du développement. L'épargne privée seule ne le prendra pas ou, lorsqu'elle le prendra, le fera payer cher. Rien ne se fera sans des aides publiques conséquentes. Sont-elles justifiées? Au titre du développement, il appartient à chacun d'en juger selon ses propres critères. Qu'en est-il au titre des émissions de CO₂? Le montant de l'investissement, rapporté aux émissions de CO₂ évitées, est inférieur à ce que nous devons dépenser en France et en Europe pour seulement éviter une émission.

Pour évaluer combien d'émissions sont évitées par le photovoltaïque, on doit faire une hypothèse sur ce qui se passerait sans photovoltaïque. Dans cette communauté villageoise de 4000 habitants, sur les 1000 MWh par an de photovoltaïque, supposons qu'un tiers remplace de l'électricité venant des groupes électrogènes qui existent et de ceux qui seraient implantés faute de photovoltaïque, et qu'un tiers remplace la chaleur fournie pour

la cuisson avec un très mauvais rendement par du bois venant de boisements surexploités. Alors, un investissement de 1,5 million d'euros serait égal à 170 € par tonne de CO₂ évitée.

Arithmétiquement et sur le papier, ne serait-ce qu'au titre des émissions de CO₂, il serait donc justifié de subventionner ces investissements à 100 %. Mais ce ne serait pas une bonne idée.

Dans cette communauté rurale où l'on vit depuis toujours sans électricité, l'arrivée de l'électricité est-elle vraiment désirée? Elle modifiera inévitablement non seulement les coutumes, mais aussi les relations entre les habitants; certains en tireront parti plus que d'autres. L'expérience a montré qu'il ne sert à rien de venir avec son matériel et d'implanter un mini ou microréseau en le finançant complètement. Si la population n'est pas associée à la décision, si la consommation d'électricité est gratuite, les installations ne seront pas entretenues.

Des ONG et des jumelages entre communes françaises et africaines apportent aujourd'hui financement et compétences techniques dans une forme de coopération décentralisée où le bénévolat a une grande part et elles ont souvent bien du mal à trouver les quelques dizaines de milliers d'euros dont elles ont besoin pour un microprojet. Mais désormais, c'est par dizaines ou centaines de milliers que se comptent les petits réseaux électriques à installer dans des communautés rurales d'Afrique subsaharienne. Il faudrait une politique nationale pour rendre possibles et pour encadrer de multiples actions ponctuelles menées sous le pilotage de responsables locaux par des entreprises privées. Le financement public serait ajusté de façon que le prix de l'électricité payé par les nouveaux consommateurs soit à la mesure de leurs possibilités. Comme en zone urbaine, les entreprises recevraient une délégation de service public (DSP) pour investir, puis pour gérer le mini-réseau et le parc de production et de stockage, y compris le recouvrement des sommes dues par les consommateurs.

Pour une stratégie bas carbone franco-africaine

La production d'électricité en Afrique, notamment en Afrique subsaharienne, augmentera dans des proportions considérables et pourrait se faire sans émissions de CO₂. Les financements publics n'y suffiront pas. Les financements privés non plus. Ils seront donc amenés à intervenir ensemble, mais, condition préalable, les uns et les autres ont besoin d'une régulation publique fiable.

En France, pendant dix à quinze ans, sans augmenter les émissions de CO₂ nous pourrions dépenser 7 milliards d'euros par an de moins que selon la PPE; autour de l'année 2050, au lieu de viser la neutralité carbone, nous pourrions dépenser 15 à 20 milliards d'euros par an de moins en émettant 25 millions de tonnes de CO₂. Parallèlement, pour éviter tout autant d'émissions, la France pourrait apporter quelques milliards d'euros par an à quelques pays d'Afrique pour contribuer d'une façon ou de l'autre (subventions, bonifications, garanties) au financement de réseaux « intelligents » en zone urbaine, de mini-réseaux et de production photovoltaïque en zone rurale.

Ces accords entre la France et quelques autres États africains pourraient s'élargir à l'électricité hydraulique, à la production de biomasse et de biocarburant, aux équipements électriques et aux moyens d'économiser l'énergie — formant ainsi une stratégie bas carbone menée conjointement.

Pour rendre possible et efficace une telle participation financière, très supérieure à ce qui se fait aujourd'hui⁵, il faudrait sans doute inventer des méthodes nouvelles qui, sous la conduite des autorités du pays africain et des responsables locaux, associent des institutions financières et les entreprises publiques ou privées attributaires de délégations de service public.

Modifier ainsi la PPE et les objectifs de la SNBC et nouer ces partenariats éviterait tout autant d'émissions de CO₂ (qui, encore une

fois, se rit des frontières), aiderait au développement de ces pays, ouvrirait de nouveaux marchés à notre industrie et consoliderait nos relations avec des pays dont, de diverses façons, nous partagerons l'avenir. Ces perspectives ne pourraient-elles convaincre nos parlementaires de modifier PPE et SNBC?

D'autres pays de l'Union européenne pourraient se joindre à cette initiative, sous réserve de ne pas entraver la liberté d'action de chacun d'entre eux et de ne pas alourdir les procédures.

NOTES

1. Si les États font effectivement ce qu'ils ont déclaré, y compris la neutralité carbone de la Chine en 2060, les émissions en 2050 seront de 26 milliards de tonnes de CO₂ contre 36 aujourd'hui. Si, pour éviter une hausse de température de plus de 2 °C, les émissions mondiales devaient être annulées en 2070, elles seraient en 2050 de 14 milliards de tonnes par an.
2. Voir un article paru dans le numéro 644 de *La Revue de l'Énergie* de mai-juin 2019 et sur www.hprevot.fr/chaleur.
3. Voir sur www.hprevot.fr une note et l'outil de simulation du système électrique permettant de calculer cela.
4. Selon l'étude de l'Institut Montaigne.
5. À titre de référence, l'aide publique française au développement est aujourd'hui de 10 milliards d'euros par an, soit 0,4 % du PIB alors que la France s'est engagée à la porter à 0,7 % soit 17 milliards d'euros par an.

SUR L'AGENDA DE LA REVUE

12 AU 14 JANVIER 2021

Les Assises européennes de la transition énergétique

Organisateurs : ADEME, Grand Genève, Bordeaux Métropole et Dunkerque Littoral
Lieu : en ligne

19 JANVIER 2021

6^e colloque national photovoltaïque «Solaire photovoltaïque : accélérons ensemble!»

Organisateur : SER
Lieu : en ligne

3 AU 5 FÉVRIER 2021

34^e congrès annuel : «Un mandat pour accélérer la transition écologique!»

Organisateur : AMORCE
Lieu : Troyes (10), France

10 FÉVRIER 2021

Colloque «Chimie et Énergies nouvelles»

Organisateur : Fondation de la Maison de la Chimie
Lieu : Paris (75), France

1^{ER} AU 14 MARS 2021

Journées nationales de l'ingénieur

Organisateur : IESF
Lieu : en France et partout dans le monde

2 ET 3 MARS 2021

Africa Energy Indaba

Organisateur : Siyenza Management
Lieu : en ligne

3 MARS 2021

Cérémonie Arts et Métiers pour la Transition Énergétique

Organisateur : Comité des Fêtes Arts et Métiers Paris
Lieu : Paris (75), France

15 AVRIL 2021

EnerJ-meeting : Construire et rénover le bâtiment «2020 Ready 2050»

Organisateur : Batiactu Groupe
Lieu : Paris (75), France

S'ABONNER À LA REVUE



► **Contribuer à une meilleure compréhension des enjeux et des opportunités dans le domaine de l'énergie**

► **Partager les meilleures stratégies et politiques pour favoriser la transition vers des systèmes énergétiques plus durables**

Je m'abonne à La Revue de l'Énergie pour un an (soit 6 numéros, offre intégrale – papier et numérique) dès réception du bulletin, en ligne sur www.larevuedelenergie.com ou en remplissant ce formulaire :

- tarif France 211 € TTC (TVA : 5,5 %)
 tarif étranger 230 € TTC

Tous les champs sont obligatoires.

M. / Mme Nom : Prénom :

Organisation :

Adresse :

Complément d'adresse :

Code postal : Ville : Pays :

Téléphone :

E-mail :

- ou Je joins un chèque à l'ordre de La Revue de l'Énergie.
 Je règlerai à réception de la facture.

Date :

Signature :

Bulletin d'abonnement à envoyer à :

La Revue de l'Énergie – 12 rue de Saint-Quentin – 75010 Paris – France

Ou à : abonnement@larevuedelenergie.com

Des tarifs réduits (étudiants, retraités...) existent ; pour en bénéficier, écrire à :
abonnement@larevuedelenergie.com

Les informations recueillies sur ce formulaire sont enregistrées dans un fichier informatisé par La Revue de l'Énergie pour la gestion de votre abonnement. Conformément à la loi « informatique et libertés », vous pouvez accéder aux informations vous concernant, les rectifier et vous opposer à leur transmission éventuelle en écrivant à la rédaction à : redaction@larevuedelenergie.com