

Conférence donnée le 20 octobre 2023 à l'invitation du maire de Gières, Pierre Verri
Vice-président de la communauté d'agglomération Grenoble-métropole

Comment la France peut éviter plus efficacement des émissions mondiales de CO2
Donner du sens à notre transition énergétique en coopérant avec des pays africains

Introduction

Il y aurait bien des commentaires à faire à propos de la politique française de l'énergie.

- On continue de nous enjoindre de diminuer notre consommation d'énergie comme si nous devions toujours en manquer. Or le monde dispose et disposera de ressources en énergie surabondantes, avec ou sans émission de CO2 : l'énergie fossile avec séquestration du CO2, le vent, le soleil l'hydraulique et l'énergie nucléaire. L'objectif à viser n'est pas de diminuer la consommation d'énergie, il est de diminuer puis d'annuler les émissions mondiales de CO2, ce qui est très différent.ⁱ
- Les tergiversations sur le nucléaire nous ont fait perdre une vingtaine d'années.
- Une loi avait créé un impôt CO2 qui devait augmenter sans tenir compte de l'évolution du prix du pétrole. Il était prévisible que, si le prix du pétrole baisse, l'augmentation de l'impôt serait sans effet et que, s'il monte... ; ce fut l'élément déclencheur de la révolte des Gilets jaunes.
- La France s'est pliée à la politique européenne qui a créé administrativement de nouveaux marchés et les a amplement ouverts à une industrie chinoise qui s'y était préparée depuis dix ans ou plus : éolien, photovoltaïque, véhicules électriques, batteries et les matériaux qu'il faut pour tous ces équipementsⁱⁱ.
- Au sujet du marché de l'électricité, cette erreur monstrueuse d'avoir voulu croire que les prix issus d'un marché concurrentiel pourraient financer les investissements. Ce serait exact si le marché était « parfait ». Or la réalité est aux antipodes des conditions qui rendent possible un marché concurrentiel efficace. C'est pourquoi Marcel Boiteux avait bâti un tarif qui imite ce que seraient les prix émanant d'un marché parfaitⁱⁱⁱ.
- Nous pourrions également souligner qu'une vraie difficulté se trouvera dans l'approvisionnement en certains matériaux et métaux. Comme il faudra exploiter des minerais de plus en plus pauvres, ces métaux et matériaux deviendront de plus en plus chers.

Nous pourrions traiter de tout cela et d'autres choses encore mais ce soir, j'aborderai un thème encore plus important : comment éviter efficacement les émissions mondiales de CO2 sachant que le CO2 ignore les frontières ?

Les politiques sont nationales et les nations se trouvent dans des situations très différentes. Il est sans doute inutile de s'étendre pour le montrer. Non seulement les conditions géographiques mais aussi toute l'histoire des populations ; leur culture ; les moyens financiers et les compétences dont elles disposent ; leur consommation d'énergie et le niveau de leurs émissions de CO2 aujourd'hui et dans les décennies à venir – tout cela entre en jeu lorsque l'on parle de politique de l'énergie et de lutte contre les émissions de CO2.

Un objectif commun, la neutralité carbone à l'échelle mondiale, et des situations, des moyens très différents : on peut se dire *a priori* qu'il peut être utile de coopérer pour parvenir à l'objectif.

C'est d'ailleurs ce que recommande le GIEC, sans préciser les modalités de la coopération qui, bien sûr, seront différentes d'un cas à l'autre. La région différente de nous la plus proche est l'Afrique.

1- Débat et controverse

1,1- Coopérer avec des pays d'Afrique pour atteindre ensemble la neutralité carbone ?

Objections

- Comme l'Afrique ne pourra sans doute pas être neutre en carbone dès 2050, cela retarderait le moment où nous-mêmes serons neutres en carbone.
- Ce serait contraire à l'accord de Paris.
- Ce serait contraire à nos engagements au sein de l'Union européenne.
- Ce serait casser une dynamique qui est enfin enclenchée dans le milieu industriel et qui a commencé à se diffuser parmi les ménages.
- Ce serait se défaire de notre responsabilité historique car ce sont nos émissions depuis 200 ans qui sont à l'origine des difficultés, non celles de l'Afrique.
- Et puis, cette idée de coopérer avec l'Afrique est assez banale. Il y a eu le MDP, mécanisme de développement propre (ou CDM *clean development mechanism*) créé par le protocole de Kyoto ; il y a l'Alliance solaire conclue notamment par la France et l'Inde ; il y a eu le Plan Borloo d'investissement en photovoltaïque en Afrique. Rien de tout cela n'a fonctionné.
- Et enfin, - qui peut l'ignorer ? - coopérer avec l'Afrique est, dans bien des régions, devenu très difficile voire impossible.

Réponses aux objections

- La conformité à l'Accord de Paris

L'Accord de Paris a retenu un objectif et mis en place une dynamique.

L'objectif est de faire en sorte que la hausse de température causée par les émissions de gaz à effet de serre dues à l'activité humaine reste « bien en dessous de 2°C, si possible 1,5°C » en prenant comme référence ce qu'était la température au début de l'ère industrielle.

D'après le GIEC, pour que la hausse des températures ne dépasse pas 2 °C, il faut avoir supprimé les émissions mondiales de gaz à effet de serre avant la fin du siècle ; ce serait dès 2050 si l'objectif était de limiter la hausse des températures à 1,5 °C. Il est donc abusif d'affirmer que l'Accord de Paris enjoint la France ou l'Union européenne de ne plus émettre de CO2 dès 2050.

Chaque pays est invité à déclarer les politiques qu'il a l'intention de mener. Les réunions annuelles de la COP évaluent dans quelle mesure ces politiques sont compatibles avec l'objectif, et les pays sont régulièrement invités, si besoin, à modifier leurs intentions. Ces intentions n'ont pas de valeur juridique et il n'y a pas de sanction si elles ne sont pas respectées.

Quelques pays ou groupes de pays, dont l'Union européenne, les Etats-Unis, le Japon ont déclaré vouloir éviter toute émission de CO2 dès 2050. D'autres, tels que la Chine et l'Inde, ont annoncé une date plus tardive. D'autres, tels la plupart des pays d'Afrique n'ont pas annoncé comment ils entendaient limiter leurs émissions dans les décennies à venir.

Il en ressort qu'il est patent qu'en 2050 l'activité humaine générera encore d'abondantes émissions de CO2.

Comme le CO2 ignore les frontières, pour réduire autant que possible les émissions mondiales un pays comme la France peut donc se demander où agir de la façon la plus efficace, à l'intérieur de ses frontières ou dans un autre pays, en Afrique par exemple.

- Ce serait se défaire sur les pays en développement et renier nos engagements

Contribuer à éviter des émissions dans un autre pays, ce n'est certes pas se défaire des efforts qui nous incombent ; c'est faire en sorte que ces efforts soient plus efficaces. Et ce n'est certes pas revenir sur l'engagement pris au niveau mondial car la COP 26 a adopté le *Pacte de Glasgow* qui, en son point 6, dit comment mettre en œuvre l'article 6 de l'Accord de Paris : un pays qui a déclaré un objectif d'émissions de CO2 peut déduire des émissions depuis son territoire celles qu'il aura permis d'émettre depuis le territoire d'un pays en développement.

La France sera donc neutre en carbone en 2050 selon l'Accord de Paris si nous évitons dans d'autres pays autant d'émissions que ce qui sera émis depuis le territoire national.

Dans ces conditions, si la France s'est engagée au sein de l'Union européenne à ne pas utiliser les possibilités ouvertes par l'Accord de Paris (article 6), il lui sera facile de revenir sur cet engagement puisque cela n'aura aucun effet sur les émissions mondiales.

- L'idée de coopérer est assez banale ; cela n'a jamais fonctionné

Certes, elle est banale. Avant d'essayer de voir comment cette idée pourrait fonctionner, regardons si cela en vaut la peine et essayons de voir quel serait l'avantage d'une politique conjointe de la France et de quelques pays d'Afrique en comparaison avec une politique tendue vers l'élimination dès 2050 de toute émission de CO2 depuis le territoire français.

1.2- Pourquoi supprimer nos émissions de CO2 dès 2050 ?

Les raisons avancées ici ou là sont de tous ordres.

J'en ai déjà mentionné deux : se conformer à l'Accord de Paris, respecter nos engagements au sein de l'Union européenne. Ces arguments ne tiennent pas comme je viens de le montrer.

Autre argument : donner l'exemple. Mais donner l'exemple à qui ? A la Chine ? C'est presque une plaisanterie, elle qui se réjouit tellement de notre politique « exemplaire » pour nous inonder de ses produits qui, précisément, nous permettent de « donner l'exemple ». Donner l'exemple aux pays en développement ? Comme le dit le président du Sénégal, décider de produire de l'électricité avec du charbon, s'il le faut, relève de sa souveraineté. Qui le contredira ?

Autre argument : cette échéance de 2050, qui est enfin (presque) adoptée au sein de l'Union européenne et se traduit dans les lois et les règlements a créé une formidable dynamique ; les entreprises s'y adaptent ; voyez la mutation du secteur de l'automobile ; voyez la multiplication des pompes à chaleur et celle des panneaux photovoltaïques. Reporter cette échéance de dix ou vingt ans étoufferait cet élan. Tout ce travail de conviction auprès des médias, auprès des élus et de l'opinion, tout cet effort ruiné ! Ce n'est pas acceptable.

Cet élan, ce dynamisme, on les perçoit en effet dans l'industrie et auprès d'associations qui se montrent très soucieuses d'écologie et désireuses de nous voir « changer de genre de vie ». Il faut aussi entendre les maires de grandes villes ou en milieu rural qui alertent sur les Zones à faible émission, sur les obligations de rénovation thermique et de suppression progressive des chaudières au fioul. On peut voir aussi comment des décisions en Allemagne, en Grande Bretagne qui étaient « en avance » sont revues pour tenir compte de la réaction de la population.

2- La politique française

2.1- Une présentation de la SNBC – stratégie nationale bas carbone – votée en 2019

Il est possible de représenter la SNBC en un tableau 21-27 dressé par un tableur excel publié sur www.hprevot.fr . Ce tableur permet à chacun de retrouver la SNBC et de tester ses propres hypothèses.

La SNBC a pour objectif qu'il n'y ait plus d'émissions de CO2 en 2050.

2.1.1- La consommation d'énergie et d'électricité en 2050

Selon la SNBC, les ressources en biomasse et biogaz doubleraient d'ici 2050 par rapport à aujourd'hui, ce qui est, depuis, reconnu comme excessif. La consommation d'énergie par l'industrie diminuerait de 25 %, ce qui est incompatible avec l'objectif de réindustrialisation de la France. La consommation d'énergie par le transport serait diminuée de 50 % environ ce qui est plausible puisque l'efficacité énergétique des véhicules électriques est très supérieure à celle des véhicules thermiques. Tous les bâtiments existants sont rendus aussi bien isolés que des bâtiments neufs.

Alors le besoin d'électricité est de 620 TWh par an, contre 470 TWh aujourd'hui. Parmi les « futurs énergétiques » publiés récemment par RTE (Réseau de transport électrique), le scénario central évalue le besoin d'électricité en 2050 à 650 TWh/an. Selon une variante, il serait de 750 TWh/an.

2.1.2- Les investissements et les effets économiques de la SNBC

Un projet de loi doit toujours être accompagné d'une étude d'impact économique. Or l'étude d'impact de la loi qui, en 2019 a adopté la SNBC avec cet objectif de neutralité carbone dès 2050, est – il faut le dire – débile. Nous avons un début d'étude d'impact avec le rapport Pisani Ferry- Mahfouz (rapport PFM) rédigé quatre ans après le vote de la loi. Encore ce rapport ne porte-t-il que sur les incidences économiques de l'action pour le climat d'ici 2030 alors que celles de l'action pour le climat à mener pour atteindre la neutralité carbone en 2050 seront encore plus fortes.

Apparaissent au grand jour, progressivement, les effets de cette échéance devenue si proche.

Selon ce rapport, pour aller vers la neutralité carbone dès 2050, « l'ensemble des investissements supplémentaires tous secteurs confondus s'élèverait (...) à 66 milliards d'euros par an à l'horizon 2030, soit 2,3 points de PIB, par rapport à un scénario sans les mesures de transition évaluées. » (p. 77 du document édité par France Stratégie), dont 10 milliards pour l'industrie, 48 milliards pour le bâtiment et seulement 3 milliards par an pour les véhicules.

Le rapport souligne que cette évaluation à 66 milliards par an est très sensible aux hypothèses. Le plus gros poste est celui du chauffage des bâtiments.

Le cas des véhicules

Selon ce rapport, les investissements pour la construction automobile ne seront guère supérieurs à ce qu'ils ont été jusqu'ici. En effet, explique le rapport, le prix des véhicules neufs, qui seront électriques, aura tellement augmenté que les achats seront beaucoup moins nombreux qu'avant la crise du Covid. Si le nombre de véhicules neufs retrouvait son niveau d'avant la crise, l'augmentation des dépenses serait de 20 milliards d'euros par an.

Le cas du chauffage des bâtiments

Selon le rapport Pisani-Ferry Mahfouz, l'investissement supplémentaire associé à la réduction des émissions serait de près de 48 milliards d'euros par an (p.74).

Dans une étude publiée par RTE et l'ADEME en décembre 2020, « Réduction des émissions de CO2, impact sur le système électrique », on lit : « l'investissement évalué au périmètre de la collectivité (tous les acteurs français, Etat compris) doit augmenter de l'ordre de 12 milliards d'euros par an par rapport au scénario contrefactuel » - c'est-à-dire par rapport au niveau actuel. Certes, les méthodes de calcul sont différentes : le rapport PFM évalue une moyenne annuelle des investissements ; le rapport RTE-ADEME calcule des annuités équivalentes aux investissements, en tenant compte de leur durée de vie et d'un taux d'actualisation^{iv}. Il reste que cet écart *de 1 à 4* entre les valeurs de dépenses annuelles annoncées par l'ADEME et par le rapport PFM est impressionnant.

Quoi qu'il en soit, la bonne question est d'abord de savoir jusqu'où pousser l'isolation thermique pour minimiser la somme des dépenses d'économie et de consommation d'énergie. Ni PFM ni RTE-ADEME ne se la sont posée. Après étude, ma réponse est de faire passer les logements existants mal

isolés en classe D du DPE (diagnostic de performance énergétique) et non en classe B comme le demande la SNBC^v.

2.2- La population acceptera-t-elle ces dépenses et ces contraintes ?

On entend les producteurs d'automobiles dire que les ventes de véhicules électriques ne continueront d'augmenter que si les aides publiques se maintiennent ou augmentent. On voit déjà comment réagit le secteur du logement aux premières dispositions relatives à l'isolation thermique des bâtiments, qui sont pourtant beaucoup moins rigoureuses que celles qu'il faudrait prendre pour atteindre l'objectif de neutralité carbone dès 2050. Et l'on entend les maires de grandes villes anticiper ce que pourrait être la réaction de ceux qui ne pourront pas acquérir de véhicules neufs pour remplacer leur vieille « bagnole » au diesel ou qui ne trouveront pas de logement qu'ils puissent acquérir ou louer.

C'en est au point qu'il se dit ici ou là que les échéances de 2050 pour la neutralité carbone et de 2035 pour l'interdiction des véhicules thermiques neufs ne seront pas tenues.

Cela ne se dit pas en public car, paraît-il, il ne faut pas briser l'élan créé par ces échéances « ambitieuses ».

Faut-il attendre de constater que cet objectif de neutralité carbone dès 2050 est inaccessible ? Faudrait-il s'interdire de réfléchir à une autre voie plus efficace et moins coûteuse pour aller vers le véritable objectif, qui n'est pas la neutralité carbone de la France mais la neutralité carbone du monde entier – car, faut-il le redire ? – le CO2 ignore les frontières ?

C'est pourquoi il faudrait compléter l'étude PFM en prenant en compte les possibilités ouvertes par l'Accord de Paris et le pacte de Glasgow : comment minimiser les dépenses en évitant en 2050 depuis quelques pays d'Afrique autant d'émissions de CO2 que ce qui sera émis à cette date depuis le territoire français. Quelles seront alors ces émissions en 2050 et à quelle date pourraient-elles être réduites à zéro ?

Dans ces conditions, l'objectif de « neutralité carbone française » en 2050 est sauvegardé – et, nous le verrons, cet objectif s'accompagne d'autres bienfaits de tous ordres.

2.3- Le cas du chauffage : l'échéance de 2050 coûte très cher

Les dépenses d'isolation thermique deviennent de plus en plus coûteuses au fur et à mesure que sont diminuées les pertes thermiques.

A partir d'un bâtiment mal isolé, on peut comparer deux décisions : le faire passer en classe D du DPE ; ou bien le faire passer en classe B comme le demande la SNBC. Avec la deuxième décision, comparée à la première, l'investissement est supérieur et la consommation d'énergie est inférieure. Si l'énergie utilisée est l'électricité et que celle-ci est partiellement produite à partir de gaz fossile, donc émettrice de CO2, on peut rapporter la différence de dépenses à la différence d'émissions de CO2. Alors le coût du CO2 évité par la décision de passer en classe B du DPE plutôt qu'en classe D est *très élevé*. Si l'électricité est majoritairement produite sans émissions de CO2, il dépasse allègrement les 1000 €/tCO2.

Mais pour supprimer toute émission de CO2 dès 2050 avec la capacité de production d'électricité dont on disposera à cette date, il faut que tous les bâtiments soient aussi bien isolés thermiquement que des bâtiments neufs, et cela quoi qu'il en coûte. C'est en effet ce qui est inscrit dans la SNBC.

Or au-delà de 2050, en 2060 ou 2070 il serait possible de disposer d'une capacité de production d'électricité sans émission de CO2 suffisante pour ne pas être obligé de pousser aussi loin les dépenses d'isolation thermique des bâtiments. Les dépenses d'économie d'énergie seraient moindres de **27 milliards d'euros par an** à ce qu'elles seraient selon la SNBC.

Supposons donc que tous les bâtiments mal isolés soient mis en classe D du DPE d'ici 2050. Avec des pompes à chaleur, le chauffage demanderait alors 80 TWh/an d'électricité de plus que s'ils étaient mis en classe B. Un moyen de simulation du système électrique^{vi} calcule que la dépense d'électricité

(production et distribution) serait supérieure de **12 milliards d'euros par an** et que les émissions, au lieu d'être nulles, seraient de 30 MtCO₂/an.^{vii}

Au total, sans rien changer d'autre à la SNBC que les pertes thermiques du bâtiment, si les émissions de CO₂ depuis la France devaient être annulées en 2060 ou 2070, les émissions de CO₂ seraient, autour de l'année 2050, de **30 MtCO₂/an**.

Et les dépenses d'économie et de consommation d'énergie pour le chauffage seraient inférieures de **15 milliards d'euros par an** à ce qu'elles seraient pour annuler les émissions de CO₂ dès 2050^{viii}.

Il se dit souvent, y compris du côté du gouvernement, que tout retard dans la lutte contre les émissions de CO₂ coûte cher, c'est-à-dire oblige à dépenser davantage. Or dans le cas du chauffage et de l'isolation thermique en France, c'est faux. *Se précipiter coûte très cher.*

Pour ce qui est des véhicules et bien d'autres équipements et infrastructures, la précipitation génère des « coûts échoués » en ce sens qu'elle empêche de tirer pleinement parti du potentiel de production existant (équipements et personnels). Une transition progressive coûterait moins cher, mais je ne sais de combien car je connais pas d'étude sur le sujet. Je sais seulement que c'est une question très importante, certes abordée par la rapport PFM mais seulement d'ici l'année 2030.

La question vaut donc d'être posée : combien cela coûte-t-il d'éviter en Afrique l'émissions de 30 millions de tonnes de CO₂ par an autour de l'année 2050 ?

3- En Afrique

3.1- Les besoins en énergie, les investissements à réaliser

La population africaine est un cinquième de la population mondiale et sa consommation d'énergie n'est qu'un trentième de la consommation mondiale. La population est en forte croissance : 1 milliard d'habitants en 2013 et probablement 2,4 milliards en 2050.

Ces chiffres suffisent à montrer la disette énergétique en Afrique et l'ampleur des ressources en énergie dont auront besoin ces pays pour leur développement économique et social.

Les pays africains auront à souffrir des effets du réchauffement climatique, dont les causes ne dépendent évidemment pas d'eux. Mais leur approvisionnement en énergie est pour eux une priorité qui passe bien avant la lutte contre les émissions de CO₂ et les responsables politiques ne manquent pas de le souligner.

Voici quelques éclairages sur les futurs besoins d'énergie en Afrique. L'AREI (Initiative de l'Afrique pour l'énergie renouvelable) a comme objectif la création chaque année de 30 GW (gigawatt) de capacité de production d'électricité à partir de sources renouvelables. Autre approche : pour que d'ici 30 ans chaque habitant d'Afrique subsaharienne dispose de la moitié de ce dont disposera un Français, il faut 44 GW de plus par an. Si l'investissement de production et de réseau est 2000 €/kW, cela fait 90 milliards d'investissement par an.

Selon l'AIE, dans Africa energy outlook de 2014, autour de l'année 2040 l'investissement en Afrique dans le secteur électrique devrait être de 70 milliards d'euros par an^{ix}.

L'Afrique dispose de ressources abondantes en énergie décarbonée dont elle tire très peu parti : le soleil, l'eau de ses nombreux fleuves, le vent. En revanche les sources de biomasse sont surexploitées notamment pour la cuisson des aliments, et les surfaces boisées régressent.

A l'avenir il est probable que les pays voudront s'équiper d'une production d'électricité nucléaire par des petits réacteurs à sécurité passive, de préférence des surgénérateurs car la ressource en uranium risque de devenir très coûteuse. Aujourd'hui, vu la baisse des coûts des panneaux photovoltaïques et des batteries, la source d'énergie sans émissions de CO₂ la plus accessible est le soleil.

3.2- Produire de l'électricité photovoltaïque : investissements ; émissions de CO₂ évitées

En milieu rural

Il faut se figurer ce que signifie vivre sans électricité. J'ai été en relation avec un député de Centre-Afrique. La population de sa circonscription, en milieu rural, est de 25000 habitants. Il s'y trouve en tout et pour tout deux groupes électrogènes. Il avait le projet de créer un réseau local alimenté par des panneaux photovoltaïques et doté de batteries. Voici une configuration possible, selon un professionnel du photovoltaïque.

Pour 4000 habitants, une capacité de production de 500 kW avec 500 kWh de batteries pour la nuit. L'investissement serait de 0,5 million d'euros pour les panneaux photovoltaïques, autant pour le réseau et 0,3 million pour les batteries soit 1,3 million d'euros pour produire 1000 MWh par an. Soit une électricité à 150 à 200 €/MWh selon le coût du financement de l'investissement.

Pour évaluer combien d'émissions sont évitées par le photovoltaïque, supposons que, sans photovoltaïque, un tiers des 1000 MWh annuels remplace de l'électricité produite par des groupes électrogènes qui existent ou qui seraient implantés, et qu'un tiers remplace la chaleur fournie avec un très mauvais rendement par du bois venant de boisements surexploités. Le troisième tiers apporte des services nouveaux. En tenant compte seulement des émissions du groupe électrogène évitées par ce réseau photovoltaïque, le montant de l'investissement est inférieur à 200 €/tCO2 évité.

En milieu urbain

L'électricité peut être produite par de grands parcs de panneaux photovoltaïques. Typiquement 30 à 50 MW (mégawatts) sur 30 à 50 hectares pour 30 à 50 millions d'euros. La production d'électricité coûte alors 50 €/MWh. Si le photovoltaïque remplace une production à partir de gaz, l'investissement coûte moins de 100 € par tonne de CO2 évité. S'il remplace les très nombreux groupes électrogènes dont se sont équipés les habitants et les commerçants pour pallier les coupures de courant, le montant de l'investissement, rapporté aux émissions de CO2 évité, est encore beaucoup plus bas.

Pour financer ces investissements, sur le papier très bénéfiques

L'électricité produite par le photovoltaïque est moins coûteuse que celle qui est produite par un groupe électrogène ; elle est à peine plus coûteuse que l'électricité produite par des centrales au gaz ou au charbon. En conséquence le coût du CO2 évité par la photovoltaïque remplaçant du fioul, du gaz ou du charbon est très faible et même négatif.

Les facilités financières dont l'Afrique pourrait disposer se chiffrent en centaines de millions d'euros par an. C'est très loin des besoins tels qu'évalués ci-dessus. Et pourtant toutes ces facilités ne sont pas employées. C'est ainsi que l'on peut dire à la fois que « l'argent, il y en a » et qu'il en manque.

Les obstacles, les difficultés sont bien connus.

L'implantation d'un réseau photovoltaïque dans une communauté villageoise apporte de grands bénéfices, certes, mais peut aussi perturber les relations sociales. Elle ne sera une réussite que si elle est désirée par la population et les autorités locales administratives, électives, coutumières qui réuniront les conditions d'un bon fonctionnement du réseau électrique, de sa sécurité, de son entretien.

Le réseau lui-même, qui est une infrastructure d'intérêt général, pourrait être financé par des fonds publics. Les panneaux photovoltaïques, eux, pourraient être financés par des entreprises privées si, du moins, celles-ci sont suffisamment sûres d'être payées.

Là, on touche à une grande différence entre un groupe électrogène, qui coûte peu à l'achat et beaucoup au MWh produit, et un réseau photovoltaïque qui coûte peu au MWh et beaucoup en investissement. Avec un groupe électrogène, lorsque l'on ne peut pas payer le fioul, on se prive d'électricité ; avec du photovoltaïque, la charge d'investissement court quelle que soit la consommation. Là où le revenu monétaire des habitants est très bas, pour compenser les risques d'impayés le financement de ces réseaux n'est possible qu'avec des taux d'intérêt très élevés.

D'une façon générale, l'investissement est rendu difficile par l'incertitude juridique ou fiscale, l'instabilité politique et, d'une façon générale, par des défauts de gouvernance.

4- Coopérer avec quelques pays africains pour atteindre ensemble la neutralité carbone en 2070

4.1- Des milliards d'euros par an

Comme on l'a déjà dit, pour éviter en France toute émission de CO2 lorsque la capacité de production d'électricité sans émission aura atteint un niveau suffisant, il serait possible de dépenser 15 milliards d'euros par an de moins que si l'on voulait y parvenir dès 2050. Alors les émissions en 2050 seraient de 30 millions de tonnes de CO2 par an.

En Afrique subsaharienne, pour produire une électricité photovoltaïque au lieu d'une électricité produite à partir de gaz, de charbon ou de fioul, l'investissement est inférieur à 200 € par tonne de CO2 évité. Même en supposant que la France finance intégralement une partie de ces investissements, il suffirait de 6 milliards d'euros par an pour éviter l'émission de 30 millions de tonnes par an depuis l'Afrique. Si l'on compare cela avec une autre politique où les émissions françaises sont annulées dès 2050 et où la production en Afrique, faute de financement suffisant, se fait à partir d'énergie fossile, les émissions mondiales sont les mêmes et les dépenses totales de la France sont inférieures de 9 milliards d'euros par an. La France pourrait même doubler son aide au développement, qui est (en équivalent subvention) de l'ordre de 10 milliards) en dépensant moins que ce que demande la SNBC. Mais on ne peut s'arrêter à ce constat.

4.2- Les conditions de la réussite

Un contre-exemple : le mécanisme de développement propre

Pour discerner les conditions de la réussite, il est utile de se rappeler des tentatives qui n'ont pas débouché.

Le protocole de Kyoto, signé à la fin de 1997, avait créé le Mécanisme de développement propre, MDP (ou CDM, Clean development mechanism, en anglais) qui n'a pas correctement fonctionné. Un pays qui s'était engagé à respecter une limite d'émission dûment notifiée à l'ONU, un « pays de l'annexe 1 », avait le droit de la dépasser dans la mesure où il pouvait justifier qu'il avait évité des émissions dans un pays à qui le protocole de Kyoto n'avait pas demandé de s'imposer une limite. Toute une administration onusienne avait été créée pour vérifier que l'intervention du pays de l'annexe 1 aurait un réel effet sur les émissions de l'autre pays ; puis qu'elle avait eu un effet réel. Pour cela il fallait comparer avec ce qui se passerait sans cette intervention pour s'assurer du respect du « principe d'additionnalité ».

Le MDP était administré par une structure onusienne et son objet portait seulement sur les émissions de CO2.

Un contrat de portée très large entre deux pays qui se font confiance

Faut-il le redire ? Le bon approvisionnement en énergie et les services rendus par celle-ci sont des conditions essentielles à la vie du pays, à son autonomie, à sa sécurité. Tous les aspects de la vie personnelle et collective en dépendent : l'alimentation lorsque l'électricité remplace le bois pour la cuisson, actionne les pompes qui permettent l'irrigation ou les réfrigérateurs qui conservent les aliments, l'éducation pour, tout simplement, pouvoir étudier la nuit tombée ou pour se documenter, la mécanisation remplaçant le travail de la force humaine, les transport, les communications...

En 2050, la moitié de la population africaine, soit 1,2 milliards d'habitants, vivra en ville et la moitié à la campagne. D'ici là pourraient se multiplier les réseaux locaux tels que celui que je viens de décrire. Les chiffres sont impressionnants : 300 000 micro réseaux desservant chacun 4000 personnes.

C'est naturellement hors de portée des associations de bénévoles ou des jumelages entre collectivités locales qui mènent des actions ponctuelles souvent très efficaces. Celles-ci montrent que la réussite repose sur des relations *de confiance* et durables entre ceux qui apportent une technologie et un financement et les populations locales.

C'est donc là une grande gageure : multiplier par dizaines de milliers des actions locales qui seront chacune adaptées au contexte, aux possibilités financières, aux relations sociales au sein de cette population, etc. ; créer au niveau national un cadre juridique qui permette cette coopération très diversifiée – du cousu main – entre les autorités locales et les entreprises. La France peut proposer ce qu'elle sait faire : des délégations de service public. Chaque contrat précise les obligations de chacun, partie public et partie privé, le financement, les tarifs, les obligations d'entretien, les mesures de sécurité, la gestion des matériels en fin de vie, les conditions de remise de l'équipement à la puissance publique.

Je le disais, l'énergie concerne toute la vie du pays. Une stratégie conjointe vers une neutralité carbone ne peut être efficace que si elle s'inscrit dans *un contrat entre deux pays qui se font confiance pour une coopération qui déborde largement le champ de l'énergie*. Ce contrat porterait aussi sur le transfert de technologie, sur la formation, sur les échanges commerciaux y compris l'acquisition des équipements pour produire et utiliser l'électricité et aussi sur la gouvernance. Il pourrait également porter sur la sécurité. L'envergure de ces contrats serait de nature à consolider la confiance mutuelle.

En matière de financement, la contribution française, comme aujourd'hui celle de l'AFD, prendrait plusieurs formes : financement direct, prêts à des conditions préférentielles, garanties de prêt.

5- Donner du sens à notre transition énergétique et écologique

Face à la perspective d'un réchauffement climatique dont le GIEC décrit les terribles conséquences, monte un sentiment d'impuissance et de découragement, ou bien de colère.

J'ai évoqué en commençant quelques incohérences de la politique française de l'énergie depuis vingt ans. Cet impôt CO2 qui augmente en même temps que le prix du pétrole, il a été décidé de ne plus l'augmenter mais on accumule les réglementations et les interdictions : pas de véhicules thermiques neufs à partir de 2035, obligations d'isolation thermique, interdiction de nouvelles chaudières au fioul et interdiction de fait d'en conserver une lorsque l'on installe une pompe à chaleur, ZFE, zones à faible émission en ville, etc.^x Tout cela sans faire aucun rapprochement entre les dépenses directes et indirectes causées par ces réglementations et les quantités d'émissions de CO2 qu'elles évitent ; c'est-à-dire sans calculer leur « coût du CO2 évité ». Le Haut conseil pour le climat et même le Conseil d'Etat tancent régulièrement le gouvernement pour ne pas avoir pris les mesures nous conduisant à supprimer toute émissions de CO2 d'ici 2050. Et certains lui reprochent amèrement de ne pas avoir suivi les demandes de la Convention climat qui voulaient nous faire changer de comportement ou même de genre de vie pour, disent-ils, « respecter l'Accord de Paris », c'est-à-dire, selon eux, éviter une hausse de température mondiale supérieure à 1,5 °C ce qui, je l'ai montré, est une lecture erronée de cet accord.

Mais d'autres, ou peut-être les mêmes, se demandent pourquoi de telles perturbations seraient nécessaires alors qu'elles n'auront aucun effet sensible sur le climat.

Quoi qu'il en soit, on ressent le besoin d'agir pour diminuer les émissions de CO2. On se rappelle la fable du colibri qui sans relâche apporte sa goutte d'eau pour aider à vaincre un incendie de savane. On se rappelle aussi le précepte de Kant : si tu ne sais pas comment agir pour le bien commun, agis de telle sorte que, si chacun faisait comme toi, la situation évoluerait dans un sens favorable.

Eh bien soit ! Agissons tout en sachant que notre action n'est qu'une goutte d'eau face aux besoins ; mais du moins agissons de la façon la plus efficace possible !

Écoutons donc ce que ce que pourraient nous dire les pays en développement, d'Afrique ou d'ailleurs.

« Vous, Français, êtes bien conscients des dommages qui seront causés par les émissions de CO2. Vous avez décidé d'éviter toute émission de CO2 depuis votre territoire national d'ici 2050. Or vous savez qu'il vous faudra dépenser beaucoup pour éviter les derniers millions de tonnes d'émissions de CO2. Il serait beaucoup moins coûteux d'éviter la même quantité d'émissions depuis nos territoires. Ne soyez pas surpris que, vus d'Afrique, vos objectifs nationaux de neutralité carbone dès 2050, celui de la France et des autres pays européens, nous font plutôt rire. 'Le monde brûle' et vous regardez... dans votre jardin. Il y a beaucoup mieux à faire : si vous tenez à votre objectif de neutralité carbone

dès 2050, comptez à la fois les émissions depuis votre pays et celles que vous nous aurez aidés à éviter. Oui, c'est nous qui vous le demandons ! Abandonnez votre posture et soyez, avec nous, efficaces ! »

Ils pourraient ajouter – mais ils ne le feront pas – que notre volonté d'être « les premiers » à pouvoir nous passer d'énergie fossile, qui signifie implicitement que les autres seront « les derniers », est ressentie dans leurs pays comme, au moins, une marque d'arrogance.

Des accords bilatéraux avec quelques pays seraient alors conclus où nous apporterions quelques milliards d'euros par an pour éviter l'émission de quelques dizaines de millions de tonnes de CO2 par an. Ce sera pour multiplier par milliers les réseaux locaux photovoltaïques et quelques parcs de grande étendue, pour participer à la construction et à l'entretien de barrages sur les fleuves, plus tard pour des petits réacteurs nucléaires à sécurité passive. Ces accords déborderont largement la production d'énergie. Ils porteront, je l'ai dit, sur la formation, le transfert de technologie, la gouvernance. Et aussi sur les équipements utilisant cette électricité, que ces pays pourraient acheter plutôt à la France, ce qui créerait chez nous une nouvelle activité.

Ajoutons qu'il y aura dans cette coopération un autre volet pour réguler les mouvements de population entre nos pays. Car il y a là un enjeu majeur dans les années et les décennies à venir. Sans bloquer nos frontières, pour pouvoir maîtriser la pression nous avons tout intérêt à ce que les jeunes de ces pays puissent former leurs projets chez eux plutôt que chez nous.

Tout cela relève tout autant de la diplomatie que d'un ministère de l'environnement qui agit comme s'il ne voyait pas que le CO2 ignore les frontières.

Avoir le sentiment très vif d'une urgence et de notre responsabilité collective à l'échelle mondiale tout en ayant conscience de la vanité des actions que nous pouvons mener, voilà qui est anxiogène.

Une politique conjointe de la France avec quelques pays africains évitera plus d'émissions de CO2 qu'une politique solitaire. Même si cela est encore fort peu à l'échelle mondiale, cette politique, du moins, aura doublé l'aide française au développement tout en évitant chez nous des dépenses inutiles et en créant de nouvelles relations avec des pays d'Afrique. Voilà qui pourrait donner du souffle et du sens à notre transition énergétique.

Aujourd'hui, c'est un rêve.

ⁱ Il faudra donc laisser sous le sol une bonne partie des ressources fossiles dont les consommateurs seraient prêts à payer le coût – cf. *Trop de pétrole ! Energie fossile et réchauffement climatique* (Seuil, 2007).

ⁱⁱ Même si la Chine n'a pas elle-même inspiré les décisions européennes, du moins fut-elle assez bien informée et habile pour les anticiper et en tirer les conséquences.

ⁱⁱⁱ Marcel Boiteux avait démontré que la vente d'électricité au coût marginal permet de financer exactement toutes les dépenses de chaque moyen de production si le parc de production d'électricité est de ceux qui fournissent l'électricité au moindre coût et à condition que le marché soit « parfait » : une parfaite information sur les décennies à venir, un grand nombre de producteurs, pas de « barrières à l'entrée » entravant l'arrivée de nouveaux producteurs. Comme la réalité est aux antipodes de ces conditions, il a bâti un tarif qui imite les prix qui émaneraient d'un marché si celui-ci était parfait et si le parc était adapté à la demande. La Commission européenne n'a voulu retenir qu'une seule de ces conditions : le grand nombre de producteurs. Il fallait donc casser les positions dominantes, notamment celle d'EDF. Ce n'est pas que les fonctionnaires et les commissaires de Bruxelles soient ignares ; cela correspondait à l'esprit du temps. On en revient heureusement aujourd'hui.

^{iv} L'ampleur des investissements peut se mesurer de plusieurs façons. Le rapport Pisani-Ferry Mahfouz ajoute le montant des investissements à réaliser d'ici 2030 et divise le montant total par le

nombre d'années. Le résultat, selon lui, est 66 ou 80 milliards d'euros par an selon que le niveau de ventes de véhicules neufs reste au niveau très bas qu'il a connue pendant la crise Covid ou qu'il retrouve son niveau d'avant la crise. Une autre méthode souvent utilisée est de représenter ces investissements par une valeur « actualisée » à la date d'aujourd'hui puis de calculer une annuité équivalente à ces investissements : c'est-à-dire ce que serait l'annuité de remboursement d'un emprunt ayant financé ces investissements, celle-ci étant constante et calculée sur la durée de vie de l'infrastructure ou de l'équipement concerné. Il faut pour cela un taux d'actualisation, qui est de l'ordre de 4 ou 5 %, peut-être moins lorsqu'il s'agit d'infrastructures.

Les montants obtenus selon les deux méthodes seraient du même ordre si la durée de cet effort exceptionnel d'investissement était à peu près la même que la durée de vie des infrastructures et équipement ainsi financés et si, pour comparer recettes et dépenses intervenant à des moments différents, l'on ne tenait pas compte d'un « taux d'actualisation ». L'annuité équivalente à l'ensemble de ces investissements de 66 ou 80 milliards par an est probablement de 53 ou 64 milliards dont, pour le bâtiment 38 milliards par an.

^v Sur les dépenses d'isolation du bâtiment, cela faisait longtemps que l'ADEME devait nous faire part de ses évaluations. Comme elle tardait, j'ai essayé d'en avoir le cœur net et j'ai étudié les dépenses à faire pour faire passer un bâtiment mal isolé en classe D ou C ou B du DPE (diagnostic de performance énergétique). Cf. un article paru dans la Revue de l'énergie (n° 646 mai-juin 2019). Je suis parti du coût de chaque « geste » d'amélioration thermique et du coût de divers équipements et j'ai comparé entre elles plusieurs situations. Je suis arrivé à la conclusion que pour diminuer le total des dépenses d'économie et de consommation d'énergie de chauffage, une bonne solution est de mettre les bâtiments mal isolés en classe D du DPE. Comme je le montre dans « La neutralité carbone sans trop de contraintes ni de dépenses » (Revue de l'énergie N°656, mai-juin 2021), ce résultat se trouve confirmé à partir des données publiées plus tard par l'Observatoire BBC dans « Les maisons rénovées à basse consommation » (avril 2021). Pour un lien vers ces deux articles, voir ici : <http://www.hprevot.fr/Chaleur.html> et <http://www.hprevot.fr/Prevot-Revue-Energie-mai-juin-2021.pdf>

Puis j'ai comparé cette situation « optimale » à ce que seraient les dépenses et la consommation d'énergie de chauffage si, comme le demande la SNBC, tous les bâtiments étaient en classe B du DPE. La différence d'investissement est 1000 milliards d'euros. Sur 30 ans, cela fait en moyenne 33 milliards d'euros par an. L'annuité équivalente, calculée avec un taux d'actualisation très bas de 2,5 % sur 50 ans, est 27 milliards. Elle serait supérieure si elle était calculée avec un taux d'actualisation de 4 %. Les pertes thermiques seraient supérieures de 200 TWh. La consommation d'électricité serait supérieure d'environ 80 TWh/an.

^{vi} Un outil de simulation du système électrique est disponible, publié sur www.hprevot.fr. A noter que l'ADEME ne peut publier le moyen de simulation qu'elle utilise car elle n'en a pas la propriété intellectuelle ; cela peut surprendre mais il faut dire à sa décharge qu'elle publie les chroniques horaires de consommation et les chroniques horaires de production par moyen de production. Quant à celui de RTE, il est beaucoup trop lourd.

^{vii} Le coût de production de 80 TWh d'électricité supplémentaires utilisés pour produire de la chaleur est la différence de dépenses avec ou sans cette production supplémentaire. Pour l'évaluer, on a construit des chroniques horaires de consommation avec plus ou moins de consommation d'électricité pour la chaleur en utilisant les chroniques horaires de consommation retenues par l'ADEME pour son scénario « 100 % renouvelable ». Ainsi la consommation finale est dans un cas 620 TWh dont 40 TWh pour produire de la chaleur et dans l'autre 700 TWh dont 120 TWh pour la chaleur. Par ailleurs, une électrolyse consomme 74 TWh. Pour produire ces 80 TWh supplémentaires destinés à la chaleur avec le même parc de production sans émission de CO₂, il suffit de 60 TWh à partir de gaz fossile au lieu de zéro car les possibilités de production d'électricité sont mieux utilisées et les excédents sont inférieurs de 20 TWh. La différence de dépense de production est 9 milliards d'euros. Le coût de production de cette électricité est donc 112 €/MWh alors que le coût moyen de production est 78 €/MWh. S'y ajoute le coût de distribution. Au total 12 milliards d'euros.

^{viii} La décision d'annuler les émissions de CO₂ en 2050 plutôt qu'en 2070 a donc un coût du CO₂ évité de 500 €/tCO₂. Un raisonnement hâtif et malencontreux comparerait cela à la « valeur tutélaire du CO₂ » qui est, selon une commission du Plan, la commission Quinet, comprise entre 600 et 900 €/tCO₂ (La valeur de l'action pour le climat, France Stratégie, février 2019, p. 100), et en conclurait qu'il est inutile de chercher à nouer des coopérations pour diminuer les dépenses. Ce serait malencontreux car la « valeur tutélaire » du coût du CO₂ est ainsi conçue : pour ne plus émettre de CO₂ à l'échelle nationale, il est inutilement coûteux de prendre des décisions qui, pour éviter des émissions, entraîneraient une augmentation de dépenses supérieure à la valeur tutélaire du CO₂. Cela ne veut pas dire qu'aucune décision dont le coût du CO₂ est inférieur à cette valeur tutélaire n'est trop coûteuse. Dépenser 500 € pour éviter l'émission d'une tonne de CO₂ en France est évidemment inutilement coûteux s'il suffit de 200 € pour éviter l'émission d'une tonne de CO₂ en Afrique.

^{ix} Ces valeurs sont importantes certes mais modérées si on les compare par exemple à ce que pourrait être le montant des investissements dans un parc de production qui produirait en France 900 TWh d'électricité : 570 milliards dont 385 de nucléaire amortissable sur 60 ans et le reste amortissable sur 20 ans, soit 74 milliards par an sans compter l'hydraulique ni le réseau.

^x D'autres exemples

L'arrêt des centrales électriques au charbon pour « être les premiers à nous débarrasser du charbon » alors que pendant l'hiver 2022-2023 il a fallu importer de l'électricité produite à partir de lignite. Autre erreur du même genre : une pompe à chaleur dans un logement chauffé au fioul ne peut recevoir de subvention que si la chaudière est enlevée. Or cette chaudière permettrait d'arrêter la pompe à chaleur dans les périodes de forte consommation d'électricité sans vent ni soleil. Mais il faut des objectifs simples et mobilisateurs tels que la suppression du chauffage au fioul.

Autre exemple : pendant vingt ans, les esprits ont été préparés, les décisions ont été prises pour diminuer la capacité nucléaire. Fort heureusement, cela a changé mais les travaux du CEA sur les réacteurs surgénérateurs ont été arrêtés, laissant à la Russie le monopole d'utilisation de cette technique que connaissait bien la France, une technique absolument nécessaire et pour diminuer le volumes des déchets et pour garantir à long terme l'approvisionnement en matière fissile.