

---

## Vulnérabilité des systèmes énergétiques : décentralisation et renouvelables

---

La vulnérabilité caractérise ce qui est exposé aux maux physiques, qui présente une certaine fragilité, est sans défense suffisante face aux agressions extérieures et qui peut donc être attaqué facilement.

Le concept de vulnérabilité évoque donc la défaillance possible d'un système productif. Il est naturellement associé à une autre notion tout particulièrement importante lorsqu'il s'agit d'un système énergétique: les conséquences de la défaillance. On se propose d'apporter ici des éléments de réponse dans trois domaines: la nature et le degré de vulnérabilité des systèmes énergétiques, le risque global, combinaison de la probabilité de défaillance et des conséquences de cette défaillance, les solutions pour se prémunir contre ce risque et assurer la continuité du service énergétique.

### LA VULNÉRABILITÉ DES SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

Lorsque la France, comme bien d'autres pays et l'Union Européenne, met au tout premier rang des critères de sa politique énergétique « la sécurité d'approvisionnement », elle vise essentiellement à se prémunir contre le risque de rupture des approvisionnements en hydrocarbures importés, pétrole et gaz. Au premier rang des réponses apportées, on trouve la maîtrise de l'énergie et la production nationale d'énergie, d'origine nucléaire principalement. La construction des technologies est supposée moins onéreuse et leur production plus fiable que l'importation des hydrocarbures et du charbon. Si cette affirmation ne peut être mise en doute pour la maîtrise de l'énergie, il y a lieu de s'interroger sur la vulnérabilité des grands systèmes centralisés, tout particulièrement l'ensemble des centrales nucléaires et le réseau de transport qui lui est associé, sans oublier que les matières fissiles devront être importées.

#### MICHEL LABROUSSE



Ingénieur des Arts et Métiers (France). Il a été chef du service économique de l'Agence Française de la Maîtrise de l'Énergie puis a dirigé la société EXPLICIT jusqu'en 2003. Consultant indépendant, il contribue, en Afrique, au développement de l'accès à l'énergie comme facteur de réduction de la pauvreté.

La maîtrise des technologies semble *a priori* plus facile que le contrôle du comportement des États qui fournissent les matières premières énergétiques. Cependant, de plus en plus fréquemment, une grosse interruption du service électrique en Europe ou ailleurs vient rappeler que la sécurité d'approvisionnement que l'on croyait assurée ne tient qu'à un fil... En décembre 1999, la « tempête du millénaire » abat 10 % du réseau de transport électrique français, il faut 4 jours pour ré-alimenter l'ensemble des postes, puis RTE (gestionnaire du réseau de transport) reconstruit le réseau à l'identique, en augmentant la résistance

mécanique des ouvrages mais sans modification de la structure du réseau. Or, comme on le verra par la suite, pour rendre le système moins vulnérable, il est aussi envisageable d'adopter une architecture moins centralisée, ce qui exige un peu de temps et surtout une volonté politique qui est loin d'être partagée par tous.

Les filières qui produisent les carburants et combustibles sont, elles aussi, vulnérables aux aléas techniques, climatiques et humains. Un coup d'œil à la carte des oléoducs et des gazoducs européens suffit pour s'en persuader. L'essentiel de l'approvisionnement de centaines de millions d'habitants, passe par une « section efficace » de quelques mètres carrés, quelques tuyaux certes sérieusement construits et surveillés mais qu'un rien (mouvement de terrain, conflit, attentat) peut rendre inutilisables. La construction en cours du gazoduc germano-russe sous la Baltique montre que cette vulnérabilité est bien réelle et que l'on cherche des palliatifs.

Soulignons enfin le risque associé à la conception du système de production d'électricité français: près de 90 % de l'électricité produite (509 TWh en 2005) (DGEM/Observatoire de l'Énergie, avril 2006) provient

de 59 réacteurs nucléaires qui sont tous du même type, construits par la même entreprise; leur durée de vie, initialement prévue pour 20 ans, est prolongée jusqu'à 40 ans au moins. Quelles seraient les conséquences d'un accident majeur affectant les structures d'un seul réacteur (rupture de cuve par exemple), accident de très faible probabilité, sans aucun doute, mais parfaitement imaginable? Les conséquences sanitaires autour du site seraient élevées, impliquant l'évacuation des populations riveraines, mais surtout les conséquences économiques seraient considérables car tous les réacteurs, présentant les mêmes caractéristiques, donc les mêmes faiblesses *a priori*, devraient être arrêtés, ne serait-ce que pour un contrôle systématique (c'est en particulier la procédure appliquée habituellement après un accident d'avion). L'analyse de la vulnérabilité ne peut donc être dissociée de celle des conséquences. Le risque économique indirect que fait courir la décision d'harmoniser les réacteurs, justifié par l'intérêt économique direct qui en découle, a-t-il été bien évalué?

### COMMENT SE PRÉMUNIR CONTRE LA VULNÉRABILITÉ DES SYSTÈMES CENTRALISÉS ?

Pour diminuer les risques induits par la vulnérabilité des systèmes énergétiques traditionnels, il y a trois solutions : 1. Renforcer (on accroît la résistance des technologies, c'est ce qui a été fait sur le réseau électrique français après les tempêtes de 1999) ; 2. Diversifier (on se met à l'abri d'une faiblesse propre à une technologie, à un tracé, par exemple en alimentant une zone par deux lignes HT) ; 3. Re-dessiner (on définit une architecture nouvelle, faisant appel à des technologies et des éléments dont la combinaison diminue la vulnérabilité intrinsèque et minimise les conséquences d'une défaillance). Chacune de ces solutions répond à un faisceau de circonstances ; elles doivent être toutes envisagées, notamment la troisième, qui certainement contribue le mieux à diminuer la vulnérabilité et les conséquences d'une défaillance.

### DÉCENTRALISATION ET ÉNERGIES RENOUVELABLES : DÉFENSE INTRINSÈQUE ET RISQUE MINIMAL

La vulnérabilité des systèmes énergétiques actuels est intrinsèquement liée à leur architecture : la centralisation permet certes de réduire les coûts par économie d'échelle et standardisation mais, comme on l'a évoqué ci-dessus, les risques qui lui sont associés sont considérables. En Europe tout particulièrement, la recherche d'une

moindre vulnérabilité se traduit par une course en avant effrénée mais aussi souvent freinée par des circonstances imprévues : c'est le cas du système électrique qui tend vers plus d'interconnexion, notamment aux frontières, alors que de nouvelles lignes de transport, contestées par les populations, ont de plus en plus de mal à être construites. Or, sans interconnexion, la vulnérabilité du système s'accroît. Pour s'affranchir de ces risques, l'option la plus prometteuse est de tendre vers des systèmes énergétiques décentralisés et l'énergie répartie (voir les *Cahiers de Global Chance*, n° 21, « L'évolution des systèmes énergétiques » [Edgar Blaustein] et « L'énergie répartie et la production décentralisée d'énergie » [Michel Labrousse]). Ces systèmes s'alimentent d'énergie primaire, celle-ci pouvant être un combustible fossile (une cogénération à gaz naturel par exemple) ou une énergie disponible localement, renouvelable (une chaudière à bois, un générateur électrique éolien par exemple). On ne prétendra pas que la défaillance d'un tel système n'est pas possible. Nul n'est à l'abri d'une panne ni même d'une rupture temporaire d'approvisionnement, de bois notamment, mais l'impact d'une telle défaillance est très limité puisque la zone desservie est par définition de superficie réduite de même que la population desservie. De plus, un système décentralisé n'est pas un système isolé ; il s'intègre dans un réseau, physique et virtuel, qui permet de pallier de telles défaillances.

### LES ÉNERGIES RENOUVELABLES SE PRÊTENT BIEN À L'ÉNERGIE RÉPARTIE

L'énergie répartie, constituée d'une multitude d'entités de petites dimensions, chacune étant tour à tour consommatrice et productrice, a justement pour objectif de tirer tout le parti possible des ressources énergétiques locales. L'intégration des filières, très courtes et maîtrisées sur leur entièreté par des acteurs locaux, se traduit quasi automatiquement par l'optimisation économique du service énergétique : les opérateurs privilégient l'efficacité énergétique et minimisent ainsi le besoin en apport énergétique primaire, ce qui constitue un nouvel avantage de l'architecture propre à l'énergie répartie.

L'efficacité globale des systèmes de production décentralisée est supérieure à celle des systèmes centralisés. Ainsi sont réunies deux conditions favorables (source d'énergies renouvelables, donc non émissives de gaz à effet de serre et efficacité énergétique) qui contribuent à accroître l'indicateur de pertinence vis-à-vis de l'émission de CO<sub>2</sub> qui a été présenté au début de ce numéro.

Si la production décentralisée et la valorisation des énergies renouvelables présentent de grands avantages, particulièrement vis-à-vis des risques de défaillance d'origine technologique et humaine, on peut s'étonner qu'elles ne soient pas appliquées à plus grande échelle. La réponse est simple : refonder l'architecture du système énergétique centralisé, omniprésent dans les pays industrialisés (électricité d'origine thermique, nucléaire et hydraulique, hydrocarbures, mais aussi éolien dans sa version centralisée) nécessite de gros investissements financiers et une « révolution culturelle » qui remet en question le paradigme, le « centralisme énergétique », appliqué depuis plus d'un siècle, ce qui ne se fera pas en un jour...

Parfois, cependant, des occasions ne devraient pas être manquées. Par exemple, depuis le début des années 80 EDF, puis RTE, souhaite construire une ligne THT de 400 kV reliant, par le nord, la vallée du Rhône à l'est de la région PACA, de Boute à Broc-Carros (ligne BBC), pour « sécuriser » l'approvisionnement électrique. Tous les tracés proposés ont été refusés, notamment par les populations résidant dans ou à proximité des Gorges du Verdon. En 1997-1998, un Débat Public a été organisé au terme duquel une expertise complémentaire, réalisée par un groupe d'ingénieurs dont l'activité était coordonnée par l'auteur de ces lignes a conclu que la construction de la ligne Boute-Broc-Carros constituait la solution la plus simple et la moins onéreuse, mais qu'il y avait des solutions « alternatives » fondées sur l'efficacité énergétique, la production décentralisée et l'utilisation des énergies renouvelables. Le coût de ces solutions n'a rien d'exorbitant, à l'inverse d'autres options telles que la mise en souterrain ou en sous-marin de la ligne envisagée. Le maître d'ouvrage (EDF), n'a pas pris en considération les solutions proposées, préférant tourner en dérision les travaux de la commission d'experts. Or, ces options pouvaient et peuvent toujours être mises en œuvre, notamment l'utilisation de systèmes décentralisés faisant appel aux énergies renouvelables (hydroélectricité, biogaz, bois-énergie, incinération de déchets, éolien, solaire thermique et solaire photovoltaïque) combinées à la maîtrise de la demande d'électricité (MDE). Cette opposition du maître d'ouvrage (EDF puis RTE), de caractère quasi idéologique (la crainte du « précédent » a sans aucun doute joué un rôle important dans la non-décision d'EDF) a abouti à la situation d'aujourd'hui :

la DUP de la ligne Boute-Carros, finalement accordée en 2005, a été annulée par le Conseil d'État le 10 juillet 2006, après 20 ans de « concertation ». Si, en 1998, à l'issue du Débat Public, EDF et RTE avaient adopté une position conciliante, la région ne serait pas à la merci d'un incident, notamment un incendie de forêt sous la branche sud, qui immanquablement la plongera dans le noir, comme cela s'est passé le 6 mai 2005 et comme le craint RTE qui s'engage à « exercer une vigilance accrue pour faire face aux situations tendues qui vont être rencontrées et éviter dans la mesure du possible toute coupure de grande ampleur » (communiqué de presse de RTE du 10 juillet 2006).

La situation de la région PACA, en France, a toutes les chances de se multiplier partout en Europe, la vulnérabilité des systèmes centralisés augmentera en raison du maillage insuffisant et des oppositions à la construction de lignes et de grandes unités de production. Pourquoi les opérateurs ne profitent-ils pas de situations comme celle-ci pour en faire un terrain d'apprentissage ? Les technologies sont disponibles, le cadre institutionnel s'adapte lentement mais sûrement, encore une fois, seule fait défaut la volonté politique...

### DANS LES PVD, ACCROÎTRE L'ACCÈS À L'ÉNERGIE ET BAISSER LA VULNÉRABILITÉ

C'est certainement dans les pays en voie de développement, tout particulièrement les plus pauvres, lorsque les services énergétiques modernes semblent inaccessibles, que l'énergie répartie et les énergies renouvelables ont le plus grand potentiel. Le choix d'une architecture compatible est à la base de tout. Or, dans les pays les moins avancés, les besoins, en particulier en zone rurale, sont très importants. L'électrification rurale, qui reproduit les schémas institutionnels du système électrique traditionnel, peine à couvrir l'ensemble du territoire national. Seules des solutions fondées sur la prise en charge par des opérateurs locaux, à partir de ressources locales, peuvent voir durablement croître le nombre d'habitants ayant accès aux services énergétiques : services collectifs en premier lieu (santé, éducation, eau potable, etc.), services productifs ensuite (activités génératrices de revenus) et services domestiques enfin. L'enjeu d'un usage réparti des renouvelables dans ces pays est donc majeur.