

DU SOLEIL POUR TOUS

L'énergie solaire au Sénégal : un droit, des droits, une histoire

Sous la direction de Frédéric Caille et Mamadou Badji

L'énergie solaire est une promesse de développement et de prospérité pour l'Afrique. Elle a été annoncée et expérimentée sur le continent dans un esprit de science ouverte et de « communs » technologiques et énergétiques il y a déjà près de soixante ans. Séchoirs et chauffe-eaux, pompes solaires et centrales électriques thermodynamiques : des pionniers ont développé et installé, dès la fin des années 1950, des techniques et des matériels en Afrique de l'Ouest et en particulier au Sénégal.

Le présent ouvrage, issu de deux journées d'études organisées à Dakar en mai 2016, rend compte pour la première fois, de manière particulièrement symbolique, de cette histoire et du futur de l'énergie solaire en Afrique. Il rassemble, dans une première partie, des témoignages d'acteurs et une mise en perspective sociohistorique des politiques de l'énergie solaire en Afrique de l'Ouest pendant un demi-siècle. Ce regard est complété par la réédition d'un texte de référence du professeur Abdou Moumouni Dioffo, pionnier nigérien de l'énergie solaire dès 1964. Dans la seconde partie, cet ouvrage interroge les prolongements actuels de l'énergie solaire en France et au Sénégal, en particulier son encadrement juridique et réglementaire. L'énergie solaire peut-elle ou doit-elle être considérée comme un « commun » ou un droit humain fondamental? Quels sont aujourd'hui les droits associés à l'énergie solaire au Sénégal? Quels enseignements tirer d'une comparaison avec le corpus juridique français en la matière?

Associant juristes français et sénégalais, spécialistes de la sociologie et des politiques de l'énergie, cet ouvrage est une invitation et un outil pour poursuivre les recherches sur l'histoire et le droit de l'énergie solaire en Afrique.



Fondée en 2011 au Québec, l'Association science et bien commun a pour mission de stimuler la vigilance et l'action pour une science ouverte, au service du bien commun. Elle a lancé en 2015 les Éditions science et bien commun dont le but est de promouvoir un accès libre et universel, par le biais du numérique, à des livres scientifiques et documentaires publiés par des auteurs et auteures de pays des Suds et du Nord.

Couverture : Design de Kate McDonnell, photo d'Alexandre Mouthon

Imprimé à Chambéry, Dakar et Québec, 1^{er} trimestre 2018

Ce livre est sous licence Creative Commons CC-BY 4.0



CONSEIL
SAVOIE
MONT
BLANC



DU SOLEIL POUR TOUS

Sous la direction de Frédéric Caille et Mamadou Badji

DU SOLEIL POUR TOUS

L'énergie solaire au Sénégal :
un droit, des droits, une histoire

Sous la direction
de Frédéric Caille et Mamadou Badji



DU SOLEIL POUR TOUS

L'énergie solaire au Sénégal : un droit, des droits, une histoire

Sous la direction de Frédéric Caille et Mamadou Badji

L'énergie solaire est une promesse de développement et de prospérité pour l'Afrique. Elle a été annoncée et expérimentée sur le continent dans un esprit de science ouverte et de « communs » technologiques et énergétiques il y a déjà près de soixante ans. Séchoirs et chauffe-eaux, pompes solaires et centrales électriques thermodynamiques : des pionniers ont développé et installé, dès la fin des années 1950, des techniques et des matériels en Afrique de l'Ouest et en particulier au Sénégal.

Le présent ouvrage, issu de deux journées d'études organisées à Dakar en mai 2016, rend compte pour la première fois, de manière particulièrement symbolique, de cette histoire et du futur de l'énergie solaire en Afrique. Il rassemble, dans une première partie, des témoignages d'acteurs et une mise en perspective sociohistorique des politiques de l'énergie solaire en Afrique de l'Ouest pendant un demi-siècle. Ce regard est complété par la réédition d'un texte de référence du professeur Abdou Moumouni Dioffo, pionnier nigérien de l'énergie solaire dès 1964. Dans la seconde partie, cet ouvrage interroge les prolongements actuels de l'énergie solaire en France et au Sénégal, en particulier son encadrement juridique et réglementaire. L'énergie solaire peut-elle ou doit-elle être considérée comme un « commun » ou un droit humain fondamental? Quels sont aujourd'hui les droits associés à l'énergie solaire au Sénégal? Quels enseignements tirer d'une comparaison avec le corpus juridique français en la matière?

Associant juristes français et sénégalais, spécialistes de la sociologie et des politiques de l'énergie, cet ouvrage est une invitation et un outil pour poursuivre les recherches sur l'histoire et le droit de l'énergie solaire en Afrique.



Fondée en 2011 au Québec, l'Association science et bien commun a pour mission de stimuler la vigilance et l'action pour une science ouverte, au service du bien commun. Elle a lancé en 2015 les Éditions science et bien commun dont le but est de promouvoir un accès libre et universel, par le biais du numérique, à des livres scientifiques et documentaires publiés par des auteurs et auteures de pays des Suds et du Nord.

Couverture : Design de Kate McDonnell, photo d'Alexandre Mouthon

Imprimé à Chambéry, Dakar et Québec, 1^{er} trimestre 2018

Ce livre est sous licence Creative Commons CC-BY 4.0



CONSEIL
SAVOIE
MONT
BLANC



DU SOLEIL POUR TOUS

Sous la direction de Frédéric Caille et Mamadou Badji

DU SOLEIL POUR TOUS

L'énergie solaire au Sénégal :
un droit, des droits, une histoire

Sous la direction
de Frédéric Caille et Mamadou Badji



Du soleil pour tous

Du soleil pour tous

L'énergie solaire au Sénégal : un droit, des droits, une histoire

SOUS LA DIRECTION DE FRÉDÉRIC CAILLE ET DE
MAMADOU BADJI

Éditions science et bien commun
Québec



Du soleil pour tous de Frédéric Caille est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution 4.0 Ceci peut être votre site web principal ou la page d'informations vous concernant sur une plate forme d'hébergement, comme Flickr Commons., sauf indication contraire.

Titre : Du soleil pour tous. L'énergie solaire au Sénégal : un droit, des droits, une histoire

Auteurs et auteures : Sous la direction de Frédéric Caille et Mamadou Badji

Image en couverture : Alexandre Mouthon

Design de la couverture : Kate McDonnell

Conversion au format ePub : Pressbooks

Édition et révision linguistique : Caroline Dufresne et Florence Piron

ISBN ePub : 978-2-924661-34-5

ISBN pour l'impression : 978-2-924661-38-3

ISBN pour le PDF : 978-2-924661-33-8

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec 2018

Dépôt légal – Bibliothèque et Archive nationale Canada

Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2018

Ce livre est sous licence Creative Commons CC-BY 4.0

Éditions science et bien commun
<http://editionscienceetbiencommun.org>
1085 avenue de Bourlamaque
Québec (Québec) G1R 2P4

Diffusion: info@editionscienceetbiencommun.org

Table des matières

Les auteur.e.s	ix
Avant-propos Mamadou Badji	xiv
Introduction et présentation du livre Frédéric Caille	1
Partie 1. Histoire de l'énergie solaire au Sénégal	
1. Trente années d'espoir Bruno Legendre	17
2. Le Sénégal, berceau un peu oublié de l'industrie solaire des années 1960-70 Jean-Pierre Girardier	29
3. Vue depuis les sciences physiques : la recherche actuelle sur l'énergie solaire en Afrique, particulièrement au Sénégal Grégoire Sissoko	51
4. Dans les pas de Jean-Pierre Girardier Alexandre Mouthon	73
5. Émeutes de l'électricité et politisation au Sénégal Jean-François Havard	93

6. Le Sénégal, une histoire solaire. Recherche, innovation et sensibilisation dans les énergies vertes de 1960 à aujourd'hui
Frédéric Caille 105
- Partie 2. Analyse des politiques et du droit positif de l'énergie solaire
7. Remise en question de l'usage de l'énergie solaire au Sénégal. Variations autour du cadre juridique.
Mamadou Badji 131
8. La politique énergétique du Sénégal au lendemain de la Cop 21 : enjeux et perspectives
Ibrahima Ly 149
9. Introduction aux aspects juridiques des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique au Sénégal
Mohamed Ayib Daffe 171
10. Moins de taxes pour plus de solaire? Pluralité et poids des droits fiscaux et taxes sur les matériels énergétiques solaires au Sénégal depuis l'entrée en vigueur en 2000 du TEC de l'UEMOA
Babacar Sarr, en collaboration avec Frédéric Caille 209
11. La réception des objectifs de développement des installations solaires en droit de l'urbanisme. Réglementation, application : une approche comparée France-Sénégal
Jean-François Joye, en collaboration avec Baba Aliou Thiam 233
12. Unités de production électrique et propriétés privées : aperçu des questionnements juridiques en droit privé français
Jean-François Dreuille 269

Partie 3. Un prolongement : Abdou Moumouni Dioffo, un autre pionnier africain du solaire

- | | | |
|-----|---|-----|
| 13. | Présentation du texte « L'énergie solaire dans les pays africains » : Abdou Moumouni Dioffo, un demi-siècle solaire plus tard
Frédéric Caille | 287 |
| 14. | L'énergie solaire dans les pays africains (1964)
Abdou Moumouni Dioffo | 297 |
| 15. | Albert-Michel Wright, un présent empêché ou les quatre décennies de l'héliotechnique ouest-africaine
Frédéric Caille | 327 |
| 16. | Pr Albert Wright rend hommage au Pr Abdou Moumouni Dioffo
Albert-Michel Wright | 331 |
| 17. | Les énergies renouvelables dans l'espace ouest-africain
Albert-Michel Wright | 341 |
| 18. | Abdou Moumouni Dioffo : « Aime! Souffre! Potasse! »
Salamatou Doudou | 351 |
| | À propos de la maison d'édition | 367 |

Les auteur.e.s

Mamadou Badji

Mamadou Badji est professeur d'histoire du droit et doyen de la Faculté des sciences juridiques et politiques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar au Sénégal. Courriel : mamadou.badji@ucad.edu.sn

Frédéric Caille

Frédéric Caille est maître de conférences HDR en science politique à la Faculté de Droit de l'Université Savoie Mont Blanc, chargé de projets pédagogiques Afrique, chercheur associé au CDPPOC et chercheur titulaire au laboratoire Triangle ENS Lyon. Ses travaux actuels portent sur l'histoire culturelle et l'anthropologie sociale de l'énergie solaire. Courriel : frederic.caille@univ-smb.fr

Mohamed Ayib Daffe

Mohamed Ayib Daffé est consultant en droit de l'environnement et de l'énergie, ainsi que doctorant au Laboratoire d'Études et de recherches en politiques, droit de l'environnement et de la santé (LERPDES) de la Faculté des sciences juridiques et politiques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Courriel : ayibdaffe@gmail.com

Abdou Moumouni Dioffo

Premier agrégé de sciences physiques de l'Afrique francophone,

DU SOLEIL POUR TOUS

il fut un des grands spécialistes des énergies alternatives, militant du panafricanisme, expert en éducation et scientifique de renommée mondiale en énergie solaire. Titulaire d'un doctorat d'État ès sciences physiques, il fut d'abord un enseignant chevronné et servit successivement dans plusieurs lycées à Dakar, à Conakry, au Niger et à l'École normale supérieure de Bamako, où comme chercheur, il créa et dirigea de 1964 à 1969 le laboratoire de l'énergie solaire. De retour au Niger, à partir de 1969, il dirigea l'Office de l'énergie solaire du Niger (ONERSOL) jusqu'en 1985. Il fut recteur de l'Université de Niamey de 1979 à 1982 et professeur de sciences physiques à la faculté des sciences de 1975 à 1991. En raison de sa spécialisation et de ses compétences dans le domaine de l'énergie solaire, il fut régulièrement sollicité en tant que consultant.

Salamatou Doudou

Salamatou Doudou est collaboratrice technique au Département d'art et d'archéologie de l'Institut de recherches en sciences humaines de Niamey. Titulaire d'une maîtrise d'histoire et d'un DEA en histoire ancienne, elle participe depuis 2007 à toutes les recherches archéologiques du département. Elle est actuellement doctorante en archéologie à l'École doctorale « Lettres, Sciences de Homme et de la Société ». Le titre de son projet de recherche est : « Les installations humaines dans la vallée moyenne du fleuve Niger de la fin du néolithique au 11^e siècle. Sites, populations et cultures matérielles. » Courriel : salamatadoudou@gmail.com

Jean-François Dreuille

Jean-François Dreuille est maître de conférences en droit privé et sciences criminelles, membre du CDPPOC et doyen de la Faculté de Droit de Chambéry.

Jean-Pierre Girardier

Jean-Pierre Girardier est ingénieur de l'École Polytechnique Fédérale de Zurich et auteur d'une thèse de physique sur les pompes solaires soutenue à Dakar en 1963. Il a été de 1973 à 1981 le dirigeant-fondateur de la société d'économie mixte SOFRETES, entreprise pionnière et *leader* mondial durant cette période charnière des

pompes solaires thermodynamiques. Il évoque ici la genèse du projet au Sénégal et le projet lui-même. Jean-Pierre Girardier est décédé le 26 novembre 2017, après avoir relu et validé ce texte.

Jean-François Havard

Jean-François Havard est maître de conférences en science politique à la faculté des sciences économiques, sociales et juridiques (FSESJ) de l'Université de Haute-Alsace, faculté dont il assure la direction depuis 2013. Ses recherches portent sur les mobilisations générationnelles, politiques et religieuses en Afrique de l'Ouest, et plus particulièrement au Sénégal. Il est membre du laboratoire Sociétés, Acteurs et Gouvernement en Europe (SAGE, Université de Strasbourg) et chercheur associé à l'Institut des Mondes Africains (IMAF). Courriel : jean-francois.havard@uha.fr

Jean-François Joye

Jean-François Joye est professeur de droit public à la Faculté de droit de l'Université Savoie Mont Blanc. Il y dirige le Centre de Droit Public et Privé des Obligations et de la Consommation (CDPPOC). Ses recherches portent en majorité sur les problématiques juridiques liées aux questions foncières (notamment le droit de l'aménagement en montagne, le droit de la planification urbaine, le droit de préemption). Sur poste CNRS de 2010 à 2015, il a été membre du GRIDAUH (Groupe de recherche sur les institutions, le droit de l'aménagement, de l'urbanisme et de l'habitat), organisme majeur d'expertise juridique en France. Courriel : jean-francois.joye@univ-smb.fr

Bruno Legendre

Bruno Legendre est agronome et auteur de *Dynamiques rurales. Moteurs de développement durable au Sénégal* (Legendre 2013). Il a participé depuis 35 ans à la promotion de l'énergie solaire en Afrique de l'Ouest, d'abord comme volontaire de l'AICF (Action Internationale Contre la Faim), puis en travaillant à la conception et à la mise en œuvre de nombreux projets avec SEMIS (Services de l'Énergie en Milieu Sahélien) qu'il a fondé en 1987. À partir de 1995, il s'est orienté vers l'accompagnement de stratégies nationales de

DU SOLEIL POUR TOUS

développement de services décentralisés d'eau et d'électricité durables et de qualité, services basés sur de nouveaux partenariats entre opérateurs privés nationaux et collectivités locales. Il a, dans cet objectif, fondé le cabinet sénégalais d'expertise en développement durable *Performances*, et il anime également un blog (<http://vivredurable.net>).

Courriel : bruno.legendre@vivredurable.net

Alexandre Mouthon

Alexandre Mouthon est photographe professionnel, journaliste indépendant, doctorant en science politique (Sciences Po Lyon, laboratoire Triangle ENS Lyon), et professeur certifié d'histoire-géographie. Ses recherches portent sur l'énergie solaire dans la politique de puissance française (1965-1985).
Courriel : alexandre.mouthon@sciencespo-lyon.fr

Ibrahima Ly

Ibrahima LY est professeur Agrégé de Droit public et Science politique, Directeur du Laboratoire d'Études et de Recherches en Politiques, Droit de l'Environnement et de la Santé (LERPDES) FSJP/UCAD Dakar. Courriel : ibrally2005@yahoo.fr

Babacar Sarr

Babacar Sarr est un jeune enquêteur/chercheur travaillant sur le cadre législatif et réglementaire concernant les énergies renouvelables au Sénégal et Président fondateur de Génération Sportive de Palmarin (association œuvrant pour le développement sportif, socio-économique, culturel, environnemental et durable de la commune de Palmarin). Courriel : neisteroo@hotmail.com

Grégoire Sissoko

Grégoire Sissoko est professeur de physique, docteur d'État spécialiste de l'énergie solaire, directeur du laboratoire LASES à la Faculté des sciences de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et président du réseau africain de recherche sur les énergies

renouvelables GIRER (<http://www.solmatmodelling.sn>).
Courriel : gsissoko@yahoo.com

Baba Aliou Thiam

Baba Aliou Thiam a soutenu sa thèse de doctorat unique en droit public à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal) en 2016 sur « La contribution du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) à la mise en oeuvre des mécanismes juridiques et institutionnels pour la protection de l'environnement au Sénégal ». Il est juriste-environnementaliste spécialisé en administration des collectivités locales, enseignant-chercheur et membre du Laboratoire d'Études et de Recherches en Politiques, Droit de l'Environnement et de la Santé (LERPDES). Ses travaux portent sur l'enseignement et la recherche en droit public, notamment en droit de l'environnement, gestion des ressources naturelles, droit de la décentralisation, droit de l'urbanisme, droit de la construction. Courriel : baba77thiam@yahoo.fr

Albert-Michel Wright

Albert-Michel Wright est ingénieur héliotechnicien à la retraite, ancien chef du Département des Enseignements généraux à l'École des Mines, de l'Industrie et de la Géologie (EMIG), ancien ministre d'État de la République du Niger, ancien directeur général de l'Office de l'énergie solaire du Niger (ONERSOL).

Avant-propos

MAMADOU BADJI

Il est un plaisir pour l'auteur de ces lignes de présenter à la communauté scientifique les Actes des premières Rencontres internationales Roger Decottignies de Dakar.

Axée sur le droit et l'histoire comparés de l'énergie solaire en France et au Sénégal, cette publication fait suite à l'étude coordonnée par David Bailleul en 2010. Il n'est toutefois pas dans le propos des contributeurs réunis ici de faire appel à un « droit de l'énergie solaire », matière encore en gestation, mais de jeter plutôt leur regard sur la régulation et les choix normatifs des États contemporains, ainsi que sur les conséquences de cette régulation et de ces choix en termes de développement des énergies renouvelables, et plus particulièrement de l'énergie solaire.

Cette recherche est non seulement bâtie autour d'un esprit de transferts réciproques de connaissances et de compétences, mais elle est portée par une ambition à forte résonance environnementale, sociale et économique. Par ailleurs, le thème sur lequel les universitaires qui animent la coopération entre la Faculté des sciences juridiques et politiques de Dakar et la Faculté de droit de Chambéry ont choisi de « plancher » a été l'occasion de rendre justice à la collaboration franco-sénégalaise précoce en la matière, dans les années 1960, et dont les résultats sont ignorés aujourd'hui. Or, cette collaboration scientifique prend tout son sens quand on sait que, partout, l'heure est à la diversification des sources d'énergie et du

renforcement de la place des « énergies vertes » dans les politiques publiques en matière énergétique.

Les Journées scientifiques de Dakar mettent donc à l'ordre du jour des préoccupations qui ont une résonance contemporaine. C'est que le caractère moteur de la politique économique du Sénégal s'y prête, un pays qui se fixe de grands choix stratégiques dans lesquels les enjeux énergétiques revêtent une importance capitale. Au demeurant, c'est le lieu de rendre un vibrant hommage à Jean-Pierre Girardier, dont le nom restera gravé à jamais dans la mémoire des participants à ce colloque. Grand témoin de la belle aventure des années 1960, il apporta sa pierre à la mise en place de projets innovants dans le domaine énergétique, aux côtés de Jacques Diouf et de nombreux dirigeants africains. Sa société d'économie mixte, la Sofretes (1973-1983), fut créée avec le précieux concours du Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) et de plusieurs grandes sociétés françaises. En saluant et en m'inclinant devant sa mémoire, je voudrais relever la créativité dont il avait fait montre dans un domaine où le Sénégal peut se flatter d'avoir compté sur sa contribution scientifique.

En mettant en présence des dizaines de chercheurs mobilisés autour d'une problématique et des auditoires assidus, attentifs et ardents, avec des communications et des discussions d'une telle qualité, les organisateurs ont placé ce colloque sous le signe à la fois d'une exigence de méthode scientifique rigoureuse et du souci d'une grande liberté de parole.

Le thème de ces premières Rencontres internationales pourrait apparaître par trop prospectif (en effet, très peu d'ouvrages spécialisés sur le droit des énergies renouvelables existent sur le marché de l'édition). Les lecteurs plongent ainsi dans un champ aux frontières d'analyses et de réflexions multiples. C'est que, pour les auteurs, en dépit d'équipements et de distribution variable selon les régions, les pays du Nord comme ceux du Sud scrutent l'horizon en ayant les yeux rivés sur les enjeux et les objectifs planétaires de maîtrise du réchauffement climatique et de promotion des « énergies vertes ».

Cependant, l'objet des études rassemblées ici est de dépasser les dimensions scientifiques, technologiques et économiques des problèmes. Par une approche pluridisciplinaire, comparative, les auteurs s'attachent à faire ressortir d'autres problématiques, en montrant les aspects sociétaux, politiques et juridiques souvent négligés. La science politique vient à cet égard en renfort des

réflexions les plus actuelles et des concepts pointus permettent d'encadrer et de tirer toutes les leçons des expériences récentes et fructueuses. La pluralité des points de vue et l'esprit de dialogue garantissent donc le bien-fondé du diagnostic et des propositions.

C'est une publication exceptionnellement riche que les lecteurs ont entre les mains, avec des photos à l'appui, permettant de prendre la mesure de la résonance contemporaine des problèmes abordés, y compris dans leur dimension historique.

Ce bref propos est aussi l'occasion, pour finir, non seulement de saluer cette coopération universitaire dont on sait qu'elle est l'essence même de la fonction des institutions d'enseignement supérieur, mais aussi de rendre hommage à la discipline scientifique que s'imposent les collègues, à leur volonté de mettre à la disposition de la communauté académique les résultats de leurs débats, avec ce qu'ils comportent de critiques, d'interrogations pas encore complètement levées, mais, aussi, de propositions de réformes. En cela, les collègues jouent pleinement leur rôle, aptes à la contestation, mais ne s'y enfermant pas.

Les auteurs dont les articles figurent ici ne sont pas dupes des modes, ce qui leur permet de mieux argumenter sur les réformes nécessaires. On accuse parfois la réflexion universitaire d'être déconnectée des problèmes du terrain. Sans doute ne pourra-t-on pas faire un tel reproche à ce livre placé sous le signe de la recherche du concret et du réalisme.

Je ne saurais enfin tout à fait terminer sans faire mention de la convention qui lie l'Université de Savoie Mont Blanc et l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, dont les facultés de droit ont chacune été créées par le juriste Roger Decottignies, qui fut aussi le premier Président de l'Université Savoie Mont Blanc.

Que ces lignes nous permettent donc de nous tourner vers l'avenir et de souhaiter que chacun considère les Rencontres internationales Roger Decottignies comme l'un des « moments forts » d'échanges et de production scientifiques entre nos institutions universitaires, dans la rigueur des choix scientifiques et la recherche d'une haute exigence épistémologique. Il convient que de nouvelles rencontres ponctuent cette volonté de travail en commun, ce qui permettra d'élargir encore plus le champ de la réflexion à d'autres objets du savoir juridique et de la science politique.



Dessin réalisé pendant les journées des 4 et 5 mai 2016 par Banna Sadio, élève à l'école des Beaux-Arts de Dakar.



Mur extérieur de l'Institut français, Dakar, 2016.

Remerciements

La réalisation de cet ouvrage n'aurait pas été possible sans la

collaboration de l'ensemble des personnels techniques et administratifs, des enseignants et des étudiants de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, dont l'investissement dans les débats et l'accueil ont nourri, dans tous les sens du terme, les Rencontres internationales Roger Decottignies de mai 2016. Les coordonnateurs de cet ouvrage tiennent à les en remercier très chaleureusement.

Leur gratitude va également aux personnels administratifs et aux collègues de l'Université Savoie Mont Blanc qui ont encouragé, soutenu concrètement ou simplement permis cette première aventure, dont, au premier chef, le doyen Jean-François Dreuille et les auteurs des textes ici rassemblés. Cette collaboration aura une suite, à la fois à Dakar et à Chambéry, tel est le vœu le plus cher des deux coordonnateurs.

L'ambassade de France à Dakar a participé à la prise en charge d'un transport et soutenu, par la présence du chef du Service de coopération et d'action culturelle et directeur de l'Institut français, l'inauguration de l'exposition photographique en lien avec les rencontres. Le Laboratoire Triangle UMR 5206 ENS Lyon a également pris en charge les trajets et les enquêtes préparatoires de Frédéric Caille, à deux reprises. Enfin, les universités Cheikh Anta Diop de Dakar et Savoie Mont Blanc, par l'intermédiaire des budgets de relations internationales et de ceux de leurs facultés de droit, ainsi que par la signature d'une convention de partenariat et par l'implication de leurs laboratoires, le LERPDES de Dakar et le CDPPOC de Chambéry, ont également été des acteurs fondamentaux de cette collaboration. Que tous en soient bien chaleureusement, et solairement, remerciés.

Introduction et présentation du livre

FRÉDÉRIC CAILLE

Que peuvent bien signifier, se diront les lecteurs pressés, les termes « droit » et « histoire », accolés à ceux d'« énergie solaire » et d'« Afrique », alors même que pour beaucoup – élites africaines, experts occidentaux, grandes agences internationales – la seule question qui vaille aujourd'hui est celle des infrastructures et de la production énergétique globale de ce continent?

Les principaux éléments et acteurs du scénario désormais le plus communément proposé sont connus : des « autoroutes de l'énergie », des milliards d'ampères survolant les villages en direction des immenses mégapoles émergentes, des « compteurs intelligents » dont l'électricité s'écoule pièce par pièce, minute par minute, et quelques gigantesques centrales solaires à concentration ou photovoltaïques, en sus des inévitables centrales thermiques (et peut-être un jour nucléaires). Dans les versions les plus abouties s'ajoutent une poignée de « biodigesteurs » produisant du gaz à partir de matières organiques et un semis de petites installations photovoltaïques pour les zones les plus isolées.

« Scénario » et « récit énergétique » sont deux des termes-clefs sur lesquels s'appuie, au moins indirectement, le présent ouvrage. D'une manière certes sans doute encore très exploratoire, cahotante, il s'efforce de travailler aux fondations d'un autre « récit », d'une autre exploration, y compris par le regard rétrospectif, de l'avenir énergétique de l'Afrique. « Celui qui dit le passé dit le futur » : on

retrouvera plus loin cette proposition de problématique qui traverse et sous-tend toute la première partie de l'ouvrage.

Une telle entreprise n'en est pas moins complexe, même si on ne s'excuse pas de tracer un premier sillon. Et si les auteurs ici rassemblés souhaitent susciter l'intérêt et l'enrichissement des lecteurs, ils acceptent également le risque de proposer un regard un peu décalé, un regard différent des discours experts et para-étatiques aujourd'hui souvent dominants sur les questions d'énergie en Afrique. Pour quels résultats? La première moisson ne peut pas faire déborder les greniers. Mais elle indique une possibilité, et elle apporte, comme on le verra au travers de chacune des contributions, de multiples références, de précieuses sources de questionnement et d'enquêtes, d'abondantes graines de travail et d'approfondissement.

Car il est peu de champs de la connaissance qui réclament aujourd'hui autant d'efforts de décloisonnement des savoirs et de la réflexion que celui de « l'énergie ». Ce domaine, que l'on peut associer, comme cela est désormais le cas de manière croissante dans les pays anglo-saxons, à l'idée d'une « anthropologie de l'énergie », d'une « énergo-politique », rayonne en effet vers des directions de recherche fort diversifiées (Boyer, 2014).

Les premières touchent au statut même, et pour ainsi dire presque « ontologique », des questions de production énergétique dans les sociétés modernes, à leurs liens à certains types de sciences et de savoirs, à leurs entrelacements aux imaginaires comme au visible et à l'invisible des mondes sociaux et individuels, à leurs places, en un mot, dans nos vies en ce qu'elles ont de plus collectif et de plus personnel. Les secondes, qui renvoient plus directement au cadre des sciences sociales et juridiques, concernent la gouvernance concrète de ces productions et de ces appareillages énergétiques, et à leurs conséquences à court et moyen termes, tant en ce qui concerne l'être humain que la planète tout entière.

Comme beaucoup d'autres choses importantes, chacun de nous, simple citoyenne ou citoyen, étudiante et étudiant, universitaire d'Afrique ou d'Europe, sait parfaitement cela.

En même temps que, comme pour beaucoup d'autres choses importantes, chacune et chacun de nous s'efforce tout aussi vite de l'oublier.

Le droit comparé de l'énergie et la sociohistoire de l'énergie

solaire en Afrique de l'Ouest, et en particulier au Sénégal, comme veut le suggérer le présent ouvrage, sont des moyens de tenter de lutter contre cet état de fait.

Est-ce à dire pour autant que les lecteurs auraient affaire à un « produit académique pas comme les autres », sinon même à quelque OJNI (Objet Juridique Non Identifié) dont la finalité échapperait, en définitive, au plus grand nombre? Osons une réponse assez convergente avec la nature des réflexions proposées, c'est-à-dire « oui et non »... Ou, si l'on préfère, de la même manière que le « droit de l'énergie solaire », ou « le droit de l'énergie » en général, ne sont demeurés que des appendices circonstanciés d'autres grands domaines du droit (droit des biens, des servitudes, des collectivités publiques, etc.), ils réclament aujourd'hui, et plus que jamais, chacun s'en aperçoit, une approche et une urgence normatives spécifiques, originales, et à certains égards radicalement novatrices.

De ce fait, le soleil, énergie nouvelle, fait son entrée dans le droit positif. L'utopie d'aujourd'hui sera rapidement la réalité de demain. L'utilisation croissante de l'énergie solaire va entraîner la création d'un droit nouveau : le droit solaire (Prieur, 1979).

Le professeur de droit public Michel Prieur écrivait déjà ces lignes il y a bientôt quarante ans. Mais comme le soulignent plusieurs des auteurs ici présents, au Sénégal comme en France, un long chemin reste encore à parcourir.

Le doyen Mamadou Badji est l'un des premiers à évoquer fortement dans son texte cette situation assez particulière à l'objet ici envisagé, à savoir celui de l'énergie, « la force en action », la force qui permet de faire, et qui à cet égard détermine les « conditions de vie », c'est-à-dire, pour le juriste, non pas seulement de la simple survie, mais d'une vie digne.

Mamadou Badji relève et détaille ainsi, d'un côté, la convergence des actions déjà engagées de l'État et du secteur privé dans la promotion des énergies renouvelables au Sénégal, c'est-à-dire la construction déjà entreprise d'une normativité solaire propre que décrivent également plusieurs des autres communications. Mais, en historien et théoricien de l'État de droit, le doyen Badji s'inscrit par ailleurs, d'un autre côté, résolument dans les pas de la doctrine qui en appelle à une véritable codification particulière du droit « à » et du droit « de » l'énergie. « Le droit de l'énergie solaire est encore à

construire », souligne-t-il ainsi, à juste titre, et « l'autorité normative n'encadre pas suffisamment les comportements (...) pour assurer un accès minimum d'énergie à chacun et à moindre coût, dans la pérennité et le respect de l'environnement ».

Quelle meilleure illustration pourrait-on trouver du fait que le présent livre « est » et « n'est pas » un livre de droit ou de doctrine traditionnel? Qu'il est un livre d'appel, de semences normatives autant que de premiers et solides repérages? Sa part historique et sociologique se veut éclairante et stimulante de l'importance de conduire un travail juridique renforcé sur le solaire, en France comme au Sénégal, un travail orienté vers la préservation de la planète et l'émancipation de tous ses habitants.

Il convient donc d'accepter, répétons-le, le risque d'être un « OJNI » (Objet Juridique Non Identifié), comme le font d'ailleurs d'autres juristes, trop minoritaires ou isolés encore, hélas, tels que les participants au projet « Quel droit pour sauver le climat? » conduit par Mathilde Hautereau-Boutonnet dans l'année qui a suivi nos rencontres solaires de Dakar, un projet très convergent avec l'esprit de ces dernières.

Certes, on le sait, face au changement climatique, c'est tout un modèle social qui est à revoir. Le droit n'y suffira pas, il n'est qu'un instrument du "changement" parmi d'autres. Mais, force de régulation sociale, susceptible donc d'influencer et modeler les comportements sociaux dans ce domaine, il ne peut être ignoré et doit même être davantage mis en avant, sollicité et encouragé. (...) Lire, comprendre et mettre en évidence la manière dont le droit appréhende, peut appréhender, et pourrait appréhender le réchauffement climatique, c'est fournir à ses éventuels "utilisateurs" les armes dont ils peuvent disposer (Hautereau-Boutonnet, 2018 : p. 1).

On ne saurait mieux dire ici, sachant que le « droit de l'énergie solaire » est un peu à celui « du climat » ce que l'œuf est la poule, ou l'inverse, c'est-à-dire deux moments d'une même existence et d'une même finalité.

Le texte de Bruno Legendre, qui ne put malheureusement être physiquement présent aux journées de Dakar, ouvre de manière très significative la présente publication, et il en justifie sans doute presque à lui seul les principales ambitions.

Texte de terrain, fruit d'une expérience plus que trentenaire dans

les campagnes sénégalaises, il offre un diagnostic connu de nombre des habitants du pays, mais un diagnostic trop souvent éludé, ou dissimulé, dans les publications officielles et les expertises des grands bailleurs internationaux. Il s'agit d'un diagnostic sévère sur l'entretien, les choix technologiques et les possibilités d'initiatives des acteurs locaux et de la société civile en matière d'énergie solaire au Sénégal. Mais il s'agit d'un diagnostic d'avenir et d'espoir également, tant il valide le potentiel solaire qui inonde le pays, et que seuls les folies et les égarements des humains laissent encore se perdre, dilapidant en retour des milliers d'espoirs, de vies, de jeunesses. Gardons ces phrases de l'expert qu'est Bruno Legendre :

Le cadre légal, réglementaire et contractuel est riche de dispositions qui devraient encourager à investir dans les énergies renouvelables à tous les niveaux. Théoriquement, la voie est ouverte pour que la production d'énergie renouvelable sur le réseau interconnecté ne soit plus limitée aux seuls grands projets de centrales photovoltaïques.

Il l'écrit mots à mots : le cadre légal et réglementaire est prêt, prévu, écrit. Mais il dort sous la poussière des dossiers, comme si l'on craignait quelque chose à « libérer les initiatives qui pourraient profondément transformer les conditions d'accès à l'énergie, en termes de coûts, de durabilité, d'accessibilité ». Il arrivera bien un moment où la jeunesse se lassera de cette attente, et c'est l'objectif du présent ouvrage que de lui faire découvrir, ainsi qu'à toute la société civile sénégalaise, certains des outils normatifs et argumentaires qui pourront aider à « réveiller le soleil ».

Un effort important a été mis de ce point de vue dans le présent livre sur l'accessibilité des données aux non-spécialistes, à l'effort de ne pas parler qu'aux initiés, en particulier du point de vue juridique. Bien qu'il s'agisse en effet d'un principe républicain fondamental, en France comme au Sénégal, la « langue du droit », hélas, reste trop encore le monopole d'une petite caste d'exégètes autorisés (Robin, 2000). En matière énergétique, alors que s'y décide peut-être le sort de l'humanité toute entière, ce fut l'un des objectifs prioritaires de ces premières rencontres franco-sénégalaises que de tenter d'aller plus loin, et les lecteurs mesureront, souhaitons-le, qu'il a été pour partie atteint.

L'article conjoint du professeur de droit public Jean-François Joye et du docteur en droit public Baba Aliou Thiam offrira de

ce point de vue aux néophytes un aperçu synthétique rare et assez exceptionnel du droit positif de l'énergie solaire dans les deux pays considérés. Bien au-delà du seul droit de l'urbanisme ou de la construction, c'est en effet à un parcours extrêmement soigneusement référencé, et dans lequel on trouvera largement de quoi aller plus loin, que les deux auteurs nous invitent de concert. On ne manquera d'ailleurs pas de souligner pour ce texte la qualité d'une collaboration dans le travail d'écriture et de réflexion que les distances géographiques ou de statut pouvaient paraître rendre à première vue improbable, et dont tous ceux qui écrivent savent combien elle est difficile à réussir, même entre collègues de bureau.

Sur le fond du propos, il faut laisser à chacun le soin de conduire sa lecture et sa cueillette. Mais s'étonnera-t-on, par exemple, que le droit sénégalais, encore assez lacunaire sur la réglementation préalable et l'encadrement réglementaire incitatif au développement de l'énergie solaire, ait par contre assez clairement et déjà très explicitement anticipé un certain nombre de sanctions ? Il est ainsi dit que sera puni d'un emprisonnement de un à trois ans, et jusqu'à 30 000 euros d'amende, quiconque aura exercé sans autorisation ou licence préalable « une activité de production et de commercialisation d'énergie renouvelable »...

Puni de vouloir sauver le climat, la planète ? Puni de vouloir réduire un peu la gigantesque fracture de la pauvreté énergétique qui traverse la société sénégalaise ?

L'énergie, domaine régalien par excellence, puissance de l'État, est encore trop peu comprise comme source de vie. Comment ne pas percevoir dès lors qu'au-delà du droit positif, on touche ici à des enjeux civilisationnels et de philosophie politique profonde ? L'État, pour garantir son monopole, pour préserver la répartition des rentes qu'il assure, irait-il, s'il le pouvait, et comme l'avait écrit le grand économiste Keynes dès 1930 à propos de la dynamique des premiers « capitaines d'industrie », jusqu'à « éteindre le soleil » ? « We are capable of shutting off the sun and the stars because they do not pay a dividend » (Keynes, 1933).

Avec l'article du doyen et spécialiste de droit privé Jean-François Dreuille, on comprendra un peu des logiques qui traversent et travaillent le droit en matière d'installations solaires privées. Nature et obligations du propriétaire des supports et des terrains, ou de l'exploitant des convertisseurs énergétiques, nature du « bien » ou de

la « chose » solaire, dont le produit peut « se vendre », mais que l'on ne peut pas « voler » (!), sécurisation des matériels, de la continuité de l'ensoleillement ou des investissements, qualification du revendeur et de la revente électrique, etc. : les problématiques et enjeux de définition juridiques, on le comprendra mieux que jamais, déterminent en creux des « espaces sociaux de possibles ».

Les juristes ne s'en étonneront certes pas. Mais les non-juristes, pour leur part, pourront y percevoir, sur une matière encore évolutive et malléable, les effets fortement « performatifs » du droit, la « force du droit » avait dit il y a quelques années le sociologue Pierre Bourdieu, tant du point de vue des solutions retenues pour le règlement des litiges, que de celui de l'encadrement légal et réglementaire (Bourdieu, 1986).

Le « droit du soleil », le « droit du solaire », pas plus qu'aucun autre, ne peut se satisfaire du vide, et la lecture de ce livre révélera à chacun combien le droit, faute que le législateur ou les gouvernements ne les lui proposent, invente, ou inventera toujours, ses solutions. À ce titre, quand bien même la démonstration de Jean-François Dreuille est centrée sur le droit français, on peut espérer qu'elle puisse participer à l'ouverture des débats et des réflexions qui, selon le principe « à mêmes situations mêmes questionnements », ne vont pouvoir de manquer de s'ouvrir très vite aujourd'hui au Sénégal, avec la multiplication des installations de productions solaires.

Inspirée souvent par la législation internationale, mais pas seulement, comme le montre l'article du professeur de droit public Ibrahima Ly, la loi sénégalaise n'est pas restée indifférente aux enjeux énergétiques. De nouveaux projets sont apparus, de nouveaux engagements ont été pris récemment. Mais après avoir parcouru la partie historique de notre ouvrage, les lecteurs pourront avoir le sentiment d'une reprise, de relire de vieilles pages. « L'approvisionnement des ménages urbains et ruraux en énergies de cuisson, en veillant à la préservation des ressources forestières », « la promotion du biogaz », les vues et plaidoyers exposés dès les années 1960 par les professeurs Masson ou Moumouni semblent toujours, sinon plus que jamais, être d'actualité... On apprendra également, en lisant le professeur Ly, entre inquiétude et incompréhension, que la construction de trois centrales au charbon est programmée au Sénégal, le pays du soleil perpétuel.

De manière très complémentaire, et très claire et complète à

nouveau, c'est du cadre institutionnel et conventionnel international, de la « *soft law* » des énergies vertes et de l'atténuation du changement climatique mondial, que la contribution de Mohamed Daffé retrace les contours et les attendus. Le Sénégal, en retiendra-t-on d'abord, a plus d'un mécanisme international à sa disposition sur lequel s'appuyer et où venir puiser des outils, des inspirations, et peut-être aussi, certaines ressources de financement. Dispositifs concrets, vœux pieux? On sait que les grands organismes eux-mêmes, et l'ONU au premier chef, n'ont cessé de prendre acte, depuis près de soixante ans, de l'échec de leurs multiples objectifs, de leurs multiples conventions et organismes concernant l'aide au développement. Sans cesser pour autant de remettre, sous d'autres termes, d'autres acronymes, l'ouvrage sur le métier.

On découvrira dans cette communication, à l'échelle internationale, et maintenant à celle régionale de l'Afrique de l'Ouest, une nouvelle multitude de ces conventions et organismes. Et l'on pourra vérifier que l'énergie solaire n'a pas échappé à ce mouvement « d'affichage et de réaffichage », car pressentie et même annoncée comme vitale dès le milieu des années 1960 par des scientifiques africains tels que le Nigérien Abdou Moumouni Dioffo, auquel sont consacrés plusieurs chapitres composant la dernière partie du livre, ou le grand chercheur sénégalais Cheikh Anta Diop. Les lecteurs non spécialistes des institutions internationales apprendront même que, instruit de ce passé, le plus vaste et le plus généraliste des programmes adoptés par l'Union africaine en 2014, se porte et se présente désormais, à plus d'une génération humaine, comme un « Agenda 2063 »! Ce qui garantit au moins, il faut le reconnaître, que pas mal des lecteurs du présent ouvrage, et à coup sûr beaucoup de ses auteurs, ne pourront en constater ou évaluer le bilan.

Ce bilan sera-t-il d'ailleurs vraiment solaire? Sera-t-il vraiment « décarboné »? Totalement, partiellement?

À voir, y compris dans les milieux académiques sénégalais pourtant les plus à même d'en saisir les enjeux et les implications, les espoirs associés aux découvertes récentes d'hydrocarbures au large des côtes du Sénégal, ainsi qu'à la possibilité de leur contrôle « juridique et démocratique » (sic), comme nous avons pu l'entendre affirmer dans un colloque récent, on se gardera, hélas, de tout pronostic trop ensoleillé. On voit mal, en tout cas, que les objectifs climatiques, les objectifs de préservation écologique, les objectifs de réduction

des émissions de pollutions, et les objectifs de développement de la production et de la distribution énergétiques, y compris aux populations les plus modestes, puissent être réalisés, au Sénégal comme ailleurs, par le biais de l'énergie emblématique du siècle passé, puisque c'est bien elle-même qui, de plusieurs de ces dérèglements, s'est trouvée être directement la cause.

À charge, tant à la société civile qu'aux élites de France, du Sénégal, du monde, de s'en convaincre. Pour ne pas que, en miroir du slogan français de l'Agence nationale pour les économies d'énergie en 1976, « En France, on n'a pas de pétrole, mais on a des idées », l'Afrique ne se dise un jour : « En Afrique, on a du soleil, et beaucoup de normes et d'institutions pour réfléchir à comment ne pas l'utiliser »...

Diagnostic trop sévère, excessif à nouveau? L'article du jeune Babacar Sarre, sur le sujet technique, mais aussi ô combien tabou des « taxes du soleil », amène hélas un certain nombre d'arguments en ce sens. Ces arguments mériteront sans doute d'être revisités, complétés et discutés, mais ils posent déjà l'existence d'un « lieu fiscal » où se joue, au travers des taxes d'importation et des autorisations techniques de mise sur le marché, bien autre chose que la simple protection des consommateurs sénégalais. Se priver des possibilités d'importation des matériels nécessaires à l'électricité photovoltaïque alors que certaines usines mondiales en débordent, est-ce un choix délibéré ou le résultat de stratégies commerciales hasardeuses, sinon d'amitiés de l'ombre? Aux universitaires et associations de la société civile de mener l'enquête, de poursuivre aussi l'effort d'information juridique sur les droits et devoirs de chacun, alors que plusieurs des participants aux journées de Dakar ont pu témoigner de leur expérience personnelle des embûches persistantes à l'implantation à usage individuel de petites unités de production sur le sol sénégalais. Monopole d'État et prérogative régaliennne, la France elle aussi n'est pas exempte de ce type de tentation du « tout-contrôle », et c'est peu après nos journées de Dakar, au cœur de l'été, qu'est apparu un décret d'obligation de déclaration dans l'ancienne Gaule des installations de production énergétique individuelles, même d'infime puissance.

La société civile sénégalaise, à savoir la population dans son engagement et sa politisation des questions énergétiques, se trouve au cœur de l'article de Jean-François Havard, qui apprendra beaucoup à tous ceux et celles qui ignorent la vitalité civique et l'ouverture

aux problématiques sociopolitiques de la jeunesse sénégalaise. Il y a de l'énergie au Sénégal, et pas que dans le ciel : dans les esprits et les cœurs aussi. Cette belle démonstration rappelle indirectement combien il faut souhaiter que l'énergie humaine trouve à s'exprimer positivement, ce à quoi l'information juridique et la connaissance du débat sur les potentialités du solaire auxquelles veut participer le présent ouvrage peuvent directement contribuer.

Les connaissances technologiques et scientifiques n'en doivent pas être ignorées pour autant, bien entendu, et l'on découvrira sur ce point avec beaucoup de profit plusieurs des riches textes ici proposés. La « technoscience », comme on dit souvent aujourd'hui, est une matière et un ensemble de problématiques qui devraient s'inviter dans toutes les facultés de droit, d'un côté ou de l'autre du Sahara, ainsi que l'on pourra s'en convaincre avec la communication du professeur de physique de Dakar spécialisé en énergie solaire, Grégoire Sissoko. En contrepoint et en prolongement du témoignage de Jean-Pierre Girardier, pionnier français et d'une autre génération du solaire au Sénégal, un scientifique africain nous fait partager les défis de la recherche solaire actuelle sur le continent.

Des choses ont changé, changent, sur le solaire, sur les possibilités d'y former les jeunes générations, mais lesquelles? Les lecteurs pourront commencer avec nous une enquête qui reste largement à poursuivre, avec l'évocation sous forme de récit photographique d'Alexandre Mouthon du retour au CERER de Jean-Pierre Girardier et des traces de ses travaux, puis avec la mise en perspective des « innovations » ou « non-innovations » technologiques en matière d'énergies vertes au Sénégal depuis les années 1950 proposée par Frédéric Caille.

Cette enquête des lecteurs, quels qu'ils soient, et même juristes, ne peut manquer de passer par la troisième partie de l'ouvrage, une partie complémentaire des journées de Dakar et tout entière vouée à l'évocation d'un travailleur du solaire voisin et ami du Sénégal, où il enseigna, à savoir le professeur de physique nigérian Abdou Moumouni Dioffo (1929-1991). Son texte de 1964 « L'énergie solaire dans les pays africains » reste en effet un bréviaire inégalé d'un projet énergétique orienté prioritairement vers les populations et les énergies immédiatement disponibles. Un condensé simple de ce que le solaire peut faire aux femmes et hommes d'Afrique, accessible à tous, souvent éclairant et stimulant même pour ceux qui ne se sentent

pas la fibre physicienne, et dont le soleil quotidien est moins constant et moins vif qu'en dessous du 30^e parallèle. Les deux coordonnateurs de ces actes sont fiers de pouvoir rééditer ce texte ici, accompagné des indispensables compléments que sont les analyses et témoignages de son ancien collaborateur, ingénieur et professeur puis directeur de l'Office nigérien de l'énergie solaire, Albert-Michel Wright, au fil d'un hommage à l'homme, puis d'un texte de séminaire de réflexion sur les énergies renouvelables en Afrique de l'Ouest, jamais édité et prononcé à l'Université Gaston Berger de Saint Louis du Sénégal en 2009. D'autres témoignages sont proposés dans la biographie réflexive et précise de l'homme et de son parcours que nous donne pour finir Salamatou Doudou, un peu à l'écart de ses propres thématiques de chercheuse et doctorante au Niger, mais en jeune citoyenne de la grande Afrique.

Intégrer les limites planétaires dans sa vision du monde, interroger son rapport au progrès, à la croissance économique : c'est une vraie difficulté. Cette réticence s'exprime dans toutes les strates de la société, y compris parmi les scientifiques de nombreux domaines...

Il n'est pas que des sciences de la terre, il en est aussi des hommes et de la société, et ces dernières phrases de la paléoclimatologue et coprésidente du groupe 1 au sein du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), Valérie Masson-Delmotte (Le Monde, 27/11/2015), pourraient sans doute valoir pour les sciences de la justice et du droit. « La justice énergétique », « le droit à l'énergie », il est encore plusieurs notions fondamentales en lien avec un « droit du climat », ou même « un droit de la biosphère », qui demeurent à explorer, et qui ne sont sans doute pas encore assez présentes dans ce premier recueil de semences... Elles sont d'ailleurs à peine traduites en français, il faut le reconnaître, alors même que certains de nos collègues anglophones se sont déjà lancés dans l'exploration systématique des conséquences d'une *Global Energy Justice* (Sovacool et Dworkin, 2014), ou des liens entre *International Energy and Poverty* (Guruswamy et Neville, 2016).

L'énergie, comme le soleil, est notre bien commun. Mais elle est encore, par exemple, presque totalement absente d'un récent et volumineux *Dictionnaire des biens communs*, à tonalité pourtant très juridique, et paru dans une maison d'édition universitaire française de référence (Cornu, Orsi et Rochfeld, 2017). On n'y trouvera pas

d'article sur « énergie », ni « soleil », « vent », « bois », « électricité », a fortiori « pétrole », « uranium » ou « gaz ». Bien entendu, seules « l'eau » et la « forêt », et encore bien peu dans leur dimension de production de force motrice, s'y trouvent évoquées. Et pourtant quels autres exemples de plus belles « choses communes » issues du ciel ou du sol?

Ne rien faire, c'est faire; ne rien dire, c'est dire; ne pas avoir d'opinion politique, c'est en avoir une : cette leçon est ancienne et particulièrement adaptée à ces questions complexes, nous le disions au début, que sont les questions d'énergie. La question de l'énergie est partout dans nos vies, mais, du moins jusqu'aux sombres nuages récents des périls de changements climatiques, nous ne la questionnons en définitive que très peu.

Il est important pour l'avenir de nous en ressaisir, de questionner le doigt qui nous montre où regarder, aurait dit Michel Foucault, ou les *energopolitics* américaines qui lui empruntent beaucoup, de nous souvenir que « le regard, c'est le savoir et le pouvoir », et qu'il est urgent de refaire de chacune et de chacun de nous des « sujets » de l'énergie et non plus des « objets » passifs des politiques énergétiques. Dans le domaine de l'énergie solaire il n'y a pas seulement, loin de là, pour reprendre l'expression titre du stimulant petit opuscule du journaliste dakarais Mamadou Seck, « l'Afrique qui traîne le pas » (Seck, 2014).

Mais nous tous.

Il reste donc matière à continuer de travailler à la fois en droit, en histoire et en sciences sociales sur l'énergie solaire au Sénégal, en France et ailleurs, et à organiser de nouvelles et chaleureuses rencontres dans le cadre de la belle coopération universitaire franco-sénégalaise dont est issu cet ouvrage. Avec mon ami et collègue le doyen Mamadou Badji, je forme tous les vœux nécessaires pour que nos lecteurs en apprécient ici le fruit.

Références

- Bourdieu, Pierre. 1986. « La force du droit (Éléments pour une sociologie du champ juridique) ». *Actes de la Recherche en Sciences sociales* 64 (1): 3-19. doi.org/10.3406/arss.1986.2332
- Boyer, Dominic. 2014. « Energopower: An Introduction ».

- Anthropological Quarterly* 87 (2): 309-33. doi.org/10.1353/anq.2014.0020
- Cornu, Marie, Fabienne Orsi, et Judith Rochfeld. 2017. *Dictionnaire des biens communs*. Quadrige. Paris: Presses universitaires de France.
- Guruswamy, Lakshman D, et Elizabeth Neville, éd. 2016. *International Energy and Poverty: The Emerging Contours*. London and New York: Routledge. https://nls.ldls.org.uk/welcome.html?ark:/81055/vdc_100025934169.0x000001
- Hautereau-Boutonnet, Mathilde, éd. 2018. « Quel droit pour sauver le climat? » Université Jean-Moulin Lyon III. facedroit.univ-lyon3.fr/quel-droit-pour-sauver-le-climat-1132599.kjsp
- Keynes, John Mayard. 1933. « National Self-Sufficiency ». *The Yale Review* 22 (4): 755-69.
- Prieur, Michel. 1979. « Le droit public solaire en France ». *Revue juridique de l'Environnement* 4 (4): 253-76. doi.org/10.3406/rjenv.1979.1497
- Robin, Cécile. 2000. *La langue du procès*. Clermont-Ferrand; Paris: Presses universitaires de la Faculté de droit de Clermont-Ferrand; LGDJ.
- Seck, Mamadou. 2014. *Énergie solaire. L'Afrique traîne le pas*. Dakar: Les Éditions Maguilen.
- Sovacool, Benjamin K, et Michael H Dworkin. 2014. *Global Energy Justice: Problems, Principles, and Practices*. Cambridge: Cambridge University Press.

Histoire de l'énergie solaire au Sénégal

1

Trente années d'espoir

BRUNO LEGENDRE

Personne n'en disconvient plus, l'énergie solaire représente une source d'énergie extraordinaire et les technologies qui permettent de la convertir en électricité, tout comme les systèmes qui en optimisent l'utilisation pour la mise en œuvre, en n'importe quel endroit, de services d'eau, d'électricité, de communication ou de santé de qualité, sont devenus fiables et performants.

Malgré tout, après plus de trente années de promotion à grande échelle dans ses diverses applications, qui ont vu au Sénégal installer des dizaines des milliers de systèmes d'éclairages public ou domestiques et de pompage (en 2014 installés ou en cours d'installation 65 000 systèmes familiaux, 1 500 systèmes communautaires, 5 500 lampadaires, 200 centrales hybrides et 110 systèmes de pompage pour une puissance totale dépassant 12 MWc) (Nodalis 2014), l'utilisation de l'énergie solaire se développe peu, et souvent bien mal, accumulant des contre-références qui confortent la prudence des esprits sceptiques.

L'histoire de l'énergie solaire au Sénégal est émaillée de

gaspillages éhontés et, au final, d'une désolante inefficacité face au potentiel de production d'énergie qu'elle représente dans un pays sahélien, face aux attentes de plus en plus vives qui lui sont adressées pour une véritable amélioration des conditions de vie, et face aux enjeux d'une stratégie de développement national résolument orientée vers la décentralisation des activités économiques.

Il est dès lors logique de se demander si ces attentes ne devraient pas être transcrites sous forme de « droits » : si la pertinence de la solution technologique n'a plus à être prouvée, alors le « droit à en bénéficier » doit, encore, définitivement, être promu.

Un « droit », pour être revendiqué, doit s'appuyer sur une raison forte. Le « droit général à l'énergie » repose sur un ensemble de droits, humains, économiques, écologiques, et sociaux avec lesquels il est en cohérence. Il s'agit du droit à avoir des conditions de vie décentes, du droit au travail, du droit à accéder à des services de santé et d'éducation de qualité, du droit à l'eau potable, du droit à un environnement sain, du droit à participer au développement national et à bénéficier d'une redistribution équitable des richesses et bienfaits qu'il génère.

Un « droit » se réfère par ailleurs à un cadre réglementaire et contractuel, qui ne se contente pas de l'énoncer, mais qui oblige à le respecter.

Reconnaître un droit implique pour l'État le devoir d'investir pour le rendre accessible, de façon équitable et durable à tous.

L'énergie solaire n'est pas simplement une source d'énergie parmi d'autres. Elle est dotée de trois grandes qualités : elle est renouvelable, elle est décentralisée, et les technologies qui permettent de la mobiliser sont fiables.

On pourrait y ajouter que les développements récents l'ont sortie d'un isolement qui la réduisait à des installations de petite puissance : elle a appris à s'intégrer dans n'importe quel système et plus aucune dimension ne l'effraie désormais.

Parce qu'elle est durable, accessible à tous, intégrée dans son environnement, le « droit à l'énergie » ne peut être réalisé sans elle.

Et pourtant, l'énergie solaire au Sénégal est dans une situation de « non-droit ». Les dispositions réglementaires qui ont été conçues pour la promouvoir ne sont pas appliquées et sont même largement

ignorées du public. Il sera difficile à l'État, dans ces conditions, de réaliser son objectif d'accès universel à l'électricité à l'horizon 2025.

Quels sont donc, alors, les différentes facettes de ce « droit à l'énergie solaire »?

Le droit à la pérennisation des investissements

Alors qu'on devrait y investir, de façon responsable et déterminée, l'énergie solaire continue à faire l'objet de « projets » dont les réalisations n'ont jamais été durables, faute d'entretien.

Nettoyer des panneaux solaires, cela ne semble pas grand chose.

Cela se fait en général régulièrement sur les stations de pompage, car on paie quelqu'un pour le faire. On l'oublie souvent sur une installation domestique, surtout lorsqu'ils se trouvent sur une toiture, peu visibles. Et, à voir la couche de poussière qui les recouvre en saison sèche, on ne le fait à l'évidence jamais lorsqu'il s'agit d'éclairages publics... On pourrait évoquer, de la même façon, l'entretien des batteries.

On en vient parfois à une solution radicale : sans état d'âme, on abandonne l'énergie solaire.

C'est le sort de lampadaires, par exemple, lorsqu'ils occupent des emplacements trop visibles, comme ceux qui jalonnaient la route des Almadies à Dakar, desserte, à la fois, d'une zone résidentielle et de l'aéroport.

Mais ce n'est là qu'un symptôme, tellement banal qu'il n'a eu d'ailleurs aucun écho dans la presse, d'un mal beaucoup plus profond.

Des milliards de francs CFA partent ainsi en fumée dans l'indifférence la plus totale. Sauf, on l'imagine, dans celle de ceux qui voient annihilés leurs rêves d'amélioration de vie : mais ceux-là sont sans voix...

Le « Projet sénégal-allemand Énergie Solaire » a organisé l'acquisition, à crédit, d'environ 4 000 systèmes en 10 ans par des familles rurales. En 2000, à l'occasion d'un atelier final au Novotel de Dakar, ses promoteurs ont été interrogés sur la façon dont avaient été renouvelées les batteries, certainement au moins une fois en moyenne au cours de cette période. Mais cette question, pourtant posée à plusieurs reprises, a été savamment esquivée.

La raison en est simple : ce défi-là n'avait pas pu être relevé, et plutôt que de partager l'expérience en toute transparence et d'inviter à une réflexion sur les obstacles à surmonter, on a préféré cacher ce qui devenait la honte d'un échec magistral...

Une enquête réalisée quelques mois plus tard auprès de la centaine d'utilisateurs qui avaient été les tous premiers à bénéficier de ces installations a montré que seulement 10 % d'entre eux disposaient encore d'une installation en fonctionnement : les batteries coûtaient trop cher.

Les utilisateurs ont choisi, pour les remplacer, des batteries de démarrage bon marché voire même des batteries d'occasion. Celles-ci ne tenaient pas bien la charge, alors ils ont enlevé les régulateurs, et puis, comme plus rien ne marchait bien, ils ont abandonné....

C'est finalement une capacité de production de 200 kWc, que l'on continue à comptabiliser dans les statistiques nationales, qui est probablement perdue...

Au cours de la décennie qui a suivi, l'Agence Sénégalaise d'Électrification Rurale (ASER), qui avait entre temps été créée, s'est orientée vers la contractualisation d'opérateurs privés qui participeraient à l'investissement et prendraient en charge l'entretien et le renouvellement des installations, moyennant une rémunération, par les utilisateurs, du service ainsi rendu.

C'est ainsi que la gestion des 10 000 systèmes photovoltaïques de 50 Wc installés dans le département de Foundiougne un peu avant 2005, a été confiée à une entreprise privée, chaque utilisateur devant s'acquitter d'un montant forfaitaire de 4 125 francs CFA par mois (6,2 euros, soit 8,6 % du salaire minimum mensuel).

Combien de ces systèmes sont-ils encore fonctionnels?

Hélas, une étude réalisée quinze ans après la fin du Programme Spécial Énergie, montre que l'on n'a pas fait mieux : il faut se rendre à l'évidence que moins de 10 % des installations sont encore en état de fonctionnement, et que l'on n'a pas davantage eu le courage d'affronter la réalité en face, puisque le contrat de l'opérateur n'a même pas été résilié (IED/Performances 2015b).

Mais cette fois-ci l'échelle a doublé : c'est un investissement de 4 milliards de francs CFA (6 millions d'euros) et une capacité de production de 500 kWc qui ont été perdus.

Il ne suffit pas de contracter un opérateur et de faire payer aux usagers le service qu'il doit mettre en œuvre.

Les usagers du département de Foundiougne ont largement respecté leurs devoirs envers l'opérateur, mais on ne s'est pas donné les moyens d'exiger de celui-ci le strict respect de dispositions contractuelles énonçant clairement les objectifs de performance et la qualité du service attendus.

L'expérience de ces vingt années n'a sans doute pas été suffisamment amère.

L'Agence Nationale de promotion des Énergies Renouvelables (ANER) se prépare ainsi à son tour à doter un millier de postes de santé ou d'établissements scolaires de générateurs photovoltaïques de 1 kWc.

Ils pourront ainsi bénéficier d'un approvisionnement en énergie de qualité, leur permettant d'avoir accès à internet et de disposer de ventilateurs et de réfrigérateurs.

Mais suffit-il qu'il soit de qualité pour être durable? L'ANER aurait assuré une visibilité durable de cette action de promotion de l'énergie solaire si elle l'avait inscrite dans les dynamiques d'électrification rurale en cours, y associant les opérateurs de services d'électricité présents désormais un peu partout à travers le territoire national sous la supervision de l'ASER.

Elle a retenu, au contraire, de ne s'appuyer, pour l'entretien de ces équipements, que sur des jeunes qui auront été rapidement formés au moment de leur installation.

Qu'advient-il de cette nouvelle capacité de production, qui s'élève cette fois-ci à plus de 1.000 kWc?

Le « droit à la pérennisation des investissements », corollaire du « droit à une amélioration durable des conditions de vie », relève du principe de redevabilité dans la gestion des financements publics, fondement majeur de la réforme en cours de la gouvernance de l'État.

Le droit à l'évolution technologique

Comme pour toute autre ressource, l'exploitation de l'énergie solaire se trouve confrontée à des contraintes qui lui sont spécifiques

et qui peuvent constituer une limite à son utilisation : deux d'entre elles sont souvent présentées comme des handicaps.

La première, c'est que, étant intermittente, elle doit être stockée (dans des batteries, dans le réseau interconnecté ou sous d'autres formes telles que énergie hydraulique, hydrogène, volant d'inertie, etc.).

La seconde, c'est qu'elle demande un important investissement en capital, qui vient altérer l'avantage, entre autres, de ne plus dépendre d'un approvisionnement en carburant dont les modalités et le coût deviennent de plus en plus aléatoires.

L'utilisation de l'énergie solaire s'est donc longtemps trouvée cantonnée dans la fourniture de petites quantités d'énergie, en général au niveau de localités dépassant rarement 1 500 habitants.

À partir de 2005, la vulgarisation de nouvelles technologies de gestion intelligente des systèmes énergétiques a permis le développement de solutions hybrides, aussi bien pour le pompage que pour l'alimentation de réseaux électriques autonomes : elles allient l'indépendance et la fiabilité des générateurs solaires à la puissance et la souplesse d'utilisation des groupes électrogènes thermiques.

En outre, la volonté affirmée alors de promouvoir une production locale de biocarburants, ouvrait la perspective de pouvoir disposer en tout lieu, à tout instant, d'une quantité quasiment inépuisable d'énergie renouvelable pour alimenter les différentes composantes de ces systèmes : notamment, à partir de 2007 au Sénégal, avec l'objectif de valorisation de l'huile contenue dans les graines de *Jatropha curcas*, dont les caractéristiques sont très proches de celles du gasoil.

Rien ne devrait empêcher, dès lors, de répondre à la demande de plus en plus pressante en énergie formulée non seulement par les usagers domestiques, mais également par les acteurs économiques des centres isolés, ni au besoin urgent de sécurisation de l'alimentation en eau des systèmes de desserte multi-villages, beaucoup trop dépendants aujourd'hui d'un approvisionnement en énergie fossile.

Dans le seul secteur de l'hydraulique rurale, le potentiel est énorme : un tiers des générateurs qui équipent le parc de 1 500 forages en exploitation est arrivé en fin de vie et doit être renouvelé. Si l'obstacle au remplacement des systèmes thermiques existants par des solutions hybrides est le surcoût initial engendré

par cette option, alors n'est-ce pas là une superbe opportunité pour l'ANER de promouvoir l'énergie solaire, par exemple en bonifiant le taux d'intérêt sur les financements à mobiliser ou en encourageant les synergies dans le développement de services d'eau et d'électricité utilisateurs de la même source d'énergie et des mêmes technologies?

La contribution potentielle de l'énergie solaire au développement national s'étend bien au-delà de l'utilisation qui en est actuellement faite.

Mais on se cantonne dans une vision sectorielle, figée, de l'électrification rurale, se référant à des « standards » qui n'en sont pas en ce sens qu'ils ne reposent pas sur les résultats d'une capitalisation transparente et objective de l'expérience, mais sur le dictat de soi-disant « expertises ».

Le « Projet sénégalais-allemand Énergie Solaire », évoqué plus haut, avait commandé en 1989 un suivi sur deux ans de l'appropriation par les usagers du système « standard » sur lequel reposait son modèle d'électrification rurale. Les observations qui en sont ressorties, dès la première année, étaient claires : le nombre de lampes était insuffisant, l'absence de prises empêchait de répondre à une demande majeure en équipements audio-visuels et, surtout, la moitié des usagers ne consommaient que la moitié de l'énergie dont ils disposaient, et dans laquelle on les avait poussés à investir.

La première réaction des promoteurs de ce programme, même s'ils ont dû par la suite revenir sur leur idée de « standard », a été de suspendre ce suivi qui se faisait l'écho de critiques et demandes remettant en question « leur » modèle...

Même si la conception des systèmes familiaux s'est considérablement ouverte depuis, et leur champ d'utilisation étendu, les pratiques n'ont guère évolué.

Les solutions technologiques les plus récentes n'échappent pas à cette tentation de la standardisation : c'est le cas par exemple des centrales hybrides dont deux centaines environ ont été installées, principalement dans le sud du pays. Une évaluation indépendante a montré que les choix effectués dans leur dimensionnement n'étaient pas pertinents, validant ainsi les critiques émises par les opérateurs en charge de leur gestion et qui n'arrivent pas à les rentabiliser (IED/ Performances 2015a).

Cependant aucune capitalisation systématique de cette

expérience n'a été diffusée alors que le gouvernement a prévu de réaliser 400 nouvelles centrales similaires dans le cadre de son programme national d'urgence d'électrification rurale. Avec une puissance installée moyenne de 20 kWc, c'est une capacité de production de 12 000 kWc qui est en cours de développement, soit dix fois plus que le projet de l'ANER : l'énergie solaire connaît un engouement sans précédent, mais risque fort d'en faire les frais si tout n'est pas mis en œuvre pour assurer la viabilité des investissements réalisés et de leur exploitation.

Le « droit à bénéficier de l'évolution des technologies », corollaire du « droit à l'information et à la parole », repose sur le principe que c'est la demande qui est le moteur du développement décentralisé que veut impulser le gouvernement.

Le droit à l'initiative

Le développement de l'énergie solaire s'inscrit dans un cadre réglementaire et contractuel, dont l'application suscite de nombreuses interrogations.

La loi 98-29, du 14 avril 1998, introduit de nombreuses réformes dans le secteur de l'électricité. Elle annonce ainsi dans son préambule qu'une large place est faite au secteur privé, tant au niveau de la production que de la distribution et de la vente de l'énergie électrique.

Dix-huit ans plus tard, la compagnie nationale SENELEC continue pourtant de détenir le monopole sur la vente et, alors que des projets de centrales photovoltaïques connectées au réseau annoncent des prix de vente compétitifs avec celui des centrales au charbon, et bien inférieurs aux tarifs pratiqués par la SENELEC, les opérateurs d'électrification rurale ne peuvent traiter directement avec les fournisseurs de leur choix.

La loi 2010-21 du 10 décembre 2010, portant loi d'orientation sur les énergies renouvelables, prévoit des mesures fiscales incitatives (notamment l'exonération totale de taxes sur les équipements destinés à l'autoconsommation domestique), mais cinq ans plus tard, le décret d'application qui devait rendre opérationnelles ces dispositions n'a pas encore été pris.

Le décret N°2011-2014 du 21 Décembre 2011 définit les

conditions d'autoproduction d'énergies renouvelables. Cependant, en 2015, le prix d'achat garanti du surplus d'énergie produite par les auto-producteurs n'a pas encore été fixé par la Commission de Régulation du Secteur de l'Électricité (CRSE). L'obligation d'achat des surplus d'électricité renouvelable, faite aux opérateurs, n'est donc pas rendue effective.

Le Code Général des Impôts lui-même prévoit des réductions d'impôts au profit des particuliers ou entreprises qui investiraient une partie de leurs revenus dans les énergies renouvelables.

Mais de telles dispositions sont-elles connues? A-t-on déjà, ne serait-ce qu'une fois, évalué leur impact?

En 2012, une convention signée entre le ministère de l'Énergie et la Banque de l'Habitat du Sénégal (BHS) mettait en place une ligne de crédit de 10 milliards de francs CFA (15,2 millions d'euros) pour la diffusion de 15 000 kits solaires, principalement, étant donné les caractéristiques d'implantation de la BHS en milieu urbain et périurbain.

Curieusement, cette initiative n'était pas été liée à la mise en application des dispositions de la loi sur les énergies renouvelables, et les résultats de l'évaluation de son impact, réalisée en 2014, n'ont pas été publiés.

Sur le plan contractuel, l'exclusivité dont bénéficie un concessionnaire d'électrification rurale n'est pas liée à un engagement de desserte : au-delà d'une certaine distance du réseau, c'est à l'utilisateur de faire l'investissement.

Le droit de l'utilisateur ne serait-il pas, alors, de pouvoir faire appel à tout opérateur qui accepterait de faire pour son compte l'investissement et lui offrir le service qu'il demande?

De nombreux projets d'électrification rurale d'initiative locale (ERIL) sont aujourd'hui gérés par une dizaine de petites entreprises qui se sont spécialisées dans la mise en œuvre de services d'électricité à partir de l'énergie solaire. Malgré leur demande répétée, une seule d'entre elles a vu son statut reconnu et formalisé par la Commission de Régulation.

Le cadre légal, réglementaire et contractuel est riche de dispositions qui devraient encourager à investir dans les énergies renouvelables à tous les niveaux. Théoriquement, la voie est ouverte

pour que la production d'énergie renouvelable sur le réseau interconnecté ne soit plus limitée aux seuls grands projets de centrales photovoltaïques : les mini-centrales pourraient, dès que les extensions du réseau le permettent, « stocker » leurs surplus d'énergie dans le réseau et l'utiliser comme « backup », s'affranchissant ainsi des coûts élevés de fonctionnement des groupes thermiques; et la valorisation des vastes espaces de toiture en milieu urbain pourrait initier de nouvelles dynamiques dans les relations entre l'opérateur de services d'électricité et les usagers.

Alors que le cadre en a été clairement dessiné, on hésite à libérer les initiatives qui pourraient profondément transformer les conditions d'accès à l'énergie, en termes de coûts, de durabilité, d'accessibilité.

La mise en œuvre du droit applicable à l'énergie solaire est une condition essentielle pour en valoriser le potentiel. Elle doit devenir une exigence car l'application des textes votés par les élus du peuple constitue un des principes clef de la bonne gouvernance dans un État de droit, comme revendiqué de l'être le Sénégal.

En conclusion

Il est temps de promouvoir l'appropriation par tous de l'énergie solaire, et l'investissement le plus large, à tous les niveaux, dans cette technologie. Il est temps de disposer d'une vraie stratégie de valorisation des énergies renouvelables, qui ne se limite pas à décliner une liste de projets, mais qui capitalise l'expérience, définit les mécanismes, clarifie les droits et, enfin, encourage toute forme de synergies qui contribue à consolider un accès durable, pour tous, à un service d'électricité de qualité.

Le temps de la « neutralité technologique » qui prétendait ne pas vouloir imposer aux investisseurs d'orientations en matière de production d'énergie est révolu. Si la liberté des décisions d'investissements doit être respectée, doit l'être également le droit de chaque citoyen à bénéficier, où qu'il habite, d'un accès de qualité à l'énergie dans des conditions compatibles avec ses ressources, afin de pouvoir satisfaire ses besoins humains fondamentaux.

Une telle liberté n'est pas incompatible avec une promotion active de toute initiative visant à accroître la part de l'énergie solaire dans la consommation nationale, car elle est un facteur de réussite essentiel d'un véritable développement décentralisé et durable.

Elle n'est pas incompatible non plus avec une promotion active des nombreuses dispositions qui définissent les droits de ceux qui n'ont pas la capacité de les exprimer et de les défendre. Un « droit » non appliqué, non respecté n'est plus un « non-droit » : c'est un scandale.

Car il enfonce dans la dépendance celui dans le cœur duquel on a fait miroiter des rêves de mieux-être, faisant surgir en lui un profond sentiment d'injustice et de privation de sa propre liberté.

Références

- IED/Performances, 2015a. « Analyse du fonctionnement de quatre centrales hybrides solaire/diesel dans la région de Sedhiou (THD 2014, reprise dans le plan local d'électrification de la concession Ziguinchor-Oussouye-Bignona-Sedhiou) ». Financement Banque Mondiale.
- , 2015b. « Plan local d'électrification de la concession de Foundiougne ». Financement Banque Mondiale.
- Legendre, Bruno, 2013. *Dynamiques rurales. Moteurs de développement durable au Sénégal*. Pailhès : TheBookEdition.com.
- Nodalis, 2014. « Sahel Solar Power Assessment. Rapport Sénégal ». Financement Banque Mondiale.

Le Sénégal, berceau un peu oublié de l'industrie solaire des années 1960-70

JEAN-PIERRE GIRARDIER

Note de l'éditeur : Le texte qu'on va lire ci-dessous est issu de l'intervention de Jean-Pierre Girardier à la Faculté des Sciences juridiques et politiques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar le 2 mai 2016. Cette intervention marquait son retour pour la première fois depuis 34 ans au Sénégal, avec son épouse, pays où il avait conduit ses premiers travaux, soutenu sa thèse, vu la naissance de son premier enfant. Les participants aux journées d'études, jeunes et moins jeunes Sénégalais, collègues des facultés des sciences ou de droit de Dakar ou de Chambéry, ont tous été marqués par sa passion et ses convictions à la fois sociales et techniques en faveur de l'énergie solaire, et notamment le solaire thermodynamique de basse température, que ni les échecs, ni les années passées n'ont réussi à entamer. On trouvera dans d'autres publications et sur le blogue « L'Afrique solaire » des éléments complémentaires, notamment techniques, sachant qu'une partie de l'histoire qui est évoquée ci-dessous est tout juste en voie de commencer à s'écrire (Girardier, 1963; Girardier et Masson, 1964; Girardier et Clénot,

1976; Girardier et Renau, 1979; Girardier, 1981; Girardier, 1995; Caille, 2016; Caille, 2017). Une forme de reconnaissance tardive de l'importance de ce qui fut réalisé à Dakar en matière d'énergie solaire dans ces années 1960-1970 et de réinscription dans une histoire mondiale plus large des énergies renouvelables, est semble-t-il, en cours. En 2018, « si Dieu le veut », une maquette de la première station de pompage solaire thermodynamique de village élaborée par Jean-Pierre Girardier et son équipe, et installée à Médina en 1975 (80 km au nord de Dakar), devrait ainsi entrer au Musée des Arts et Métiers à Paris, tandis qu'un autre exemplaire sera installé à Dakar.

C'est l'histoire d'un petit groupe d'hommes qui, en Afrique comme en France, ont cherché et innové avec persévérance pour apporter de l'eau et du travail dans les pays qu'on dit aujourd'hui du Sud, ou du « grand Sud », et qu'on désignait alors sous le terme de « tiers-monde ».

Tout a commencé lors d'une rencontre en février 1962 entre le Doyen de la Faculté des sciences de Dakar, le Professeur Masson, et le jeune ingénieur que j'étais, « bombardé » alors que je finissais mon service militaire, comme professeur de mathématique au lycée Van Vollen Hoven de Dakar.

Sachant que j'avais quelques notions de thermodynamique, il m'a déclaré :

Jeune homme, vous connaissez le principe de Carnot. Or en Afrique nous avons le soleil qui est une source chaude et l'eau, une source froide, mais qui est aussi un besoin essentiel surtout dans les zones sahéliennes. Entre ces deux sources, on doit pouvoir créer de l'énergie.

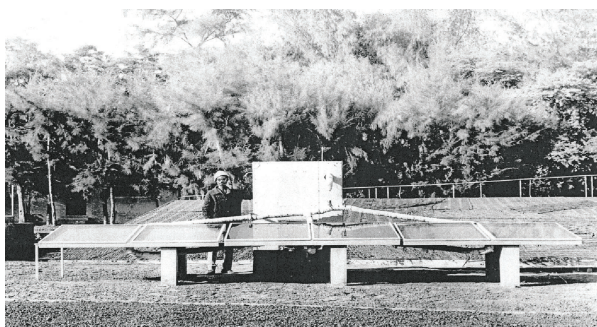
C'était le « cahier des charges » du professeur Masson.



Le professeur Henri Masson en discussion avec Jean-Pierre Girardier.

C'est au laboratoire de physique météorologique de Dakar-Fann que j'ai travaillé près de six mois avec l'aide de mes collègues M'Bow et Guennec. Le doyen Masson, à son retour de vacances, en octobre 1962, découvre le drôle d'engin étrange qui était la première pompe solaire à capteurs fixes.

Et contre toute attente, elle fonctionnait!

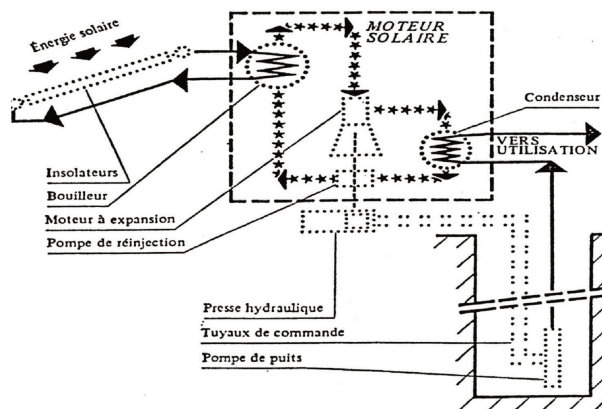


La pompe SECRA en octobre 1962.

La quantité d'eau pompée était certes modeste, car à 30 m, elle

refoulait à peine suffisamment d'eau pour abreuver un vautour de passage...

Mais elle fonctionnait!

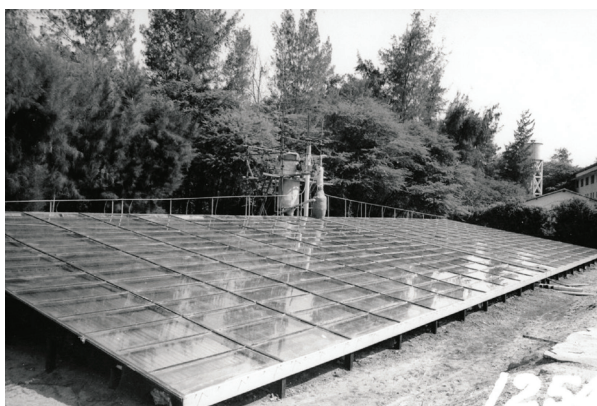


Le principe de la pompe solaire thermodynamique.

Du coup, la télévision s'est dérangée, et le CNRS lui-même est venu constater cette improbable réussite...

Dans l'enthousiasme, le doyen obtient un petit budget : et pourquoi ne pas passer à un capteur de 300 m², et espérer faire tourner une turbine?

Ce fut le projet ITTEC, conçu alors que j'étais retourné à Zurich, mais travaillant toujours avec le doyen Masson.



ITTEC en 1964.

Ce projet fut une demi-réussite, ou un demi-échec, selon le point de vue. Autant le grand capteur fonctionnait à merveille, autant le cycle thermique nous dépassait complètement, étant donné le peu d'informations techniques à notre disposition.

Puis nous devenons raisonnables, et nous réalisons un nouveau prototype, en 1968 : la pompe Nadge. C'est enfin une pompe solaire de laboratoire, mais réellement opérationnelle, avec un moteur très adapté, fabriqué dans l'usine Mengin dont j'avais pris entre temps la direction à Montargis dans le Loiret (France).

C'est sur cette base que pourra être réalisée la pompe Segal, en 1969, qui fonctionna plus de 10 années à l'institut de physique de Dakar-Fann.



La pompe Segal (1969).

Elle nous a tout appris...

Mais jusque-là nous n'avions pas expérimenté sur le terrain, et deux occasions se sont alors présentées.

La première au Niger avec le professeur Abdou Moumouni, un scientifique de renom, qui privilégiait les recherches dans son pays avec des technologies qu'on pouvait maîtriser (Moumouni, 1964, voir la dernière partie du livre). Connaissant les expérimentations de Dakar, il décida de réaliser avec nous une première pompe opérationnelle à Bossey Bangou, près de Niamey, pour alimenter un réservoir de 100 m³.



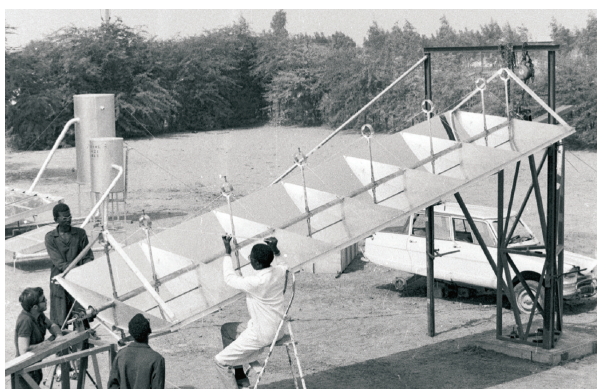
Pompe solaire thermique de Bossey Bangou (1969).

Cette pompe eut un gros succès, avec la visite du Président Amani Diori (Président du Niger), et même de scientifiques chinois!



La délégation chinoise.

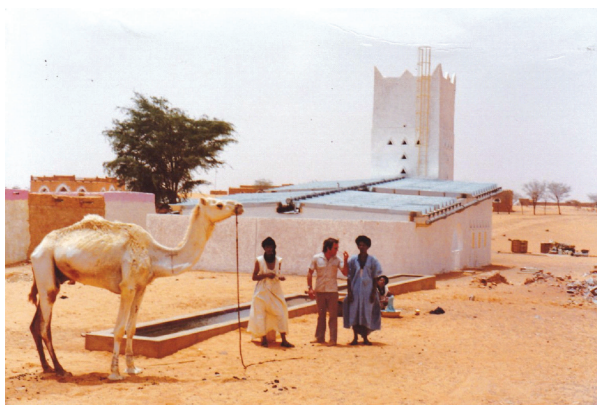
Le professeur Moumouni avait comme ambition de faire fabriquer par l'Afrique elle-même les unités solaires, et parallèlement il poursuivait des recherches, notamment sur les récepteurs solaires cylindro-paraboliques.



Le professeur Abdou Moumouni à Niamey.

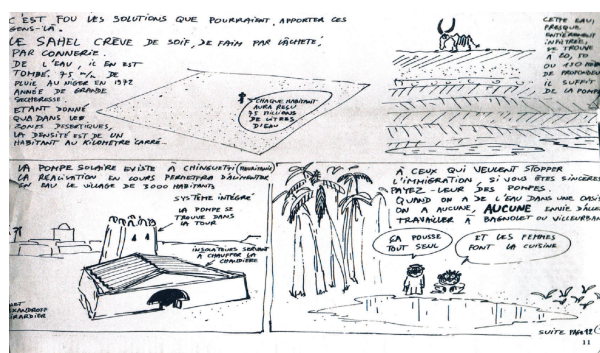
Il était incontestablement sur la bonne voie!

Puis, et ce fut la seconde opportunité de test « grandeur nature », avec l'aide de la société d'exploitation minière Miferma, nous avons réalisé une installation dans le désert mauritanien, dans la petite cité de Chinguetti.



Marc Jacquet-Pierroulet, collaborateur d'Abdou Moumouni puis de Jean-Pierre Girardier à Chinguetti en 1973.

Nous serons sur cette installation une seconde fois servis par la chance : du fait de l'éclipse de soleil qui devait être observée à Atar, à une centaine de kilomètres, nous avons vu arriver de façon totalement imprévue plusieurs journalistes de grands journaux français (*Le Monde*, *Le Figaro*, *La Croix*, *Charlie Hebdo...*), lesquels vont nous apporter une publicité exceptionnelle et inattendue!



Article du dessinateur Reiser dans Charlie Hebdo (1973).

Cet événement, et plus largement la période, correspondront à la montée d'un intérêt grandissant pour l'énergie solaire.

Le grand congrès de l'UNESCO organisé à Paris en 1974 et intitulé « Le soleil au service de l'homme » en est le symbole.

Et c'est sur cette lancée que nous avons créé la SOFRETES (Société française d'Étude Thermique et d'Énergie Solaire), à Montargis dans le Loiret (France), le 10 octobre 1973. Mais nous n'avons pas oublié le Sénégal et avons aussi créé la SINAES (Société Industrielle des Applications de l'Énergie Solaire).

Ainsi commença l'aventure industrielle.

Le premier grand ensemble de réalisations fut d'abord au Mexique. Un ministre mexicain, Viscaïno Murray, lisant dans un avion de retour de France l'un des journaux mentionnés plus haut, nous envoya peu après un conseiller qui nous invita à rencontrer le Président du Mexique, Luis Echeverria, premier chef d'État s'intéressant réellement au solaire!

Au final, le Mexique commanda 20 stations réparties dans

différents lieux du pays. Le toit de chacune servait à la fois de capteur et de toit pour une école...



Une des stations mexicaines.

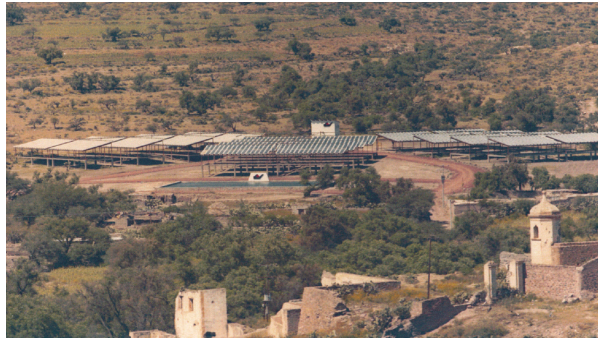
Cette phase de développement des pompes solaires thermodynamiques aura duré quatre ans.

Il y avait dans ces années 1970 un réel enthousiasme pour cette nouvelle source d'énergie. Et nous étions à peu près seuls sur le marché!

Le photovoltaïque existait déjà, mais il restait encore très coûteux et réservé à l'industrie spatiale.

La SOFRETES avait regroupé des partenaires prestigieux (Total, Compagnie Générale d'Électricité, Commissariat à l'Énergie atomique (CEA)...), et la demande venait de partout : les pays du Sahel, l'Arabie Saoudite, l'Iran, le Mexique...

Rapidement, certains souhaitèrent de plus grosses puissances, notamment au Mexique, où nous réalisâmes la première centrale électrique solaire (et la plus puissante au monde alors) à San Luis de La Paz.



Centrale solaire de San Luis de La Paz en septembre 1974.

Nous avons ensuite réussi à réaliser en 1979, avec l'aide de la coopération française, Diré (nord du Mali), qui a été à nouveau la plus grande station solaire au monde. Elle entraînait trois groupes de 25 kWc et pouvait irriguer 100 hectares!

Il faut d'ailleurs associer à cette belle réussite Jean-Paul Durand, l'un des deux ingénieurs détachés du CEA à la SOFRETES, et rappeler qu'avec son collègue Max Clémot, ainsi que l'ensemble des personnels, dont l'un des premiers fut Marc Jacquet-Pierroulet, qui avait travaillé avec Abdou Moumouni, ce furent leur passion et leur engagement dans cette aventure qui l'ont rendue possible.



Inauguration de la centrale de Diré (1979).

Malheureusement, après un an de fonctionnement, nous avons dû l'arrêter, car l'exploitation agricole n'a jamais été mise en place ni la formation du personnel par l'État malien, et son fonctionnement mobilisait l'un de nos techniciens en permanence.

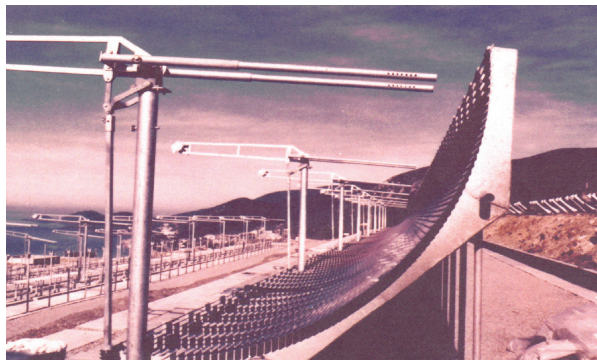
C'était pourtant un tournant prometteur dans la vie de cette entreprise solaire naissante qu'était SOFRETES!

En effet, parallèlement, la technique photovoltaïque, fortement aidée par des industriels européens, et surtout chinois, devenait progressivement plus abordable et plus simple à mettre en œuvre, notamment pour les puissances petites et moyennes.

Nous avons réalisé nous-mêmes au Sénégal une pompe photovoltaïque à Mont-Rolland et moi-même, via mon association Calao (<http://www.calaoasso.org>), je continue aujourd'hui encore à installer des pompes solaires photovoltaïques, par exemple au Mali à Sandama en 2014.

Mais malheureusement notre objectif important de maîtrise de l'énergie solaire en Afrique même, et la possibilité de fabrication locale, a disparu!

Du côté de la SOFRETES, la toute dernière réalisation a été marquée par le désir de monter en température et en puissance, et ce fut d'ailleurs ma dernière réalisation d'envergure avec le CEA, qui conçut et fabriqua le capteur. Il s'agissait de la station réalisée en 1980 à Almería en Corse, qui préfigurait les futures stations électriques de plusieurs mégawatts actuelles, qui ne sont pas toutes photovoltaïques, vous le savez!



Centrale d'Almería en Corse (1980).

Mais SOFRETES, qui rappelons-le, était une petite structure d'une trentaine de salariés, n'a pas su ou pu faire face à temps à certaines évolutions. En près de 20 ans, nous avons créé près de 70 stations solaires dans dix pays dans le monde. Mais lorsque mes partenaires industriels ont souhaité diminuer les capacités de recherche de SOFRETES, je me suis vu contraint de démissionner!

Pourtant, aux États-Unis en particulier, de grandes stations solaires thermodynamiques, certaines de plusieurs centaines de mégawatts, sont apparues au fil des années 1980. De fait, les Américains se sont intéressés à nos recherches, et ils m'avaient même invité pour un séminaire restreint et très sélectif à l'Université de Stanford. Et il est à noter que la plus grande centrale solaire actuelle au monde, située au Maroc, est également thermodynamique!

De cette belle aventure, on peut en définitive tirer les enseignements suivants.

Le soleil, surtout dans des pays comme le Sénégal, est *la* solution de l'approvisionnement énergétique du futur. C'est une énergie renouvelable, inépuisable, et qui ne perturbe pas notre environnement.

C'est le domaine qui doit focaliser toutes les recherches en matière énergétique. En effet, il ne faut pas se contenter de ce qu'on a aujourd'hui! Car on n'a pas beaucoup avancé depuis 30 ans. La COP 21 a fixé des objectifs ambitieux, mais à ma connaissance, rien ou presque pour la recherche...

Va-t-on se contenter de la technologie actuelle, qui se traduira par l'équipement de l'Afrique avec des cellules photovoltaïques fabriquées en Chine et des techniques et des techniciens qui viennent d'ailleurs?

Mon ami le professeur Abdou Moumouni doit se retourner dans sa tombe!

De grands domaines restent par ailleurs à explorer. À titre d'exemple, le stockage de l'énergie, car le soleil n'est efficace que le jour. Pour le pompage, il peut se concentrer pendant les périodes d'ensoleillement, et l'eau peut se stocker dans des réservoirs distribuant l'eau toute la journée. Mais pour la fourniture d'électricité, c'est une autre affaire! Que certains résolvent avec des stations hybrides, mais ce n'est qu'une solution partielle.

Il est également fondamental que les pays futurs utilisateurs de l'énergie solaire maîtrisent eux-mêmes les techniques de mise en œuvre. C'était l'objet du CRES (Centre Régional d'Énergie solaire) de Bamako, décidé en 1984 par les Chefs d'État de la CEAO (Communauté économique de l'Afrique de l'Ouest), lesquels avaient envisagé de grands projets communautaires, dont l'École des Mines à Niamey, un Centre de Gestion à Dakar et, outre le CRES, une Unité de Production Système (UPS) à Bamako. Le centre de Bamako est toujours debout, mais la recherche et la formation y ont disparu!

Ces grands projets communautaires ne se sont pas tous concrétisés pour différentes raisons. Mais si on relit la déclaration des chefs d'État, bien oubliée aujourd'hui (voir en annexe de ce texte), on a le sentiment qu'on était pourtant alors sur la bonne voie.

Suite à la COP 21, il est très important pour les pays africains, et notamment le Sénégal, de maîtriser les technologies des énergies renouvelables, et en particulier du solaire, et si possible d'en réaliser

une grande partie sur place. Ceci pourrait entraîner de nombreuses créations d'emplois dans différentes disciplines.

C'était le rêve de plusieurs d'entre nous!

Et je souhaite vivement que cet espoir et cette volonté soient encore aujourd'hui partagés par les scientifiques et ingénieurs de vos pays sahéliens.

Références

- Caille, Frédéric. 2016. « Une vidéo de Jean-Pierre Girardier en 1980 ». Carnet de recherche. *L'Afrique solaire* (blogue). 18 octobre 2016. <https://afrisol.hypotheses.org/82>
- Caille, Frédéric. 2018. « L'énergie solaire thermodynamique en Afrique. La Société française d'Études thermiques et d'Énergie solaire, ou SOFRETES (1973-1983) ». *Afrique Contemporaine*, Premier trimestre (Numéro spécial « L'énergie en Afrique »).
- Girardier, Jean-Pierre. 1963. « Les pompes solaires ». Dakar : Université. <http://www.sist.sn/gsd/collect/butravau/index/assoc/HASH80f5.dir/THS-4658.pdf>
- . 1981. « L'énergie solaire ». In *L'énergie*, 72-83. Paris : Bordas.
- . 1995. « Les pompes solaires thermodynamiques et leur histoire ». In *L'énergie solaire en France*, Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, 127-43. Paris : Herléa Alexandre.
- Girardier, Jean-Pierre, et Max Clémot. 1976. « Design and Performance of a Simple Solar Pump for Lift Irrigation Purposes ». *Annals of Arid Zone* 15 (3):146-54.
- Girardier, Jean-Pierre, et Henri Masson. 1964. *Les moteurs solaires à collecteurs plans. (Extrait du numéro de septembre 1964 des Annales des Mines)*. Imprimerie Nationale.
- Girardier, Jean-Pierre, et Jean-Pierre Renau. 1979. *L'homme qui croit au soleil (un pionnier de l'énergie solaire)*. Paris : Cerf.
- Moumouni, Abdou. 1964. « L'énergie solaire dans les pays africains ». *Présence Africaine*. Article reproduit dans la dernière partie du livre.

**DECLARATION DES CHEFS D'ETAT
DE LA
COMMUNAUTE ECONOMIQUE DE L'AFRIQUE DE L'OUEST (CEAO)
relative au Centre Régional d'Energie Solaire (CRES)**

CONSIDERANT les Programmes nationaux et le Programme Régional d'Utilisation des Energies Renouvelables élaboré par le Centre Régional d'Energie Solaire (CRES), en étroite collaboration avec les Etats de la Communauté Economique de l'Afrique de l'Ouest (CEAO) et du Comité Inter-Etats de Lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS), notamment dans les secteurs suivants : Hydraulique rurale, Santé rurale, Transports et Télécommunications, Education, Lutte contre la Désertification par l'usage de Foyers améliorés, etc...

Nous, Chefs d'Etat de la Communauté Economique de l'Afrique de l'Ouest, déclarons ce qui suit :

« Nous nous engageons individuellement et collectivement au nom de nos Gouvernements et de nos Peuples, à privilégier le rôle de coordination et d'orientation du Centre Régional d'Energie Solaire (CRES) dans la mise en œuvre de ces programmes.

Nous recommandons aux Administrations nationales des Etats membres de renforcer ou de créer dès 1985, les capacités industrielles indispensables à la production partielle ou totale des équipements utilisant les énergies renouvelables, conformément à la stratégie industrielle définie dans le cadre de l'étude de l'Unité de Production Système (U.P.S.) du Centre Régional d'Energie Solaire (CRES).

Nous nous engageons, en conséquence, à donner au Centre Régional d'Energie Solaire (CRES), toutes les formes d'appui et d'assistance nécessaires à l'accomplissement de ses engagements communautaires et internationaux.

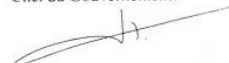
La Conférence des Chefs d'Etat de la CEAO réunie à l'occasion du X^e Sommet de la Communauté Economique de l'Afrique de l'Ouest,

encourage toutes les actions entreprises pour promouvoir les énergies renouvelables et économiser les énergies conventionnelles.

Le livret « Les jeux du Soleil » né de la volonté conjuguée des Etats et des pays fondateurs du Centre Régional d'Energie Solaire de Bamako, traduit particulièrement la priorité donnée par la Conférence à la formation des utilisateurs de demain.

Bamako, le 29 octobre 1984

Pour le Burkina Faso,
S.E. Le Capitaine Thomas SANKARA,
Président du Conseil National de
la Révolution,
Président du Faso,
Chef du Gouvernement.



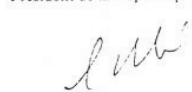
Pour la République du Mali,
S.E. le Général d'Armée Moussa TRAORE,
Président de la République.



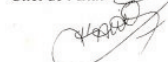
Pour la République du Niger,
S.E. Le Général de Brigade Seyni KOUNTCHE,
Président du Conseil Militaire Suprême,
Chef de l'Etat.



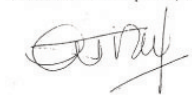
Pour la République de Côte d'Ivoire,
S.E. Félix Houphouët-BOIGNY,
Président de la République.



Pour la République Islamique de Mauritanie,
S.E. Le Lieutenant-Colonel Khouna Ould
HAIDALLA,
Président du Comité Militaire du Salut National,
Chef de l'Etat.



Pour la République du Sénégal,
S.E. Abdou DIOUF,
Président de la République.



Annexe 1 : Chronologie de la SOFRETES

- 1963 : Jean-Pierre Girardier, au terme de sa thèse, fait fonctionner une première pompe solaire thermodynamique.
- 1964 : Reprise de la direction de la PME Mengin (90 personnes) créée par le grand-père maternel de Jean-Pierre Girardier, Pierre Mengin, créateur d'hydro-pompes pour puits profonds et ami de Gustave Eiffel, qui fabriquera les pompes vérins d'équilibrage de la tour parisienne.
- 1969 : première installation d'un modèle de pompe Masson-Girardier dans un village à Bossey Bangou, au Niger, sur l'installation expérimentale du laboratoire d'Abou Moumouni.
- 1972 : Jean-Pierre Girardier rencontre Christian Marbach président de SOFINNOVA (Société pour le financement de l'Innovation) et son assistant, qui soutiendront l'éclosion de la SOFRETES. De même Jean Deflandre, responsable de l'ANVAR (Agence Nationale de Valorisation de la Recherche) sera un soutien actif.
- 10 octobre 1973 : création de la SOFRETES, société au capital de 120 000 euros : 25 % Jean-Pierre Girardier; 26 % famille Mengin; 24,5 % SOFINNOVA; 24,5 % ANVAR.
- Fin 1973 : Jean-Pierre Girardier se rend au Mexique avec Jean Deflandre de l'ANVAR et Max Clémot, ingénieur au CEA, sur invitation du gouvernement mexicain. Ce sera la première grosse commande, avec 20 pompes installées entre 1974 et 1977, dont la centrale de San Luiz de La Paz de 25 kW (plus grande au monde, achevée en 1975).
- Fin 1974 : création du GIE PROMÉTHÉE, Groupe Intérêt économique et industriel entre le CEA et la SOFRETES. Le responsable de la DCINN (Direction de la Coopération industrielle non nucléaire) du CEA remet une note à l'Administrateur général délégué qui envisage un potentiel de développement à court terme de 2 installations de 25 kW (une au Sénégal et une au Mexique), 1 000 de 1 kW à l'échelle mondiale, et 30 à 100 de 50 kW pour une autre commande mexicaine. Les ingénieurs Max Clémot et Jean-

Paul Durand sont détachés du CEA à PROMOTHEE-SOFRETES et resteront jusqu'à la liquidation.

- Juin 1975 : changement de la structure de capital de la SOFRETES. 51 % Mangin (dans laquelle Renault Moteur Développement est devenu majoritaire); 20 % CEA; 20 % CFP (Compagnie française des Pétroles, qui deviendra Total); 5 % Technigaz; 4 % ANVAR et SOFINNOVA.
- Fin 1975 : mise en service de la centrale solaire de San Luiz de La Paz au Mexique (pompage et électricité), la plus importante au monde.
- Février 1978 : CEA-SAPEC, société de conseil ayant obtenu en Iran l'exclusivité du développement de l'énergie solaire, propose au ministère de l'énergie iranien un programme de construction de 12 centrales solaires (entre 1978 et 1981) pour un coût total de plus de 112 millions d'euros.
- 1978 : le capital de la SOFRETES est doublé avec la reprise de la société Mengin en intégralité par le CEA et le retrait de Renault, et l'entrée de nouveaux partenaires : 45,25 % Mangin (devenu CEA, qui revendra la fabrique de pompes à la liquidation en 1983); 20 % CEA; 8,75 % TOTAL-CFP; ALSTHOM 20 %; 5 % CIPEL; 1 % ARMINES
- 8 octobre 1978 : inauguration de la centrale solaire de Diré au Mali (pompage et électricité), la plus importante au monde, par les ministres Lamine Keita et Robert Galley.
- Décembre 1979- avril 1980 : départ de Jean-Pierre Girardier. Il est remplacé par Albert Teboul et M. Morin, originaires d'une filiale du CEA, pendant 2 ans. Puis Jean Rastoin, directeur au CEA, qui fera la liquidation en 1983.
- 1982 : dernière demande d'aide au Ministère de l'Énergie pour les projets restés en plan : Diakhao et Bakel au Sénégal; El Harawin en Égypte; Vignola en Corse.

Annexe 2 : Installations solaires thermodynamiques réalisées par
la SOFRETES

DU SOLEIL POUR TOUS

Annexe 2 - Installations solaires thermodynamiques réalisées par la SOFRETES

Pays	Lieu	Année construction	Capteurs m ²	Débit m ³ /h	Relevage m	Durée h/j	Fonctions	Local sous capteurs
ABU DHABI		1976	90	4	35	5 - 6	Petite irrigation	
ALGÉRIE	Annaba	1977	77	9	10	5	Démonstration et formation (Université)	
	Constantine							
ARABIE SAOUDITE	Riyad	1979	2 000			24	Centrale électrique (240 kWh/j)	
BRÉSIL	Ico Lima Campos (Ceara)	1977	75	5	20	5 - 6	Alimentation en eau potable du centre rural	
CAMEROUN	Makary	1976	70	3	20	6	Hydraulique pastorale	Centre vétérinaire
	Curer	1979						
CAP VERT	San Domingo	1979	70	3	35	5 - 6	Hydraulique villageoise	
ÉGYPTE	El Harawin	1980	350	8	5	6	Dessalement d'eau saumâtre	
	Assouan	1980	350	3	5	6	Production de froid	
FRANCE	Chaudes-Aigues	1980				20	Centrale électrique géothermique (20 kW)	
	Vignola (Corse)	1980	1 200			8	Centrale électrique (100 kW) couplée au réseau	

HAUTE VOLTA	Ouagadougou	1971	30	2	20	5 - 6	Démonstration et formation	
	Ouagadougou 2							
	Koupela	1975	75	5	20	5 - 6	Production de froid	Dispensaire
	Djibo	1976	70	5	20	5	Hydraulique villageoise	Logement
	Taparko	1978	77	5	30	5 - 6	Hydraulique pastorale	Logement
	Demnouo	1978	77	5	30	5 - 6	Hydraulique pastorale	Logement et réserve d'eau
	Thiou							
	Gangaol	1978	77	5	30	5 - 6	Hydraulique pastorale	Logement et réserve d'eau
	Djibasso	1979	77	5	30	5 - 6	Hydraulique villageoise	Logement
	Kongoussi							
	Barsallogho							
	Goroim							
	Markoye							
	Puytenga							
	Kiembara	1979						
	Po	1979	77	5	30	5 - 6	Hydraulique villageoise	
Bourzenga	1980	450	150	10	6	Irrigation		
IRAN	Shiraz	1977	77	4	35	5 - 6	Hydraulique villageoise	Centre médical
KENYA	Wajir	1978	77	5	30	5	Hydraulique villageoise	Centre médical
MADAGASCAR		1977	77	7-8	15	5	Hydraulique villageoise	Magasin de stockage
MALI	Dioila	1975	80	3	30	6	Hydraulique villageoise	Dispensaire
	Katibougou	1977	105	6 - 7	15	5	Irrigation cultures maraichères	Magasin agricole
	Dire	1979	3 200	1 800	8	6 - 11	Irrigation - Froid - Électricité (75 kW)	

DU SOLEIL POUR TOUS

MAURITANIE	Chinguetti	1973	72	5	23	5 - 7	Hydraulique villageoise	École
	N'Gorel Guidal	1979	1 300	200	8	10	Irrigation cultures maraichères - Froid (10 kW)	
MEXIQUE	Caborca (Sonora)	1974	90	3	45	5 - 6	Hydraulique villageoise	École
	Ceballos (Durango)	1974	90	4	40	5 - 6	Hydraulique villageoise	Dispensaire, école
	Tlaxecalla							
	Cedral (San Luis Potosi)	1975	80	4	20	5 - 6	Petite irrigation	Capteurs au sol
	Mexicali (Basse-Californie)	1975	80	4	20	5 - 6	Alimentation en eau	Restaurant
	La Cruz (Chihuahua)	1975	80	4	30	5 - 6	Hydraulique villageoise	Commerce
	Jialisco	1975						
	Tejupilco	1975						
	Cangreros	1975						
	Escarcega (Campeche)	1975	70	4	25	5 - 6	Hydraulique villageoise	École
	San Luis de La Paz	1975	1 500	150	54 - 30	5 - 6	Alimentation de la ville en eau et petite irrigation (25 kW)	Institut scientifique en prévision
	Las Canas (Zacatecas)	1976	90	4	30	5 - 6	Hydraulique villageoise et pastorale	Magasin
	Todos Santos (Basse-Californie)	1976	90	4	30	5 - 6	Hydraulique villageoise	École
	Tolosa (Zacatecas)	1976	90	4	30	5 - 6	Hydraulique villageoise	École
	Villa de Coss (Zacatecas)	1976	90	4	30	5 - 6	Hydraulique villageoise et pastorale	
	David Gustavo (Quintanarro)	1976	90	4	50	5 - 6	Hydraulique villageoise	Dispensaire École
	Yanhuitlan (Oaxaca)	1976	90	4	22	5 - 6	Irrigation	Institut du Tiers-Monde
Ixtacuixtla (Tlaxcala)	1976	90	4	30	5 - 6	Petite irrigation	Magasin	
Jaumave (Tamaulipas)	1976	90	4	13	5 - 6	Hydraulique villageoise et pastorale	École	

	No cAc (Mérida)	1976	90	4	50	5 - 6	Hydraulique villageoise	Capteurs au sol
	Paso Guayabal (Mexico)	1977	90	4	35	5 - 6	Hydraulique villageoise	
NIGER	Niamey, Bossey Bangou	1970	100	8 - 10	12	5 - 6	Hydraulique villageoise et pastorale	
	Karma	1978	800	300	6	5 - 6	Irrigation	
	Tabalak	1980	400	150	6	5 - 6	Irrigation	
PHILIPPINES		1976	77	9	10	5	Pompe de démonstration	Hall d'exposition
SÉNÉGAL	Dakar (IPM)	1968	88	6	25	5 - 6	Station pilote	
	Segal							
	Dakar (ONU)							
	Médina (Dakar)	1976	70	3	40	5	Hydraulique villageoise	Bureaux
	Niakhène	1976	70	3	40	5	Hydraulique villageoise	Bureaux
	Meouane	1977	70	3	40	5	Hydraulique villageoise	Bureaux
	Dakar (IUT)	1977	70	3	40	5	Démonstration et formation	
	Diagle	1977	70	3	40	5	Petite irrigation	
	ONUDI							
	Bondie Samb	1980	400	50	40	6	Hydraulique pastorale	
	Diakhao	1980	2 000			24	Électricité (220 kWh/j)	
Kalounayes	1980	360	30	20	6	Production de froid - Irrigation		
SOUDAN	Soba	1977	112	5-7	25	5 - 7	Hydraulique villageoise	Institut Énergie solaire
	Hamad	1977	112	3	55	5 - 7	Hydraulique villageoise	Centre médical
TANZANIE	Kambalo 2	1979						
TCHAD	Karal	1976	70	3	20	5	Hydraulique pastorale	Centre vétérinaire
	Ati	1977	70	3	28	5	Hydraulique pastorale	Bureau vétérinaire
	N'Gouri	1977	70	3	35	6	Hydraulique villageoise	
	N'Djamena	1980	180	20	32	6	Eau - électricité et froid (5 kW)	Marché à bétail

3

Vue depuis les sciences physiques : la recherche actuelle sur l'énergie solaire en Afrique, particulièrement au Sénégal

GRÉGOIRE SISSOKO

C'est une histoire qui commence un peu avant la décolonisation, puis qui se continue après.

À Dakar, deux objectifs furent poursuivis à partir du début des années 1950 en matière de recherche sur l'énergie solaire, à savoir d'un côté la formation d'enseignants-chercheurs et de l'autre le développement de résultats à buts sociaux et appliqués.

La première orientation qui fut retenue s'est incarnée tout d'abord dans la création du LASES de l'université de Dakar (Laboratoire des semi-conducteurs), lequel se consacra rapidement au travail sur les photopiles.

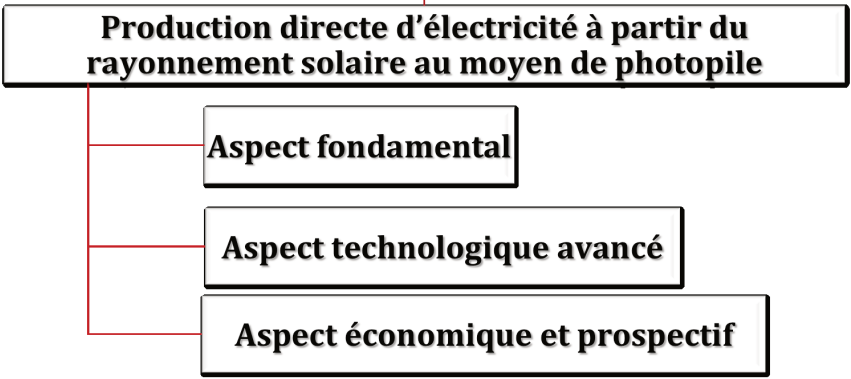
**VISION DE LA RECHERCHE SUR L'ÉNERGIE SOLAIRE:
SÉNÉGAL-COOPÉRATION FRANCE**

➤ **LABORATOIRE des SEMI-CONDUCTEURS (LASES)**



15/02/18 3

Orientation





En parallèle, se développa également, à partir de 1962, une autre orientation de travail centrée sur les travaux du professeur Masson et les applications thermodynamiques de l'énergie solaire, une orientation que portera l'I.P.M. (Institut de physique météorologique), créé par Masson lui-même, puis par le CERER qui lui a succédé jusqu'à nos jours (Centre d'études et de recherches sur les énergies renouvelables).

**VISION DE LA RECHERCHE SUR L'ÉNERGIE SOLAIRE:
SÉNÉGAL-COOPÉRATION FRANCE**

➤ **C.E.R.E.R (Sofretes)**

Orientation

Conversion Thermique

Enfin, plusieurs autres institutions de formations se consacreront à la formation des élèves ingénieurs ou techniciens supérieurs et également à la recherche technologique¹.

Elles seront, avec les premières citées, véritablement les premiers lieux d'accueil de la recherche solaire au Sénégal, et elles le demeurent aujourd'hui.



Dans le passé

Tout ce travail de lancement, ce travail exploratoire, n'aurait pas vu le jour sans un certain nombre de personnes, des physiciens venus de France, comme le professeur Masson déjà mentionné², mais également, dans la génération suivante, avec plusieurs professeurs qui furent nos maîtres et qui étaient originaires à la fois de France et du Sénégal.

Parmi eux, nous pouvons mentionner Djibril Fall et Mansour Kane, qui dirigeront plus tard le CERER, Lamine Ndiaye, spécialiste en thermodynamique, William Cohen Solal, spécialiste de la mécanique quantique et qui travaillait sur la physique des semi-conducteurs, Michel Rodot, qui fut un des premiers spécialistes du photovoltaïque en France, Pierre Chartier, spécialiste des couches minces pour les cellules photoélectriques, etc.

1. Pour des exemples de mémoires de recherche sur l'énergie solaire soutenus à l'IUT de Dakar, voir dans cet ouvrage le texte de F. Caille.
2. Ibid., voir dans le même texte de F. Caille son portrait et une évocation de ses travaux

HÉRITAGE DE PROFESSEURS

- Pr. Djibril FALL
 - Pr. Mansour KANE
 - Pr. Michel CADENE
 - Pr. Désiré LEGOURIERES
 - Pr. Daniel LAPLAZE
 - Pr. Lamine NDIAYE
 - Pr. Gérard William Cohen SOLAL
- Pr. Michel RODOT
 - Pr. Pierre CHARTIER
 - Pr. Pierre MIALHE
 - Pr. Boubacar KEITA
- etc...

Voici, en 1986, une partie de l'équipe réunie lors de la soutenance de ma thèse de troisième cycle. Avec, de gauche à droite : le professeur Cohen Solal, avec les lunettes, le professeur Djibril Fall, directeur de l'IPM puis du CERER jusqu'en 1992, le professeur Mansour Kane, le professeur Ndiaye, un professeur invité de France, un doctorant, et enfin, tout à gauche, moi-même.



On voit donc ici quelques-uns des assistants et étudiants que nous étions, sachant que, ensuite, les expatriés vont repartir, et que nous, nous sommes restés, avec la mission de conduire, de poursuivre. Ou de ne pas conduire...

Pour comprendre dans quelles conditions la recherche solaire s'est ensuite poursuivie, avec quels enjeux et quels défis, il faut repartir des documents d'époque, et notamment de ceux qui nous montrent des expérimentations en cours.

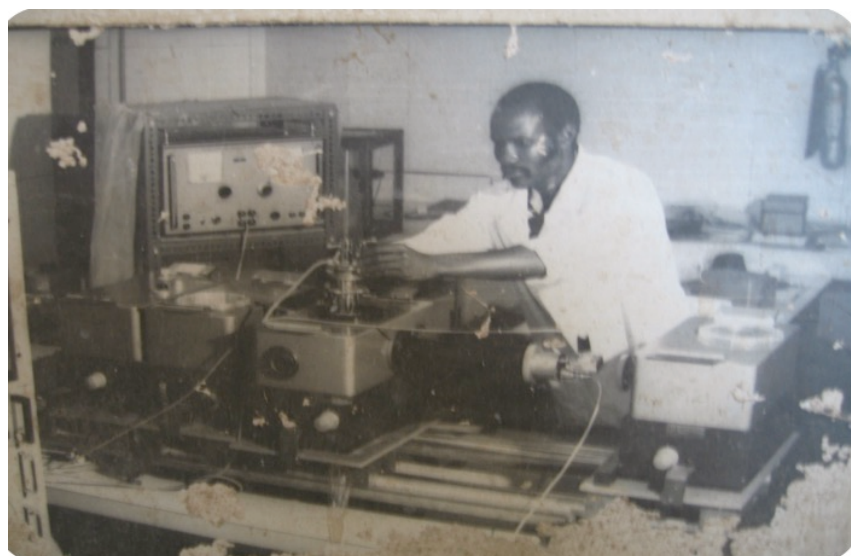
On voit ainsi ci-dessous les Professeurs Mansour Kane et Lamine Ndiaye en train de travailler à la première photopile solaire qui fut réalisée au Sénégal!

Ce qui montre que le Sénégal a véritablement été un pays pionnier en matière de fabrication de photopile solaire!

On pense parfois que les Africains ne savent pas le faire, mais les Africains peuvent très bien le faire!

Ici, il s'agit de couches minces, notamment de sulfure de cadmium.

On voit à côté le Professeur Kane en train de valider le rendement de ces photopiles en fonction des variations sur le spectre solaire. Il cherche en fait à déterminer les paramètres électroniques qui montrent les limitations du rendement dans certaines zones du spectre.



Les images suivantes montrent le travail avec de l'azote liquide, car nous avions à l'époque les moyens de faire de l'azote liquide, et nous retrouvons ensuite les deux mêmes professeurs en train de travailler avec une pompe à vide afin de créer un environnement protégé.



En effet, comme le montre le cliché ci-dessous, lequel a été en partie repris dans un numéro fameux pour l'énergie solaire du *Courrier de l'UNESCO*, le laboratoire possédait à cette époque une cloche à vide qui permettait de travailler sur les photopiles sans aucune « pollution » de l'environnement, telle que la simple respiration humaine. La légende de la photographie dans ce numéro de janvier 1974 est parlante sur l'importance à l'époque de Dakar dans ces recherches.



SENEGAL. — Pendant plusieurs années, l'Université de Dakar a été l'un des centres de recherches les plus avancés sur l'énergie solaire ; c'est là que la pompe solaire Masson-Girardier fut conçue et construite avec succès. Le gouvernement du Sénégal encourage le développement des applications pratiques de l'énergie solaire. Il envisage même l'établissement de nombreux dispensaires dans la brousse, où l'eau et l'électricité seraient fournies par des pompes solaires. Ci-dessus, un technicien ajuste un appareil à absorption au laboratoire d'énergie solaire de l'Université de Dakar.

L'absence actuelle de matériel de laboratoire fonctionnel

Mais, après ce retour vers le passé, quel est l'état des lieux aujourd'hui?

L'état des lieux, c'est que ce laboratoire, il est vide!

Il n'y a plus rien.

Les pompes à vide (1^{re} image) ont tout simplement été ramassées, démontées et vendues au prix du kilo de fer... La cloche à vide est inutilisable.



De même pour l'appareil pour faire de l'azote liquide, ou l'électro-aimant...

Leur état parle de lui-même...



Je passe sur le fait que nous avons également un groupe électrogène et des pompes de relais pour ne pas perdre le matériel des expériences et tous les protocoles en cas de coupure de réseau...

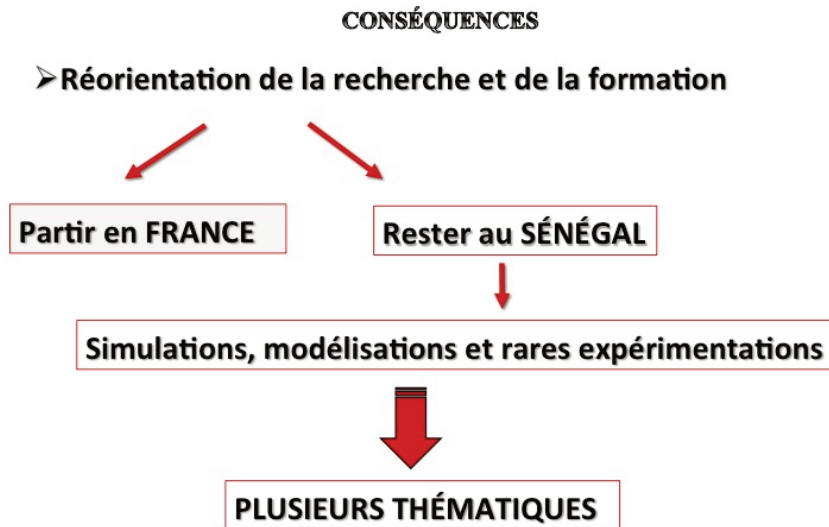
Car, rien que pour faire de la recherche, il faut de l'énergie...

On fait de la recherche pour trouver l'énergie, mais il en faut aussi pour cela!

Les conséquences et la situation actuelle

Donc, aujourd'hui, on a le choix : partir en France, en Europe, au Canada, et se mettre dans de bonnes conditions pour faire de la recherche.

Ou rester au Sénégal...



Partir en France, qu'est-ce que cela signifie ?

Soit vous participez à une compétition de bourses d'excellence, vous êtes lauréat, et vous y allez dans de bonnes conditions.

Soit vos parents ou votre famille payent et, lorsque vous revenez, il faut trouver la possibilité de rembourser.

On parle beaucoup actuellement de la dette américaine en matière de formation et de prêts étudiants, mais c'est pareil ici!

Et c'est ici une « crise », non pas seulement financière, mais également familiale que vous provoquez si vous ne pouvez rembourser, car en Afrique, la famille, c'est plusieurs couches, plusieurs générations superposées et imbriquées...

L'autre solution, donc, est de rester au Sénégal.

Avec quel type de professeur pour vous encadrer, pour que vous

puissiez arriver au niveau *Master* et autre? Et quel type de professeur avec quel type d'engagement?

J'ai mis personnellement sept ans pour faire ma thèse d'État, de 1986 à 1993. Aujourd'hui, nous avons certains jeunes enseignants parmi nous qui peuvent, en trois ans, boucler cela...

Donc, voilà ce qui s'impose à nous : nous devons être une génération capable d'impulser la recherche sans rien du tout, sachant que les laboratoires sont vides...

Alors quels choix faut-il faire, quels choix de recherche faut-il faire?

Les anciens chercheurs et professeurs qui ont été formés à monter des dispositifs et à interpréter des résultats à partir de la physique fondamentale, ces acteurs attendaient de nous une poursuite de ce type de recherche, nous qui n'avons rien...

Alors nos choix se sont tournés vers la simulation, la modélisation et quelques rares cas d'expérimentations qu'on peut malgré tout réaliser.

Et il faut ensuite valider ces résultats dans des publications sur le plan international.

Et il faut aussi réussir à entrer dans le cahier des charges du « temps »!

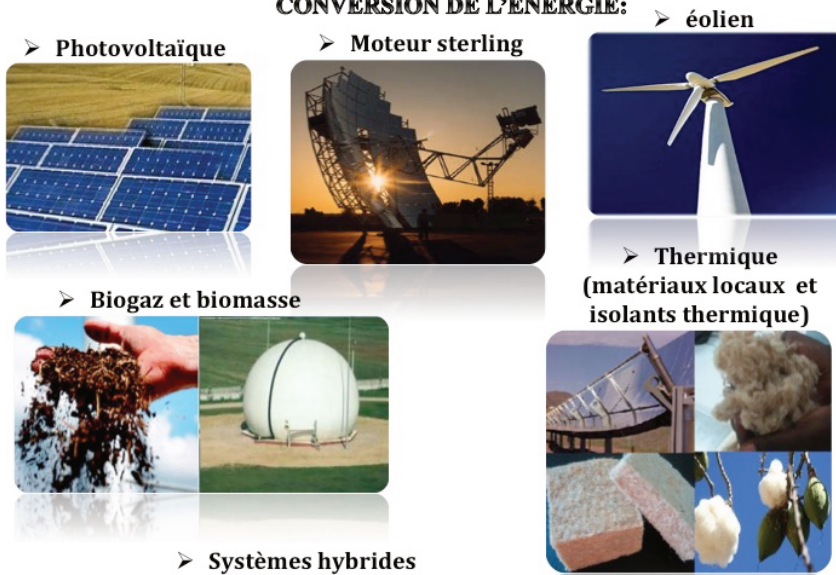
Parce que nos familles, ici, ce sont des familles sociales. Or, si vous passez sept ans à faire une thèse, que vous commencez à 28 ans, sachant qu'on estime parfois que l'espérance de vie d'un Africain est de 35 ans, la famille ne peut plus compter sur vous...

De fait, la question devient de savoir sur quelles thématiques est-il possible de s'engager, de travailler?

Ces thématiques sont diverses, des plus théoriques aux plus appliquées. Notamment, par exemple, les recherches sur les isolants utilisant des matériaux locaux, pour la construction, tels que la filasse, le chanvre, les matériaux végétaux issus de l'arbre appelé « fromager »...

Mais également des perspectives plus larges, telles les utilisations des moteurs solaires, type les moteurs dits « Sterling », ou d'autres, comme ceux développés par la SOFRETES.

CONVERSION DE L'ENERGIE:

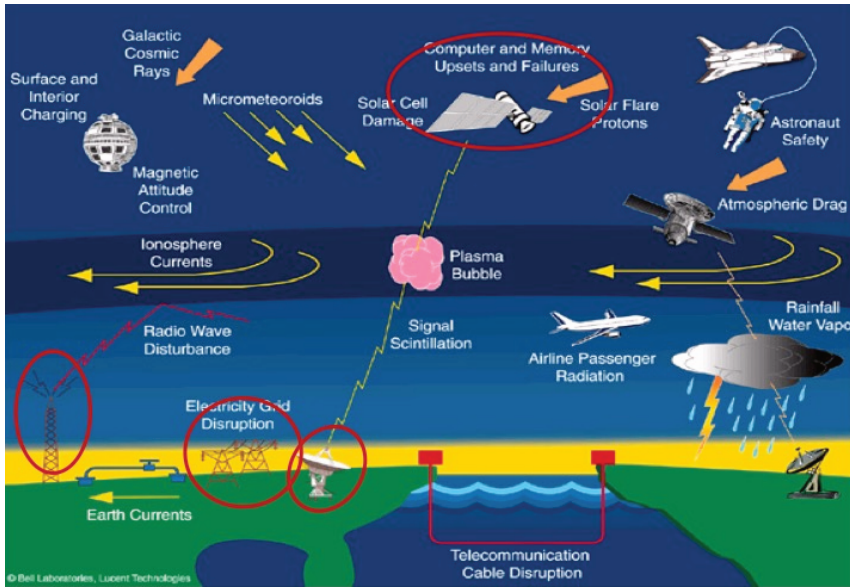


Mais plus largement encore, il nous semble aujourd'hui important de tenter d'ouvrir nos perspectives de recherche.

Par exemple, nous avons eu récemment la possibilité d'intégrer un groupe qui travaillait sur la situation des photopiles au niveau spatial.

Nous avons fait en ce sens plusieurs thèses et publications, qui concernent les dommages causés par certaines particules atomiques sur les panneaux en situation satellitaire, notamment.

L'idée était de nous « porter », en quelque sorte, au plus près des recherches sur le photovoltaïque les plus avancées, des Européens et des autres.



Grâce à ce type de positionnement et de thématiques, nous avons pu participer à des conférences internationales et j'ai moi-même à plusieurs reprises été sollicité pour des conférences européennes, pour présider des sessions, grâce à ces résultats qui avaient été identifiés au niveau international.

Par ailleurs, nous avons la possibilité désormais d'organiser des soutenances de thèse hors de Dakar, pour sensibiliser les populations aux enjeux énergétiques, notamment les femmes. Ce sont elles, en effet qui, en Afrique, exercent le principal rôle dans les familles sur ces questions.

Ainsi, nous avons pu « déconcentrer » des soutenances à Saint-Louis, à Thiès, à Kaolack...

➤ **Conférences internationales et nationales**



➤ **Soutenances hors Dakar**



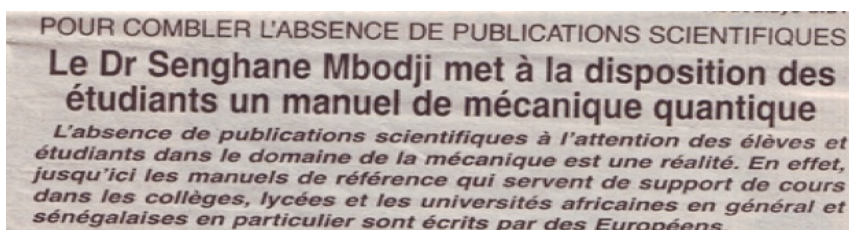
Certains résultats concrets commencent donc à pouvoir être constatés.

Si on parvient non seulement à améliorer la formation, mais également à insuffler la « flamme » de la recherche, on voit des personnes sortir et réussir...

Par exemple, un de mes anciens étudiants est devenu l'auteur d'un manuel sur la mécanique quantique et il est désormais vice-recteur!

Alors que nous, nous n'avons pas eu le temps d'écrire des livres...

Un autre, également, est devenu professeur titulaire, vice-recteur de l'université de Thiès, et lui aussi a eu le temps d'écrire deux livres pour présenter aux jeunes ingénieurs comment faire de la thermodynamique, en collaboration avec un collègue de France.



Les perspectives d'avenir et la structuration d'un réseau continental

Au final, on voit que notre génération est peut-être en train de réussir à impulser autre chose. À poser des bases.

Notamment, aussi, parce que nos propres statuts ont été revalorisés. En 1985, en tant qu'assistant, je ne touchais que 200 euros de salaire, soit moins qu'un professeur de lycée... Aujourd'hui, on voit des ingénieurs qui reviennent travailler comme enseignants à l'université, et cela est positif.

Par ailleurs, nous avons porté un vrai effort sur la structuration de la recherche et des échanges au niveau africain, pour les soutenances, pour la visibilité et l'interconnaissance, au travers notamment du GIRER (Groupe International de Recherche sur les Énergies Renouvelables).

On voit ici le résultat de cet effort académique au Sénégal (à gauche), puis au niveau des pays partenaires à l'intérieur du CAMES.

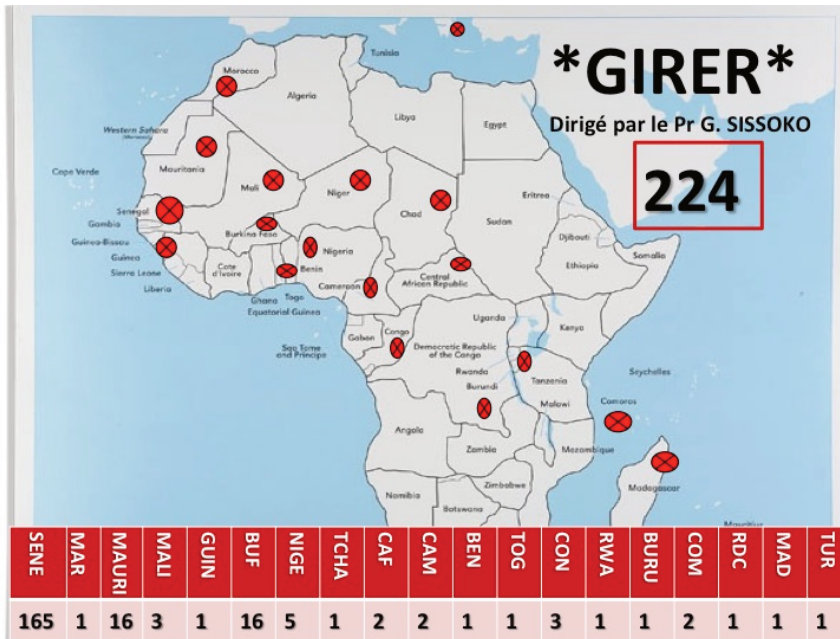
RÉSULTATS

➤ **PLUS DE 120 DEA ET MASTER RECHERCHE SOUTENUS**

➤ **PLUS DE 60 THÈSES DE 3eme CYCLE ET THÈSES UNIQUES SOUTENUES**

➤ **PLUS DE 15 THÈSES D'ETATS SOUTENUES**

➤ **PLUS DE 200 TRAVAUX DE PUBLICATION**

































Au Sénégal, particulièrement, nous avons mis l'accent également

sur l'accès des femmes aux diplômes dans ce domaine de l'énergie solaire.

Nous avons déjà une thèse d'État et deux thèses de troisième cycle soutenues, et de nombreuses autres enseignantes et doctorantes!

Ce sont là des résultats dont nous nous félicitons tout spécialement.

FEMMES CADRES EN ÉNERGIE SOLAIRE

						
	Thèse d'état	Thèse nouveau régime	Thèse 3e cycle	DEA	Master II	
Prénom Nom	diplômes				fonctions	
Mme Hawa LY DIALLO						Prof. Associé/ Coord. Cellule Genr  Université de Thiès UFRSET
Mme Ndeye THIAM						Maitre Assistante EPT /Thiès 
Mme Mame Faty Mbaye FALL						Assistante EPT/ Thiès 
Mme Zeinabou N. BAKO						Maitre Assistante au Niger 
Mme Aminata Gueye CAMARA						Enseignante au Lycée Delafosse 
Mme Coura GUEYE						Cadre au Ministère 
Mme Fatoumata BALDE						Enseignante au Lycée de Louga 
Mme Khady FAYE						Enseignante au Lycée de Thiès 
Mme Oulimata MBALLO						Enseignante au Lycée de Louga 
Mme Fatima BA						Doctorante / UCAD 

FEMMES CADRES EN ÉNERGIE SOLAIRE

★ Thèse d'état
 + Thèse nouveau régime
 X Thèse 3e cycle
 ▲ DEA
 ● Master II

Prénom Nom	diplômes	fonctions
Mme Mame Khady KANE	● Doctorante / UCAD	
Mme Sokhna A. MBACKE	● Doctorante / UCAD	
Mme Ndeye Madeleine DIOP	● Doctorante / UCAD	
Mme Néné TANDJIGORA	● Doctorante / UCAD	
Mme . Mint Ely.Maimouna	● Doctorante / UCAD	
Mme Mint sidi h. selma	● Doctorante / UCAD	

Mme Hawa LY DIALLO première femme docteur d'Etat au Sénégal, le grade le plus élevé, dans le domaine de l'énergie solaire matériaux et systèmes



Conclusion

Reste pour finir tout à fait à se poser diverses questions...

Et, pour moi, la première qui se pose est : vous, les jeunes, quel est le référentiel que vous allez avoir?

Monsieur Jean-Pierre Girardier nous a rappelé quelle était son ambition pour l'énergie solaire en Afrique, dès les années 1960³.

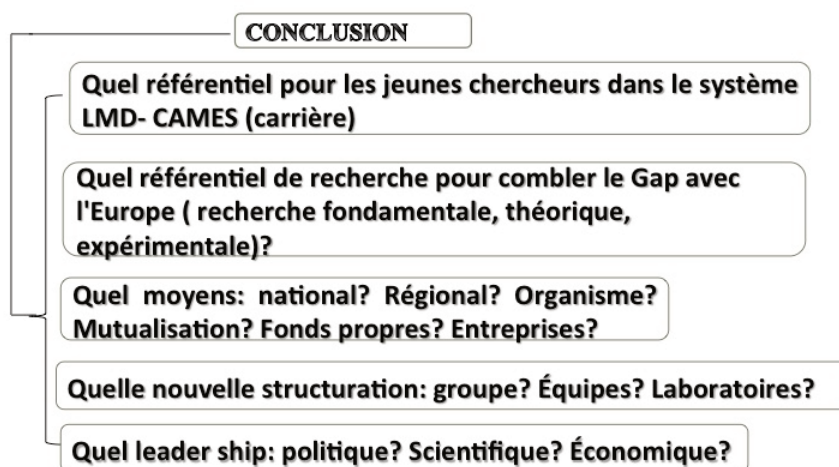
Moi-même, en tant que professeur, je viens de tenter de l'évoquer.

Mais vous, les jeunes? Quelle peut être votre ambition, avec nos faibles moyens?

D'abord, sans doute, se faire connaître, diffuser internationalement, entrer au maximum en contact. Il faut devenir identifiable par vos recherches, comme je le dis toujours à mes étudiants.

Pour autant, d'autres questions restent à préciser : recherche en groupe, recherche de laboratoire, avec quels partenariats nationaux, régionaux, internationaux?

Dans tous les cas, il faut des personnalités fortes, sur place, pour porter les jeunes vers la recherche, d'autant qu'avec la massification de l'enseignement nous avons de fortes responsabilités.



En résumé, je partage une nouvelle fois la philosophie de Jean-Pierre Girardier, qu'il nous a rappelée durant ces rencontres : ne pas attendre que l'Europe vienne faire des choses pour vous, pour nous...

Et ces premières rencontres Decottignies sur l'énergie solaire nous montrent l'importance de la transversalité des études sur les énergies, l'importance d'associer tous les regards, à partir des sciences

3. Voir son texte dans le présent ouvrage.

économiques, des sciences sociales, des sciences juridiques, des sciences physiques, de l'informatique, etc....

Donc vous, les jeunes, ne laissez pas passer cet espoir!

Pour que vous soyez des liens entre les différents professeurs, pour que vous participiez à cette émergence et puissiez y trouver votre place.

Dans les pas de Jean-Pierre Girardier

ALEXANDRE MOUTHON

Ces quelques images présentées sous forme de bref récit photographique sont un hommage à Jean-Pierre Girardier, docteur en physique de l'Université de Dakar en 1963, pionnier du solaire thermodynamique en Afrique et disparu le 26 novembre 2017 à l'âge de 83 ans.

Il était, en mai 2016, revenu pour la première fois depuis 30 ans à Dakar à l'occasion des rencontres dont est issu le présent ouvrage¹.

1. Un récit photo plus élaboré, « Retour vers le futur ou l'histoire oubliée du solaire au Sénégal », est paru dans l'édition en ligne du journal Le Monde Afrique, le 24 mars 2017. Ce récit a également été repris dans le Journal télévisé Afrique de TV5 Monde, le 30 mars 2017.



Se lancer sur les traces de Jean-Pierre Girardier tient du pèlerinage. C'est parcourir une histoire à rebours, une histoire de l'Afrique bien méconnue.

Sur cette photo, il pose lors de l'inauguration d'une exposition de photographies de ses travaux présentée devant la bibliothèque centrale de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar². Il est aux côtés du professeur Mamadou Badji, doyen de la Faculté de droit de Dakar, et de monsieur Olivier Boasson, chef du Service de Coopération et d'Action culturelle et directeur de l'Institut français qui représentait monsieur Jean Félix-Paganon, ambassadeur de France au Sénégal.

En arrière-plan se trouve une photo montrant Jean-Pierre Girardier, en 1976, expliquant au président Léopold Sédar Senghor sous le regard attentif d'Abdou Diouf (le plus grand à gauche), futur second président du Sénégal indépendant, les possibles liens aux applications réussies de l'énergie solaire thermodynamique.

Cette image est symbolique à plus d'un titre. Elle illustre la vitalité et la longévité de la coopération franco-sénégalaise, tant passée que présente.

Mais elle illustre aussi certaines limites : où sont les centrales

2. Exposition réalisée par Frédéric Caille à l'occasion des rencontres Decottignies de mai 2016.

solaires tant espérées? Elles qui étaient déjà envisageables il y a 40 ans...



Image d'archive de la SOFRETES. Dakar, 1975. Jean-Pierre Girardier et le président Senghor, au centre.



Jean-Pierre Girardier en 2016.



Image d'archive de la SOFRETES. Pompe thermique, village de Diagle, 1975.

La venue de Jean-Pierre Girardier à Dakar fut une occasion de rencontres et de dialogues de chercheurs de l'énergie solaire par-

delà les technologies et les générations, comme lorsque le thermicien Girardier témoigne devant le physicien spécialiste du photovoltaïque Grégoire Sissoko, de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, et ses doctorants.



Les jeunes docteurs ou doctorants dakarois qui assistent aux

rencontres Decottignies de mai 2016 sont nombreux à se spécialiser dans les approches environnementales, qu'ils viennent des sciences juridiques ou des sciences physiques.

Leur surprise est immense lorsqu'ils apprennent que leurs aînés maîtrisaient déjà le pompage thermodynamique, voire la production électrique, par l'énergie solaire.

Ce vieil homme ci-dessus, Diomaye Sene, est venu interpeller les membres des journées d'étude au nom des Anciens, au nom de l'Histoire.

Il a repris des études de droit, après une vie de labeur et un passage par les chantiers navals français.

Il bouscule les périphrases officielles et la prudence académique : « Comment se fait-il que cette aventure précoce du solaire au Sénégal ait été oubliée? Quel est le rôle des lobbies de l'énergie? De la Sénélec (la compagnie d'électricité sénégalaise)? ».

Les débats de cet deuxième après-midi des Rencontres seront souvent vifs et décomplexés. Personne ne cherche de coupable, mais chacun voudrait contribuer à combler le « gap énergétique » du Sénégal, l'un des pays du monde les plus défavorisés en la matière.



En pèlerinage à l'ancien IPM (Institut de physique météorologique) où il avait réalisé sa thèse, devenu ensuite en 1980

le Centre d'Études et de Recherches sur les Énergies renouvelables (CERER)³, Jean-Pierre Girardier découvre, avec l'équipe actuelle, un séchoir solaire récemment conçu pour les fruits.

Les applications seraient fort nombreuses dans un pays comme le Sénégal qui produit désormais des mangues à foison.

Cela pourrait permettre leur conservation et leur exportation pour un coût très bas. Un petit ventilateur électrique, branché sur un panneau photovoltaïque de quelques dizaines de centimètres carrés, extrait l'air sous la bâche.

Il n'est pas nécessaire d'utiliser, pour cette installation, l'électricité produite par la Sénélec dans ses centrales thermiques, lesquelles brûlent du pétrole et plombent la balance commerciale du pays.

De tels séchoirs pourraient être installés dans les nombreuses campagnes non reliées au réseau électrique général (le taux actuel d'électrification rurale est de 17 %).



Un arbre a poussé là où la première pompe thermique fut testée.
Il ne reste que le puits.

3. Le CERER est un institut autonome au sein de l'UCAD de Dakar. Site Internet : <http://cerer.ucad.sn>

Les moteurs ont disparu, ainsi que toutes les pièces qui pouvaient être démontées.

L'homme en blanc était là dès les années 1960, alors jeune technicien sur le site de recherche. Il nous confie qu'un jour, à la fin des années 1980, des casseurs sont venus tout détruire, mais sans rien voler...



Les premiers plans du site, dressés à la main par le professeur Masson dans les années 1960, sont retrouvés au fond d'un placard par les techniciens du CERER d'aujourd'hui, en présence de leur aîné, avec des relevés de mesures variées.

Dès cette époque, des relevés journaliers de la radiation solaire dans divers points du Sénégal étaient effectués et leur centralisation internationale était alors réalisée par l'URSS.



Les hangars du CERER témoignent des expériences et des travaux qui y ont été conduits. Comme souvent dans le domaine scientifique et technologique, on ne mesure pas encore complètement l'importance de la conservation patrimoniale des expérimentations passées, lesquelles dans le cas de l'énergie solaire et des énergies renouvelables nous parlent aussi de notre futur.

L'illustration centrale est ainsi emblématique d'un des premiers enjeux énergétiques en Afrique : en zone sahélienne, la forte consommation de bois domestique et la déforestation qui en résulte sont une atteinte fondamentale aux équilibres environnementaux et sociaux.

Dès les années 1960 pourtant, notamment au CERER, des foyers économes en bois et des cuisinières solaires ont été mis au point pour tenter d'enrayer le phénomène.



Sur la route de Thiès, à 70 km à l'est de Dakar, en ce même mois de mai 2016, on croise d'autres traces de projets convergents récents. Les organismes internationaux, si ce n'est dans quelques camps de réfugiés, sont toujours restés très timides sur la question de la cuisson solaire⁴.

4. Note des éditeurs : sur cette question, voir le texte récent et très précis de Abibatou Banda Fall, « L'impact des cuisinières solaires PCSA dans la conservation des équilibres écologiques et sociaux : cas de la commune de Ngaye Méckhé au Sénégal », dans Ahmadou Makhtar Kanté (dir.), Environnement, changement climatique et sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest et du Centre. Compréhension des enjeux et pistes pour l'avenir, Dakar, CODESRIA, 2015, pp. 9-36.



Au CERER, à nouveau, on voit la parabole d'un concentrateur solaire construit dans les années 1970. Les mémoires se brouillent sur sa provenance exacte : France et CNRS ? URSS?

Quoi qu'il en soit, la quantité d'énergie produite avec cette technologie et une telle surface est considérable. Elle peut dépasser aisément le millier de degrés Celsius.

Cette parabole mériterait de devenir une pièce maîtresse d'un espace pédagogique et mémoriel sur les énergies vertes au Sénégal.



Nous continuons de suivre les pas de Jean-Pierre Girardier, sans sa présence, mais avec Frédéric Caille, enseignant-chercheur en science politique et organisateur de ces Rencontres, et Ahmadou

Makhtar Kanté, écologue et chercheur indépendant en environnement à Dakar.

Nous nous rendons au nord de la commune de Thiès, à un peu plus d'une centaine de kilomètres au nord de Dakar.

Cet homme, Moussa Ndoye, a découvert en 1976, un matin de ses 20 ans dans son village de Mérina Dakhar, des hommes construisant l'une des premières pompes solaires de la SOFRETES.

Il fut ensuite co-conducteur des travaux, avec les techniciens français, d'une dizaine d'autres pompes installées par l'entreprise au Sénégal. Il nous fait visiter le site, où il ne reste presque rien, si ce n'est sa mémoire et sa précieuse parole.



Un puits et un château d'eau témoignent du passé.

La pompe fut arrêtée en 1984-86 pour être remplacée par une pompe électrique en 1993, alimentée par le réseau général de la Sénélec.

L'ancien conducteur de la pompe solaire, aujourd'hui président de l'Association de distribution d'eau qui subsiste et alimente 800 foyers, signerait immédiatement pour l'achat de panneaux photovoltaïques.



Le béton de l'ancien puits sert de support aux graffitis des enfants et leur fait de l'ombre aux heures chaudes, à défaut de leur offrir de l'eau à bas coût.

L'électricité fournie par les centrales thermiques est polluante, de mauvaise qualité (les variations d'intensité usent prématurément tous les appareils) et chère, tandis que les délestages sont une habitude mal vécue.

Des émeutes ont éclaté à Dakar à plusieurs reprises à cause des coupures électriques répétées. Les artistes se sont emparés du sujet. Voir la vidéo « Senelec-Coupelec » de 2010, du groupe sénégalais HA2N, exhumé par Jean-François Havard lors de sa communication orale aux journées d'étude : <https://www.youtube.com/watch?v=t9uejcOziT4>



Nous sommes dans un autre village, à moins d'une cinquantaine de kilomètres.

Le chef du village de Mont Roland (75 km au nord de Dakar) ne se souvient pas d'une pompe solaire installée dans son village par la SOFRETES de Jean-Pierre Girardier.

C'est le précédent chef de village qui s'en souvient.

Elle fut installée à la mission catholique, de l'autre côté du mur d'enceinte du premier puits⁵.

5. Note des éditeurs : il s'agissait de l'une des premières pompes photovoltaïques de la SOFRETES. Voir les images disponibles dans la vidéo de l'émission de François de Clozets en 1980 concernant Jean-Pierre Girardier (à 8 min 45 sec) <https://afrisol.hypotheses.org/82>



Mont Roland est une communauté catholique située à une cinquantaine de kilomètres de Mérina Dakhar. Le frère de Paul Claudel, un Père blanc, y fit creuser un puits de 80 mètres de profondeur dans la mission catholique : le premier d'une longue série.

Les puits manuels jalonnent aujourd'hui les rues du village. Beaucoup sont à sec.



Le nombre important de puits creusés dans cette partie du village rend difficile l'identification du premier et de celui sur lequel fut branchée la pompe solaire, comme à Mérina Dakhar. Restent le château d'eau en ruines et le hangar qui a abrité l'installation de la SOFRETES.

Des vestiges de bornes-fontaines de redistribution et de canalisations sont envahis par la végétation, mais des noms et des dates, gravés dans le béton, attestent que des installations ont survécu au moins jusque dans les années 1990.

Depuis, un forage diesel et un château d'eau moderne ont été construits, laissant de côté les anciennes installations de l'aventure solaire de Jean-Pierre Girardier, dont le souvenir s'estompe.



À Mont Roland, en cherchant les traces des premières installations solaires, on peut être conduit à s'interroger sur le sens

de l'épopée énergétique moderne... Est-ce le bon sens? Du premier puits à la pompe solaire, puis de la pompe solaire au forage diesel...

Se mêlent en nous les sentiments contradictoires d'assister à la fois à un retour vers le futur de la planète et à la poursuite de sa fuite en avant dans le passé.

À l'heure où les opérateurs téléphoniques proposent aux abonnés des services de banque en ligne mobiles, les habitants achètent de l'eau trop chère, extraite aux énergies fossiles, alors qu'il y a trente ans, leur eau était pompée grâce au soleil...



En ce mois de mai 2016, entre l'effervescence dakaroise et le silence des ruines, entre grève estudiantine et biennale d'art contemporain, entre nostalgie et espérance, cette femme, assise au bord de la route et qui effeuille des buissons fournissant une tisane traditionnelle, traverse le temps.

Faut-il s'enthousiasmer de la redécouverte de l'aventure solaire du Sénégal des années 1970 et, déjà, de ses nombreux rêves et de ses promesses?

Ou faut-il s'indigner de cet « oubli » de quarante ans et des trappes de notre histoire?

Si les difficultés matérielles rendent les étudiants réalistes sur leur

sort et sur celui de leur pays, on ne peut ignorer la flamme qui les anime.

Jean-Pierre Girardier leur a transmis son rêve.

Cette Afrique-là, dorénavant, croit au soleil.

Émeutes de l'électricité et politisation au Sénégal

JEAN-FRANÇOIS HAVARD

Depuis la fin des années 1990, les difficultés d'approvisionnement et le coût de l'énergie au Sénégal se sont traduits par une succession de mouvements sociaux, de contestations et de mobilisations collectives engageant les populations, les sociétés civiles et plus particulièrement la jeunesse urbaine. En effet, si elle soulève un certain nombre de dimensions techniques et juridiques, la question énergétique ne se poserait évidemment pas avec la même acuité si elle ne recouvrait d'abord des enjeux politiques et sociaux.

L'objectif est donc ici de rétablir la continuité de ces mobilisations énergétiques qui, paradoxalement, n'ont été que rarement thématiques comme telles, soit qu'elles aient été traitées comme des crises ponctuelles, soit qu'elles aient été subsumées comme s'inscrivant dans un ensemble d'autres revendications décrites comme relevant d'« émeutes de la faim » (Antil, 2010).

Il ne s'agit certes pas de nier que les effets sociaux des coûts

de l'énergie s'ajoutent à ceux de l'inflation des denrées alimentaires et du logement. Pour autant, en se concentrant sur cette question énergétique, il apparaît qu'il s'agit bel et bien d'un enjeu politique et social, à la fois majeur et structurant.

1998 : les premières mobilisations

Nous proposons de retenir comme point de départ les « événements » de juillet 1998. Le régime socialiste était alors à bout de souffle après 40 ans d'exercice du pouvoir, ceci dans un contexte social extrêmement difficile, après la dévaluation du franc CFA en 1994, puis la reprise en main du processus de réformes par des bailleurs de fonds animés par le dogme des privatisations¹. Or, c'est justement pour s'opposer à la privatisation de la SENELEC (Société Nationale d'Électricité du Sénégal) que le SUTELEC (Syndicat Unique des Travailleurs de l'Électricité), alors dirigé par Mademba Sock, engagea un mouvement de grève, dit de « grève du zèle » (boycottage des heures supplémentaires, des cumuls de poste et des réparations en cas de panne...), lequel allait plonger le Sénégal dans le noir, et rappeler le précédent mouvement de contestation similaire de 1992².

Mademba Sock et 26 de ses camarades du SUTELEC furent alors accusés de « sabotage », puis arrêtés et placés sous mandat de dépôt le 20 juillet 1998. L'objectif du régime socialiste était clairement de disqualifier le mouvement, certains journaux n'hésitant pas alors à parler de « prise d'otage », voire de « comportements terroristes »³. Il est à noter que la réaction du pouvoir fut d'autant plus forte que le ministre des Mines et de l'Énergie de l'époque, Maguette Diouf, était par ailleurs le frère cadet du président Abdou Diouf...

Bref, s'en suivirent plusieurs mois de mobilisations pour la libération et la réintégration des syndicalistes engagés dans cette lutte. Mademba Sock sera pour sa part libéré le 22 janvier 1999, après six mois d'emprisonnement.

1. Depuis l'indépendance du Sénégal en 1960, Léopold Sédar Senghor, puis son dauphin Abdou Diouf ont successivement exercé le pouvoir chacun pendant deux décennies.
2. En octobre 1992, un mouvement social du SUTELEC s'était déjà traduit par trois jours de coupure d'électricité, puis d'eau, à la suite de l'interruption des pompes de la SONES, la Société Nationale des Eaux du Sénégal.
3. Ces qualificatifs étaient communément employés dans le journal *Le Soleil*, quotidien pro-gouvernemental, mais aussi dans *Le Matin* du groupe Tandian Multimédia. Ainsi, cet article où il est question des « comportements terroristes du SUTELEC » (Diarra, 1998).

La « grève du zèle » du SUTELEC a bien sûr provoqué des coupures de courant. Pour autant, les populations ne furent pas dupes, et c'est bien le régime socialiste qui fut jugé comme le seul vrai responsable de la crise structurelle de l'approvisionnement électrique. Le registre de la dérision se mêlera alors souvent aux manifestations d'exaspération. Par exemple, par des plaisanteries opposant la ville de Dakar, constamment dans le noir à cause des « délestages » de la SENELEC, à Paris, la « Ville lumière », en référence à la prophétie du président Senghor qui promettait qu'« en l'an 2000, Dakar serait comme Paris »⁴...

De son côté, dans le titre *Boulen coupé*, le chanteur Youssou Ndour s'interrogeait de façon ironique :

On a emprisonné Mademba Sock. Jusqu'à présent il n'y a pas d'électricité. Il y a quelque chose de pas clair là-dedans.

Ce titre, l'une des rares chansons explicitement engagées de Youssou Ndour, a eu un écho considérable et a fortement contribué à la popularité de Mademba Sock. Poussé par le mouvement syndical qui voyait en lui un héros, ainsi que par quelques mouvements politiques de la gauche sénégalaise (notamment le Rassemblement des Travailleurs Africains/Sénégal [RTA/S] d'El Hadj Momar Samb), il a d'ailleurs cru être en mesure de convertir électoralement sa popularité lors de l'élection présidentielle de 2000. Or, il n'en fut rien, Sock recueilli alors le plus petit score de tous les candidats avec seulement 0,56 % des suffrages exprimés.

Pour autant, si Sock et ses partisans ne sont pas parvenus à capter électoralement le mécontentement populaire, ce mouvement social de 1998 a fortement contribué à mettre les questions des coupures d'électricité et, plus généralement, celle de l'approvisionnement énergétique au cœur du programme politique et social. Ainsi, consacrant la première alternance électorale au Sénégal depuis l'Indépendance en 1960, la victoire d'Abdoulaye Wade au second tour de la présidentielle en 2000, n'est évidemment pas étrangère à cette politisation du mouvement social (Diop, Diouf et Diaw, 2000).

4. Également, S. Dieye « Pacheco » qui chantait 2000, attum natangue la, qu'on peut traduire par L'an 2000, c'est l'année de la prospérité.

2000 : *bul faale*, laisse tomber

Ce tournant de la fin des années 1990 et des années 2000 coïncide également avec l'affirmation dans l'espace public du mouvement générationnel « *bul faale* », qu'on peut traduire par « laisse tomber », ou « t'occupe pas », en wolof, langue véhiculaire au Sénégal. Porté par de nouvelles « figures de la réussite » issues du monde de la lutte traditionnelle sénégalaise (Mohamed Ndao « Tyson », notamment) et de la musique rap (PBS, Rap'Adio, Pee Froiss...), ce mouvement générationnel est d'abord apparu comme l'expression des processus d'« individualisation subjective » alors à l'œuvre au sein de la jeunesse urbaine (Havard, 2001).

Mais par-delà, ce mouvement *bul faale* a inauguré de nouvelles formes de mobilisations collectives, générationnellement différenciées, qui vont durablement imprégner les mouvements sociaux (Dimé, 2017; Ba, 2016; Dieng, 2015; Awenengo-Dalberto, 2011). Or, parmi les acteurs en vue de ce mouvement, les rappeurs se sont tout particulièrement distingués par leur capacité à médiatiser les difficultés sociales des populations, en traitant de la récurrence des coupures d'électricité comme d'un marqueur plus général de la faillite et de la crise de légitimité de l'État.

Les années 2000 et l'arrivée au pouvoir du président Wade ont en effet d'abord soulevé d'énormes espoirs, mais des espoirs à la mesure des désillusions qui ont suivi. Certes, même irrégulière, la croissance a globalement été au rendez-vous, et le Sénégal put bénéficier pendant quelques années du regain de sa réputation internationale à la suite de cette expérience de transition démocratique, encore trop rare sur le continent.

Pour autant, cette croissance s'est également surtout traduite par une inflation du coût d'accès au logement et aux biens de première nécessité (alimentation, énergies...), et donc, *in fine*, par un accroissement des inégalités. Les populations de l'agglomération dakaroise, plus encore que dans les villes de l'intérieur du pays, vivront alors au rythme des délestages électriques d'un quartier à l'autre, mais aussi, de façon plus ponctuelle, mais néanmoins renouvelée, des coupures d'eau et des ruptures d'approvisionnement en gaz.

Toutefois, ce n'est vraiment qu'à partir du deuxième mandat du

président Wade, réélu en février 2007, que la contestation a pris un tournant décisif.

Dès novembre 2007, des manifestations de marchands ambulants sont ainsi violemment réprimées. Il s'agissait pour eux de résister à la volonté du président Wade et du gouvernement de les faire déguerpir des trottoirs de Dakar. Or, il s'agissait pour la plupart d'entre eux de jeunes des quartiers les plus populaires, notamment de Pikine et Guédiawaye, les deux grandes villes de la banlieue de Dakar. Surtout, ces jeunes avaient le sentiment qu'on voulait les empêcher de travailler, alors même qu'ils devaient contribuer aux besoins de leurs familles étouffées par l'augmentation du coût de la vie (Antil, 2010).

Quelques mois plus tard, fin mars 2008, des associations de consommateurs, dont l'ASCOSSEN (Association des Consommateurs du Sénégal), organisent une marche pacifique, cette fois pour dénoncer l'augmentation du coût de la vie. Le rassemblement, qui avait lieu devant les locaux de la chaîne de télévision Walf TV, a été sévèrement réprimé par les forces de l'ordre, cette réaction entraînant de violents affrontements avec les jeunes des quartiers avoisinants. Ces émeutes ont d'ailleurs valu au ministre de l'Intérieur Ousmane Ngom d'être limogé le mois suivant.

2007-2008 : femmes et imams *siggil* Sénégal, redressent le Sénégal

C'est dans ce contexte de plus en plus tendu et marqué par les répressions policières qu'a eu lieu la marche de protestation des femmes du « Front Siggil Sénégal », une expression qu'on pourrait traduire par « Front pour redresser le Sénégal », soit un collectif de partis d'opposition et d'acteurs de la société civile créé à l'issue de la présidentielle de 2007 dans l'objectif d'organiser la contestation contre le régime du président Wade.

Organisée le 9 juillet 2008, la marche des femmes du Front Siggil Sénégal suivait un parcours de la place de l'Obélisque au siège de la Radio Télévision Sénégalaise (RTS). Or, si l'objectif de cette marche était bien de dénoncer la cherté de la vie de façon générale, la question des coupures et du coût de l'électricité était également au tout premier plan des revendications, comme en témoignent les pancartes marquées des slogans « Pénurie délestages inflation =

régime», ou encore « Oui à l'électricité, non aux matraques électriques ».

Sans doute, peut-on considérer avec Alioune Badara Diop que cette manifestation participait d'une logique de « théâtralisation du rapport de force pouvoir/opposition » (Diop, 2010 : 142). Elle a néanmoins permis de mettre le doigt sur un des points les plus sensibles et susceptibles de remettre en cause la légitimité du pouvoir en place, en faisant de la question énergétique, par sa propension à cristalliser les frustrations des populations, un véritable vecteur de politisation.

Il faut en effet mesurer que, pour les populations, ces coupures récurrentes avaient des conséquences multiformes : pertes de journées de travail, dégradation des appareils domestiques, épreuve de la chaleur sous l'arrêt des ventilateurs, impossibilité de recharger les téléphones, perte des aliments conservés dans les congélateurs, interruption des programmes télévisés les plus populaires...

On peut d'ailleurs également illustrer la sensibilité politique des populations aux questions énergétiques par le fait qu'après une série de coupures d'électricité, il n'est pas rare au Sénégal que les jeunes prennent l'habitude d'exprimer leur mécontentement en investissant les points névralgiques de leur quartier (ronds-points, grands axes, places), et ce, pour y bruler des pneus et défier les forces de l'ordre. On peut notamment citer l'exemple du 9 octobre 2008, quand des habitants des quartiers Derklé, Castor, Dieuppeul et Khar Yalla ont saccagé plusieurs agences de la SENELEC après avoir subi pas moins de 48 heures de coupures.

En décembre 2008, ce sont des imams de la banlieue de Dakar, plus particulièrement de Guédiawaye, qui prennent la tête d'une nouvelle mobilisation populaire. Ces imams, et notamment l'Imam Youssoupha Sarr, furent alors les médiateurs moraux du mécontentement populaire contre les coupures, les surfacturations du coût de l'électricité et, plus généralement, encore une fois, contre la vie chère. Une première manifestation est organisée le 6 décembre, manifestation interdite, mais cette fois non réprimée. Surtout, à l'issue de cette première manifestation, les imams ont appelé les populations à boycotter le paiement des factures d'électricité.

À l'époque, ce mouvement fut considéré comme révélateur des transformations de la société civile religieuse au Sénégal. En effet, ces

imams ont pris la tête de ce mouvement social en tant qu'autorités morales et porte-paroles légitimes des populations de leurs quartiers, plus qu'au nom de référents explicitement religieux. D'ailleurs, alors que cette question sature habituellement l'espace public religieux sénégalais, l'identification confrérique de ces imams n'était aucunement mise en avant, et les hiérarchies confrériques elles-mêmes sont restées en retrait. Mais, surtout, leur statut a mis le pouvoir dans une situation délicate, lequel ne put plus arguer que ces mobilisations étaient le seul fait de jeunes « casseurs » manipulés par l'opposition.

2010-2011 : y'en a marre

Au Sénégal, le chanteur Youssou Ndour a souvent produit la « bande-son » de son époque. Or, 20 ans après *Set* (1990) qui accompagna le mouvement *Set setal* (Diouf, 1992)⁵, et dix ans après *Boulen coupe* (1999), il fait en 2009 une reprise en wolof d'O-bla-di O-bla-da des Beatles, sous le titre *Leep mo lëndëm* (tout est obscur).

Il chante alors :

Coupures le matin, coupures le soir.
Le peuple est fatigué d'être toujours dans le noir.
Vous nous faites souffrir et vous nous cachez la vérité »⁶.

Malgré sa popularité, ce n'est pourtant pas le « roi du *mbalax* » qui parvint le mieux à traduire l'exaspération populaire, mais bien plus la mobilisation des rappeurs à travers le mouvement *Y'en a marre*, apparu en janvier 2011, à la suite d'une nouvelle vague de coupures d'électricité (Gueye, 2013; Cissokho, 2011).

Un article de Stéphanie Binet publié dans *Le Monde* du 12 décembre 2012 titrait : « Y'en a marre, révolution née d'une coupure d'électricité ». Pourquoi ce titre? D'abord parce que, rétrospectivement, fin 2012, ce mouvement *Y'en a marre* pouvait apparaître comme le prolongement sénégalais des mobilisations populaires qui avaient préfiguré les « révolutions arabes » en 2011. Par ailleurs, parce que ce serait à l'occasion d'une nouvelle coupure de

5. Le mouvement *Set setal*, « Propre, rendre propre » en wolof, est apparu dans le prolongement des contestations électorales qui ont marqué la réélection du président Abdou Diouf en 1988.

6. « Sénégal : "Tout est obscur", chante Youssou Ndour dans un single contestataire », AFP, 8 décembre 2009.

courant que serait née l'idée de ce mouvement dont les principaux animateurs comptent plusieurs figures de la scène rap sénégalaise (Thiat et Kilifeu du groupe Keur Gui de Kaolack, le rappeur Simon), ainsi qu'un journaliste engagé, Fadel Barro.

Ce dernier rapporte que, dans la nuit du 15 au 16 janvier 2011, à la suite d'une nouvelle coupure de près de 20 heures, il discutait dans l'obscurité avec des amis rappeurs et journalistes de la faillite du régime et de leurs responsabilités respectives dans la résignation des populations : « On a fait le constat que dans ce pays, le Sénégal, on vivait 20 heures de coupures d'électricité et les gens ne faisaient rien. Alors, à un certain moment, on s'est dit que nous les jeunes, il fallait qu'on s'engage » (Haeringer, 2012, p. 152).

Au retour de l'électricité vers 4 h du matin, ils décident d'écrire un communiqué pour lancer leur mouvement et, début mars 2011, ils diffusent une pétition sous le nom « Les milles plaintes contre le Gouvernement du Sénégal » dont les premiers mots sont :

« Je suis citoyen, je perds des journées de travail, je dors dans le noir à cause des délestages. Pourtant je paie ma facture ».

Ce mouvement *Y'en a marre* s'est ensuite peu à peu structuré sur l'ensemble du territoire (« Esprits *Y'en a marre* »), parvenant à agréger d'autres mouvements d'exaspération et faisant la promotion de ce que ses militants appelèrent un « Nouveau Type de Sénégalais » (NTS). Ce mouvement contribuera activement à la mobilisation en faveur de l'alternance de 2012, laquelle s'est conclue au second tour par la défaite du président sortant Abdoulaye Wade et par l'élection de Macky Sall (Dimé, 2017; Ba, 2016; Dieng, 2015; Awenengo-Dalberto, 2011).

Conclusion

Vus de France notamment, les mouvements sociaux qu'ont vus d'évoquer ont régulièrement été décrits en termes d'« émeutes de la faim ». Comme s'il était entendu que les Africains ne peuvent réellement se mobiliser que quand ils ont le ventre vide...

Or, s'il ne s'agit évidemment pas de nier les effets dramatiques de l'augmentation du coût des denrées alimentaires, c'est bien la question énergétique, et plus particulièrement celle de l'alimentation

électrique, qui a été le principal « fil conducteur », pour ainsi dire, de ces mobilisations.

Parmi d'autres enseignements, on peut relever également que ces mobilisations ont, de plus en plus au fil de ces deux décennies d'histoire sénégalaise, été animées par des acteurs non institutionnels de la société civile. En 1992, et surtout en 1998, ce sont les centrales syndicales et quelques partis de gauche qui ont porté la contestation sociale et structuré la mobilisation populaire. Cependant, profitant de la mobilisation en faveur de l'alternance en 2000, le libéral Abdoulaye Wade est parvenu à coopter les leaders historiques de la gauche sénégalaise et du mouvement syndical, dont Mademba Sock, parvenant ainsi à étouffer durablement leur capacité d'animation du mouvement social. Ainsi, ce n'est pas pour rien si ce sont des femmes, puis des imams de quartier qui ont pris la tête des mobilisations populaires par la suite, comme en décembre 2008, ou des journalistes et rappeurs avec le mouvement *Y'en a marre* à partir de 2011. Plus largement, ces mobilisations populaires successives ont aussi eu des effets en termes de politisation des populations et d'élargissement des répertoires d'action légitimes.

Notons enfin que cette expérience sénégalaise ne constitue pas une exception. Comme l'a souligné l'anthropologue Alain Bertho, les « émeutes de l'électricité » se sont multipliées dans le monde à la fin des années 2000. Notamment en 2009, alors que les populations de la banlieue dakaroise se mobilisaient autour de ses imams, il y eut également des manifestations et « émeutes de l'électricité » en Algérie (Bouteldja, Skikda), en Colombie (Vilarica, San Carlos, sans Andès de Sotaventos), en Côte d'Ivoire (Aboisso et Yamoussoukro), au Guatemala, en Guinée (Kamsar), en Inde (Mumbai), au Nigeria (Zaria), au Pakistan (trois fois à Karachi, Landhi, Hangu), à Saint-Domingue, au Venezuela (Mérida) ou au Yémen (Aden). Or, Alain Bertho montre combien toutes ces mobilisations et émeutes interpellent en réalité la légitimité des États eux-mêmes, à travers leur capacité à prendre en charge et à satisfaire les besoins primaires des populations en contexte de globalisation (Bertho, 2010).

(Aux lecteurs papier comme en ligne, on ne manquera pas de conseiller un peu de musique, « électrique » bien sûr, soit celle des Sénégalais HA2N [Supa Ced & Dk Style] avec le titre *Désolé [Senelec - Coupelec]* : <https://youtu.be/t9uejcOziT4>)



Références

- Antil, Alain. 2010. « Les “émeutes de la faim” au Sénégal. Un puissant révélateur d’une défaillance de gouvernance », Note de l’IFRI, multig.
- Awenengo Dalberto, Séverine. 2001. « Sénégal : les nouvelles formes de mobilisation de la jeunesse », Les carnets du CAP : 37-65
- Ba, Mamadou. 2016. « Dakar, du mouvement Set setal à Y’en a marre (1989-2012) », itinéraires, [http:// itineraires.revues.org/3335](http://itineraires.revues.org/3335)
- Bertho, Alain. 2010. « Les émeutes dans le monde en 2009 : ethnographie de la colère », Revue internationale et stratégique, vol. 79, n° 3 : 75-85.
- Binet, Stéphanie. 2012. « Y’en a marre, révolution née d’une coupure d’électricité », Le Monde, 12 décembre.
- Cissokho, Sidy. « Y’en a marre. Rap et contestation au Sénégal », Multitudes, n° 46 : 26-34.
- Diarra, Abdou Karim. 1998 « Le noir aveuglement de Sock », Le Matin, n° 456, 16 juillet
- Dieng, Moda. 2015. « La contribution des jeunes à l’alternance politique au Sénégal : Le rôle de Bul faale et de Y’en a marre », African sociological review, vol. 19, n°2 : 75-95.
- Dime, Mamadou. 2017. « De bul faale à Y’en a marre : continuités et dissonances dans les dynamiques de contestation sociopolitique et d’affirmation citoyenne chez les jeunes au Sénégal », Afrique et développement, vol. XLII, n° 2 : 83-105.
- Diop, Alioune Badara. 2010. « Sénégal : Les mouvements sociaux sous l’alternance », Alternative Sud, 17/4 : 139-146.

- Diop, Momar Coumba. Diouf, Mamadou. Diaw, Aminata. 2000. « Le baobab a été déraciné. L'alternance au Sénégal », *Politique africaine*, n° 78, juin : 157-179.
- Diouf, Mamadou. 1992. « Fresques murales et écriture de l'histoire. Le Set/Setal à Dakar », *Politique africaine*, n° 46 : 41-55.
- Gueye, Marame. 2013. « Urban Guerilla Poetry: The Movement Y'en a marre and the Socio-Political Influences of Hip Hop in Senegal », *The Journal of Pan African Studies*, vol. 6, n° 3 : 22-41.
- Haeringer, Nicolas. 2012. « Y'en a marre. Une lente sédimentation des frustrations. Entretien avec Fadel Barro », *Mouvements*, n° 69 : 151-158.
- Havard, Jean-François. 2001. « Éthos "bul faale" et nouvelles figures de la réussite au Sénégal », *Politique africaine*, n° 82 : 63-77.



Centre ville de Thiès, mai 2015.

6

Le Sénégal, une histoire solaire. Recherche, innovation et sensibilisation dans les énergies vertes de 1960 à aujourd'hui

FRÉDÉRIC CAILLE

« Alerte sous les tropiques! »

Jamais cri, aux résonances de roman d'espionnage à grand tirage, n'a pris autant d'actualité qu'aujourd'hui.

« Alerte sous les tropiques! » : chaque jour un nouveau chiffre, chaque jour un nouvel indice, chaque jour un demi-degré de plus, chaque jour une espèce animale de moins...

Alerte à la science!

Alerte à la non-science!

Alerte à la conscience et à l'inconscience...

Dans un autre contexte, il y a plus de trois quarts de siècle, le chercheur et scientifique non conformiste sénégalais Cheikh Anta Diop commençait lui aussi sa croisade, tirait lui aussi sa sonnette

d'alarme, en parlant de l'énergie et en intitulant l'un de ses plus fameux textes *Alerte sous les tropiques!*

L'énergie était un domaine auquel il s'était ouvert par ses études scientifiques, en tant que professeur de physique au secondaire en France et en tant que diplômé de chimie avec Pierre Curie à Paris, notamment. Mais également un domaine sur lequel on a beaucoup moins discuté ou relevé l'importance de sa pensée que dans les travaux d'histoire culturelle et de linguistique comparée.

C'est donc sous cet imposant patronage et dans les pas de Cheikh Anta Diop qu'on s'engagera ici dans un premier temps. En nous lançant à sa suite, il sera possible de découvrir les résonances de sa pensée anticipatrice dans le domaine énergétique avec d'autres chercheurs et expérimentateurs au Sénégal, plus spécifiquement en matière d'énergie solaire du début des années 1960 jusqu'à la période la plus contemporaine. Chemin faisant, et en plusieurs temps, il sera peut-être ainsi possible de comprendre pourquoi, ainsi qu'il avait si souvent lui-même voulu le montrer, « qui dit le passé pense le futur ».

En matière de science, d'énergie et de technologie aussi.

Cheikh Anta Diop, premier visionnaire solaire

Alerte sous les tropiques! est un texte paru dans la revue *Présence Africaine* en décembre 1955, il y a environ 60 ans (Diop, 1990). Soixante ans, c'est à peu près une vie humaine sur cette planète, ce qui veut dire qu'un bébé né avec cette publication, y compris le temps nécessaire à sa formation et à son acquisition de connaissances, aurait largement pu réaliser les transformations qu'entrevoyait Cheikh Anta Diop à cette époque. Et en bénéficier pleinement aujourd'hui.

La comparaison n'est peut-être pas si incongrue si on accepte de considérer combien *Alerte sous les tropiques!* est un texte qui se veut séminal, un texte d'interpellation qui annonce *Les fondements économiques et culturels d'un État fédéral d'Afrique noire*, autre ouvrage considérable et important paru en 1960 (puis dans une nouvelle version en 1974) (Diop, 1974).

Ce sont les grandes idées directrices d'une action générale qui nous manquent le plus. On a réussi à nous en dégouter, et pour masquer cette carence nous nous faisons passer volontiers pour des réalistes. Toute attitude qui tend à transcender la situation quotidienne pour avoir une

vue d'ensemble de problèmes réels, objectifs, qui existeraient même en dehors de celui qui les examine, est jugée spéculative (Diop, 1990).

On croirait presque entendre Cheikh Anta Diop parler pour notre époque. Parler pour toutes les époques.

Énergie, pollution, surexploitation des ressources de la planète : comme il le souligne dans cette réflexion sur les possibilités d'un avenir autonome pour l'Afrique, nous sommes aujourd'hui comme hier, mais à l'échelle mondiale désormais, à l'échelle globale, dans une espèce de brouillard du « réalisme », dans la carence des perspectives d'une « action générale ».

Cheikh Anta Diop insiste dans son texte, de même d'ailleurs qu'une petite décennie plus tard son confrère nigérien Abdou Moumouni Dioffo (voir « L'énergie solaire dans les pays africains » reproduit dans le présent ouvrage) : les tentatives visant à l'émergence de nouvelles « lignes directrices », et notamment de lignes directrices dans le domaine de l'énergie (on dirait aujourd'hui « des visions stratégiques »), ne sont pas pure spéculation ni abstraction. Elles relèvent au contraire d'un effort consistant à partir du réel pour y aboutir autrement.

Ou si on préfère, elles se fondent sur un effort pour tenter d'accroître le pouvoir de l'homme sur le réel, en acceptant que l'imagination, « l'utopie positive » pourrait-on dire, puisse avoir un rôle important à y jouer¹.

Pour sa part, Cheikh Anta Diop identifie dans son texte plusieurs de ce qu'il pense être « les facteurs clefs du développement à venir », des facteurs parmi lesquels il retient « le potentiel énergétique qui est à la base de la vie », puis le « potentiel humain », et enfin « la situation de l'Afrique par rapport au monde extérieur ». La conférence qui sert de base au texte est datée de 1951, mais on ne peut que constater combien la vision et le vocabulaire utilisé ne se sont guère démodés. On pourrait certes traduire en des termes plus actuels les priorités qu'avance Cheikh Anta Diop : « capacités énergétiques », « capital humain », « gouvernance et stabilité géopolitique ». Mais on n'y ajouterait pas grand-chose sur le fond.

Et sans tout lire ici, dans le contenu précis du propos, dans

1. Le philosophe et historien de la « pensée utopique » Raymond Ruyer, qui en a souligné les convergences avec la réflexion scientifique, définit la démarche dite « utopique » comme « un exercice mental sur les possibles latéraux » (Ruyer, 1988).

le détail de ce que Cheikh Anta Diop englobe sous le vocable de « potentiel énergétique », on se retrouverait également assez vite très proche de lui. Ainsi, pour ne prendre qu'un seul exemple, lorsqu'il évoque les diverses sources énergétiques et qu'il établit un inventaire soigneux de toutes les sources d'énergies renouvelables disponibles en Afrique (énergie solaire, énergie éolienne, énergie thermique des mers, énergie marémotrice, énergie géothermique qu'il appelle la « houille rouge »), Cheikh Anta Diop insiste de manière très étonnante et avant-gardiste pour l'époque sur les « puces de silicium » des laboratoires Bell, les toutes premières « mini-cellules solaires » photovoltaïques qui viennent alors juste d'être mises au point.

On pense que, dans quelques décennies, l'énergie électrique domestique sera fournie directement par le soleil au moyen de toits en silicium. Ce n'est pas de la science-fiction, mais de la science tout court (Diop, 1990: 85).

Et de conclure :

Telles sont les ressources énergétiques de l'Afrique. Leur utilisation par les Africains eux-mêmes pour transformer les matières premières que recèle le continent permettrait de faire de l'Afrique Noire un Paradis terrestre (Diop, 1990: 89).

Il ne mâche pas ses mots, Cheikh Anta Diop, il voit loin. Mais qui oserait en rire, qui oserait s'en moquer, 70 ans plus tard?

Car, vers la même période, en effet, le professeur Henry Masson, doyen de la Faculté des Sciences et Techniques de Dakar, arrivé au Sénégal une dizaine d'années plus tôt, envisage et développe de son côté, en physicien lui aussi, des visions convergentes avec celles de Cheikh Anta Diop.

Henry Masson et Jean-Pierre Girardier : d'autres chercheurs dakarois

Le compte rendu des publications et recherches que mène Henry Masson en Afrique de l'Ouest dans les années 1950, et qui paraît dans la très sérieuse revue française des *Annales des mines* (rattachée à l'École Polytechnique), est très significatif à cet égard. Il mériterait à son tour d'être cité longuement (Masson, 1960). Le ton est certes plus mesuré que chez Cheikh Anta Diop, et la démarche beaucoup plus

exhaustive, avec une synthèse de résultats et une approche théorique des radiations solaires, de leurs rendements, de l'intensité du rayonnement globalement disponible dans l'Ouest africain, puis de divers appareillages de captage et de conversion de cette énergie.

Mais les conclusions restent, à peu de choses près, les mêmes :

Avec un peu d'optimisme, il n'est pas interdit d'apercevoir dans un futur plus ou moins lointain, des années durant lesquelles les régions désertiques seront rendues moins hostiles grâce à l'énergie solaire. La science, la nécessité aidant, pourrait transformer en réalité ce qui semble encore appartenir au domaine de la chimère. (...) Où en serions-nous si on avait consacré à la conversion de l'énergie solaire les moyens fournis aux recherches atomiques? (...) Certains entrevoient d'une manière précise l'application de l'énergie solaire à la vie courante. Où en est sur ce point l'Afrique de l'Ouest si riche en énergie solaire? (Masson, 1960 : 1 et 49).

Une fois encore, on croirait ces phrases écrites d'hier.

Henri Masson fera tout pour contribuer à l'avènement de ces « possibles », de ces potentialités énergétiques qu'il évoque. La création de l'Institut de physique météorologique de Dakar (IPM), la mesure des radiations solaires sur diverses zones du Sénégal, la mise en route et la direction de la thèse de Jean-Pierre Girardier sur le pompage solaire thermodynamique, achevée en 1963 (Girardier, 1963) (voir le texte de ce dernier dans le présent ouvrage), après ses premiers travaux sur le recueil de la rosée, la cuisson et le séchage solaires, en sont quelques exemples.

Un utopiste, le professeur Henri Masson? On peine à le croire. Et pourtant, lui aussi, l'universitaire physicien, dès 1960, après d'autres tels que le Français Augustin Mouchot dès la fin du 19^e siècle, ou l'Américain Frank Schuman en Égypte en 1915, se risque à un pronostic².

Un pronostic qu'Henry Masson appuie sur les performances de

2. Il est remarquable que Frank Shuman, très oublié à l'époque comme aujourd'hui, soit mentionné explicitement dans son texte de 1960 par Cheikh Anta Diop. En effet, le scientifique sénégalais évoque le « procédé Schumann, utilisé à Maadi, en Égypte » (avec une petite erreur sur le nom, écrit avec deux « n ») en précisant en note que « cette usine n'existe plus » (elle cessera ses activités durant la première guerre mondiale, peu avant le décès de son créateur en 1917). Cheikh Anta Diop l'utilise pour décrire le fonctionnement de capteurs thermiques cylindro-paraboliques où on concentre la chaleur sur un axe le long duquel est installée « une portion d'un circuit parcouru d'huile, lequel fait ensuite serpentin dans une chaudière remplie d'eau où il abandonne des calories » (Diop, 1960 : 60).

la toute première pompe solaire dite « Somor », du nom de la pompe elle-même, fabriquée en Italie, mais testée déjà alors à Dakar dans la continuité de la thèse de Jean-Pierre Girardier³ :

Dans sa conception actuelle la pompe solaire semble amenée à rendre de grands services, spécialement pour l'irrigation. Il semble que la fabrication doive commencer incessamment dans l'Ouest africain dont certaines régions riches reçoivent en abondance les calories nécessaires, mais restent jusqu'à présent pauvres en énergie classique. On peut conclure que la production de force motrice à partir du soleil est possible. L'énergie ainsi produite, à cause de la faiblesse du rendement et de son caractère intermittent, ne semble pas pouvoir rivaliser avec l'énergie produite de manière classique. Les moteurs solaires semblent réservés aux petites installations des régions arides et éloignées où leurs inconvénients sont compensés par le prix exorbitant des combustibles normaux. (Masson, 1960 : 33).

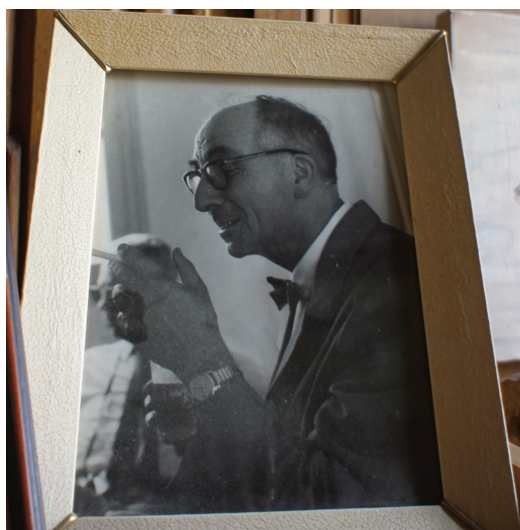
Tout est déjà là, ou presque, on le voit.

Tout est déjà analysé, déjà expérimenté de manière systématique, même si les moyens et la démarche demeurent avant tout empiriques, tandis que bientôt, à la suite de sa thèse, Jean-Pierre Girardier pourra se lancer dans des expérimentations de plus grandes ampleurs (voir à nouveau son témoignage dans le présent ouvrage).

Le propos sera d'ailleurs plus clair que jamais en janvier 1967, lorsque les deux chercheurs, cette fois de concert et au terme des tests effectués sur deux modèles de pompes solaires à Dakar, et d'une troisième en cours de montage, cosignent dans la même revue le très explicite « Le moteur solaire face au moteur diesel » (Girardier et Masson, 1967). Douze pages précises, presque sèches, qui dressent les comparatifs prévisionnels sur 20 ans du fonctionnement des pompes à moteur diesel et à moteur solaire au Sénégal, amortissement annuel, entretien, fonctionnement (dont salaires et logements des gardiens) compris, mais sans pouvoir tenir compte bien entendu des évolutions du prix du pétrole...

3. Créé en 1935 sur le principe des moteurs thermodynamiques de basse température par l'artisan mécanicien-frigoriste italien Daniele Gasparini (1895-1960), renforcé par l'ingénieur Ferruccio Grassi (1897-1980), le moteur-pompe vendu à une soixantaine d'exemplaires par la société « SO. MO. R. » (« SOcietà MOtori Recupero del calore solare e del calore perduto ») à partir de 1948 et jusqu'à la disparition de la société en 1963, a fait l'objet d'une redécouverte, d'une réhabilitation-reconstitution, et même d'une muséification récente (Museo del Lavoro et dell'Industria de Rodengo-Saiano), dans l'esprit du travail de sensibilisation aux énergies renouvelables et à l'énergie solaire que nous proposons ici. Voir les diverses communications présentes sur le site des rencontres organisées à Brescia en 2014 (GSES, 2014).

En dessous de 8 chevaux-vapeurs, concluent les auteurs, soit pour de très petites stations locales, qui ne nécessitent en dessous de 5 chevaux-vapeurs même pas de gardien (sachant que les moteurs diesel ne sont efficaces qu'à partir de 12/15 chevaux-vapeurs), « on peut déduire que les stations utilisant l'énergie solaire sont plus rentables que les stations classiques ». Sachant que « les stations solaires offrent, en plus, une surface couverte isolée importante, sous laquelle il peut être prévu des locaux d'habitation, soit pour le personnel, soit pour le bétail » (surface climatisée naturellement par le fonctionnement des capteurs, en outre); et que par ailleurs, bien entendu, « la station de pompage solaire est autonome », « elle ne demande pas de carburant, souvent importé », « elle représente donc, pour le pays, une source d'énergie propre » (Girardier et Masson, 1967 : 281-282).





Photographie du Professeur Masson, domicile de Jean-Pierre Girardier, juillet 2015/ Tableau de Cheikh Anta Diop, exposé à la bibliothèque de l'UCAD de Dakar durant la Biennale Dak'Art en mai 2016.

En 1967, relisons bien, c'est une fois encore plus d'un demi-siècle solaire africain tué dans l'œuf, avorté, inaccompli, sans que nous ne puissions jamais savoir si, pour ces pompes solaires, « leur multiplication et leur exploitation intensive sur le plan industriel », comme se le demandaient les auteurs, aurait ou non amené « sans doute, d'importantes améliorations techniques d'installations ».

Il suffit, cependant, de se souvenir des véhicules automobiles du moment et de les comparer aux actuels, pour n'entrevoir ne serait-ce qu'une infime partie de la réponse⁴.

4. L'échec du partenariat avec Renault Véhicules Industriels a été de ce point de vue le principal regret de Jean-Pierre Girardier, bien que l'entreprise ait été partie prenante du capital de la SOFRETES durant les premières années. À son sens, c'est cet acteur, plus que tout autre, y compris le CEA, qui était le plus à même de fiabiliser et d'industrialiser les pompes solaires qui avaient été élaborées au Sénégal.

Et pour comprendre pourquoi, si souvent et si intensément, les témoins de cette époque ont eu le sentiment d'une « occasion manquée », une formule souvent reprise par les différents personnels de la SOFRETES que nous avons rencontrés (Caille, 2018).

L'histoire à écrire du CERER et de la recherche solaire sénégalaise

L'histoire des espoirs et des avancées de l'énergie solaire au Sénégal reste encore à compléter, une histoire d'innovation technoscientifique dans le domaine énergétique, mais aussi une histoire d'interactions avec la société civile et politique sénégalaise tout entière. Il s'agit d'une histoire scientifique et universitaire, mais également d'une histoire humaine, d'une histoire de techniques et de formation qui passe par l'Institut de physique météorologique de Dakar (IPM), comme par celle de sa transformation en « CERER » (Centre d'Études et de Recherche sur les Énergies renouvelables) ou par les activités des années 1977-1985 de ce dernier, lesquelles constituent sans aucun doute des travaux précurseurs.

Le directeur de cet institut en octobre 1977, Djibril Fall, donnera dès cette époque un tableau complet et optimiste des possibilités en la matière : « L'IPM est devenu le centre de mise au point et de fabrication de pré-séries d'équipement utilisant l'énergie solaire, adaptés à nos besoins et susceptibles de nous ouvrir un marché vers les pays voisins et même au-delà ».

Le tableau est-il, une nouvelle fois, trop optimiste, plus de 15 ans déjà après les premiers pronostics de l'équipe Masson-Girardier? Il n'est, quoi qu'il en soit, pas isolé, car succédant à une année près à un autre bilan, en forme lui aussi de promesse, et qui décrivait les réalisations en cours et celles conduites en collaboration avec la SOFRETES et Jean-Pierre Girardier :

De nombreux pays ayant des zones arides et semi-arides se sont intéressés au développement de cette technique (Mali, Haute-Volta, Niger, Mauritanie, Iran, Mexique, etc.). Ainsi, une hydropompe solaire de la première génération est expérimentée par l'Onersol au Niger, tandis qu'une autre de la seconde génération est en service à Chinguetti (Mauritanie) depuis 1973. Si le Sénégal a été à la base de cette réalisation technique, il faut reconnaître que la diffusion de celle-ci dans le monde rural n'a démarré que depuis deux ans seulement, sous l'impulsion de

la Délégation générale à la recherche scientifique et technique dans le cadre de l'opération baptisée Dieurignou Diant. Avec l'aide de l'ONUDI et du Fonds français d'Aide et de Coopération (FAC), cette délégation a entrepris depuis juillet dernier l'installation de cinq pompes, respectivement à : Hann (Institut de Physique météorologique) (ONUDI), Mérina-Dakhar (région de Thiès) (FAC), Niakhène (région de Thiès) (FAC), Méouane (région de Thiès) (FAC), et Diagle (région du Fleuve) (FAC) (Sène, 1976).

De ces premières installations, nous l'avons vérifié, il ne reste aujourd'hui que quelques traces.

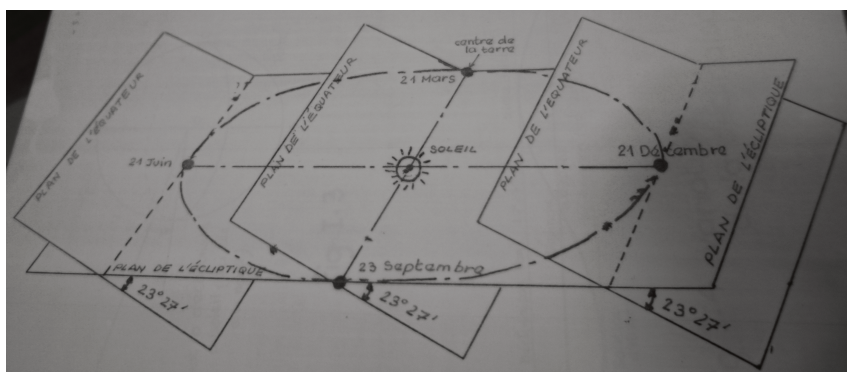
Mais leur mémoire au sein des communautés, les conditions de leurs usages comme de leurs abandons, l'évolution des programmes de travail du CERER et leurs liens plus ou moins directs avec les priorités internationales de recherche, demeurent des objets de recherche importants à investiguer.



La pompe de la SOFRETES de Bondie Samb (1980), à l'est du Sénégal, en mai 2016 (voir aussi le récit-photo d'Alexandre Mouthon dans le présent ouvrage).

Pour n'en donner que cette illustration, un premier dépouillement réalisé en mai 2015 à la bibliothèque de l'IUT de Dakar, qui, avec le laboratoire de la Faculté des Sciences et l'École Polytechnique de Thiès est l'un des autres lieux cités par Djibril Fall,

a ainsi fourni pas moins d'une dizaine de mémoires de fin d'études consacrés à l'énergie solaire : Étude et réalisation d'une pompe solaire à photopile (1976), Étude d'une station de pompage : alimentation directe par cellules photovoltaïques sans accumulateurs (1977), Suiveur de soleil à axe équatorial : conception et réalisation (1978), Réfrigérateur alimenté par photopiles solaires : conception, installation, expérimentation (1978), Suiveur de soleil (1979), Étude du gisement solaire à Dakar : acquisition et traitement de données météorologiques et commande d'un suiveur solaire à axe équatorial (1980), Étude théorique et expérimentale d'une pompe à chaleur (1980), Centrale d'acquisition de données météorologiques et suiveur solaire commandés par microordinateur (1982), Campagne de mesures météorologiques et évaluation d'un dispositif solaire (1983), etc.



Dessin extrait de Billo Soumana et Dramé Abdoulaye, Suiveur de soleil, Mémoire de fin d'études de l'IUT de Dakar, soutenu le 27 juin 1979 à 16 heures.





Matériel d'expérimentation solaire et expérience de mesure en cours à l'IUT de Dakar, mai 2015.

Innovation et « innov'action » : pour une autre épistémologie des sciences et techniques

Que sont devenus les auteurs de ces travaux?

Quels liens entre ces perspectives de technologies solaires simples, mais adaptées aux conditions sahéennes, puis leur délaissement, et celles qui seront retenues par les pays développés?

Qu'en est-il aujourd'hui de cette technologie des « réfrigérateurs solaires » ou simplement de réfrigérateurs plus adaptés aux températures africaines (sachant qu'ils représentent souvent l'essentiel de la facture énergétique des ménages)?

Qu'en est-il, plus largement, de la climatisation par le solaire thermodynamique, si performante dans les pays sahéens (c'est-à-dire sans passer par l'électricité), le « cooling with eat » que les Américains redécouvrent aujourd'hui et qui devrait sans doute connaître un essor important dans les années à venir (Lim, 2017)?

Ces questions, on le voit, sont loin de n'être qu'« historiographiques » ou relatives à un « passé dépassé ». Elles poussent au contraire leurs racines jusqu'à notre présent. Et c'est pourquoi, en parallèle et en complément des recherches plus directement juridiques et institutionnelles qui se trouvent rassemblées dans le présent ouvrage, le retour vers les technologies solaires émergentes au Sénégal dès le début des années 1960 invite sans doute

à deux grands types de « décentremments », à deux modes d'ouverture des manières de penser et de faire, à deux directions pour, comme le dit joliment l'expression anglaise, *thinking outside the box*.

Le premier « décentrement » est celui du rapport au temps et à la durée.

En matière climatique ou de biodiversité notamment, « l'ampleur anthropologique des changements en cours », comme mentionné dans un nombre croissant de travaux, conduit en effet depuis peu à questionner en de nombreux domaines les catégories du « neuf » et du « vieux », du « lent » et du « rapide ». Un ensemble de démarches reliées à une « critique écologique du temps linéaire » visent ainsi à la remise en question de la durée « mécanique », uniforme et unilatéralement orientée du progressisme matériel, de la « science » et de la vitesse. Elles la remettent en cause par le retour à des conceptions plus qualitatives « des temporalités », les temporalités du vivant, des éléments, de l'air et des eaux, mais également, chez les êtres humains, les temporalités de « la multiplicité hétérogène des temps propres en tant que rapports d'intensité à un art de vivre et à la vie bonne » (Pouteau, 2016 : 3).

En termes simples, le temps des chronomètres et des calendriers, la science expérimentale la plus avancée le constate aujourd'hui, n'est pas la seule horloge de la vie.

Et dans le domaine technologique et énergétique également, on commence tout juste à le remarquer, « les pratiques low tech » ou les technologies dites « basses », par rapport aux « technosciences » plus « high » et capitalistiques, telles par exemple que le solaire thermodynamique de basse température dont nous parlons ici, par rapport aux énergies pétrogazières ou nucléaire, ainsi que l'écrivent deux spécialistes des technologies, « possèdent un rapport au temps singulier, déjouent les progressismes linéaires pour mieux interroger nos conceptions de l'évolution des techniques » (Dittmar et Tastevin, 2017).

Il est de la sorte frappant de constater que le solaire thermodynamique a été travaillé prioritairement avant l'amélioration des premières cellules photovoltaïques, puis s'est trouvé rejeté et disqualifié aux heures de leur première commercialisation (début des années 1980), avant de redevenir aujourd'hui (sous la forme de la très

haute température) le fondement des plus grandes centrales solaires au monde.

De la même manière « la technologie du biogaz », comme l'ont noté récemment un historien et un philosophe des sciences indiens à propos de cette autre source d'énergie renouvelable aujourd'hui redécouverte en Europe, et qui fut elle aussi étudiée et développée au Sénégal et au CERER à partir des années 1980, invite aujourd'hui à réexaminer « la relation très complexe qu'entretiennent l'évolution technologique et le changement social ». Ce réexamen, relèvent les deux auteurs, passe par la remise en cause des « représentations linéaires de l'évolution technologique et du développement », c'est-à-dire « une déstabilisation des représentations et des cadres conceptuels traditionnels (...) rendue possible par l'historicisation de la relation entre la science, la technologie et les études et cadres du développement » (Raina et Chanakya, 2017 : 155-156).

En effet, dans le cas de l'énergie solaire comme dans le cas du biogaz ou des autres domaines technologiques, tels que les transports qu'a pu étudier de son côté l'historien des sciences David Edgerton (Edgerton, 2013), le « nouveau » et « l'important » en matière technique ne sont pas là où le positionnent le plus souvent les récits téléologiques de la progression scientifique, lesquels ne font que se centrer sur « l'innovation » et reproduire ses discours normatifs de valorisation et de légitimation (Edgerton, 2017).

Le séchage solaire, par exemple, est-il une technique archaïque et sans intérêt parce qu'inscrit dans les pratiques les plus lointaines de l'humanité, qu'il s'agisse du linge ou des aliments? Quelle autre méthode de séchage pourrait-elle donc rivaliser, notamment en termes de conservation des qualités nutritionnelles des aliments, sinon par pur souci de rentabilité.

Pour saisir toute l'importance de revenir sur des expérimentations comme celles dont les travaux menés au Sénégal et les activités de la SOFRETES furent l'exemple, il faut donc pleinement concevoir que la production énergétique est plus que jamais de nos jours un « fait technologique ». Et, en ce sens, on ne peut comprendre les questions énergétiques qu'en mettant à jour les liens qui portent la technologie à existence, et qui la constituent, c'est-à-dire un entrelacs de dispositifs indissociablement sociaux et techniques, ou « sociotechniques », c'est-à-dire matériels,

scientifiques, économiques et politiques (Labussière et Nadaï, 2015 : 20).

Comprenons bien : la technologie, les techniques, ce n'est pas que de la « science ». La technologie et les techniques sont inventées, à la fois pour partie par le savoir dit « scientifique » (« des savoirs », « des connaissances »), mais tout autant par les acteurs qui en ont le besoin et qui les réclament, par les individus qui les pratiquent et qui, souvent, les mettent au point « en pratique », ce qui veut dire aussi, bien évidemment, par les règles de droit qui en autorisent ou en interdisent l'usage. Ce que nous enseignent donc les travaux récents d'histoire sociale et culturelle des sciences, et notamment l'ouvrage-bilan de référence récent en français au titre significatif d'*Histoire des sciences et des savoirs* (Pestre et Damme, 2015), c'est d'abord que les inventeurs technologiques européens, le plus souvent, ont « fait » avant de « comprendre ». Et c'est pourquoi la créativité, l'inventivité, l'innovation, en matière énergétique comme ailleurs, se sont trouvées être non pas du côté des théoriciens, mais, comme le dit pour sa part l'historien des technologies américain Clifford D. Conner, du côté des gens ordinaires, du côté des simples artisans ou des techniciens, du côté des collaborations d'ingénieurs et de scientifiques pratiques comme le duo Masson-Girardier : « L'impulsion initiale se trouve du côté des techniques » et « au commencement n'était pas le Verbe, mais l'Action » (Conner, 2014 : 37 et 518).

La visée de cette nouvelle épistémologie scientifique en plein essor ne consiste donc pas à prôner un irrationalisme revisité ni à nier les avancées qu'ont pu conduire les modes d'expérimentation et de vérification propre à la science moderne. Plus simplement, et sans doute plus fondamentalement, il s'agit de concevoir que les savoirs scientifiques sont souvent venus *a posteriori*, en vérification plutôt qu'en impulsion, en se réappropriant des connaissances d'un type plus pratique et moins formalisé, et non pas en les faisant directement surgir du néant. Le domaine des plantes médicinales et des médicaments, comme il a été montré récemment dans un très beau livre, en est un autre exemple des plus frappants (Boumediene, 2016). La conséquence de ce changement de perspective n'est pas mince, car c'est le dogme, le « mythe technoscientifique » de la « neutralité » et de la pure « objectivité » des sciences par rapport au monde social qui se trouve bousculé. Les sciences ont évolué sous l'impulsion des techniques, des expériences qui ont été « réussies » avant d'être

« expliquées » ou « comprises », les cas de la vaccine (Fressoz, 2012) ou de l'Internet (Flichy, 2001) en sont d'autres illustrations, et il est sans doute temps, pour écrire le véritable récit énergétique contemporain, de rompre avec la mythologie d'une science occidentale moderne tirant sa puissance d'action et ses effets de la seule force de sa logique rationaliste et ne visant que le bien-être de l'humanité. Le secteur de l'énergie commence tout juste à connaître des appels à ce que l'historien Jean-Baptiste Fressoz nomme une « histoire désorientée de l'énergie » (Fressoz, 2014), c'est-à-dire une histoire délivrée des mythes de la stricte « cumulativité » des savoirs ou techniques, et de ce « temps linéaire » de l'imaginaire progressiste évoqué ci-dessus.

Ce premier décentrement temporel auquel invite l'histoire du solaire au Sénégal en appelle un second, plus explicitement politique.

Le message que nous envoie à distance le parcours des pionniers du solaire africain est en effet que l'histoire de la technique, des techniques, des technologies de l'énergie, est aujourd'hui une composante qu'il est nécessaire de réintégrer au cœur de toutes les réflexions juridiques et politiques. Le philosophe Pascal Chabot l'a relevé récemment, au risque d'une homologie qui pourra déranger, dans *L'âge des transitions* :

Il est plus habituel de réfléchir, en traversant la campagne en voiture, au rendez-vous prochain, plutôt que de considérer les aspects politiques et scientifiques du travail qui fut nécessaire à la combustion du pétrole. Ce travail reste mal connu du consommateur : il est difficile de savoir si le réservoir d'une voiture est rempli d'un fluide qui provient d'Irak et aurait motivé des bombardements, s'il est sibérien et pouvait avoir suscité l'emprisonnement de démocrates, ou s'il est norvégien nigérian ou bien vénézuélien. Naguère, les esclaves n'avaient pas de nom. Aujourd'hui, nos carburants n'ont pas d'origine connue. (...) L'esclave est celui qu'on ne remarque pas et qui dérange tout un système lorsqu'il fait parler de lui. C'est condescendre à s'occuper de détails secondaires que de se pencher sur lui, même s'il est à l'origine du mouvement et de la puissance (Chabot, 2015 : 85 et 82).

La mise en homologie des questions énergétiques actuelles et de l'esclavage ancien, en particulier dans un pays comme le Sénégal, est-elle inappropriée ou excessive? Pour un nombre croissant d'observateurs à la fois scientifiques et militants contemporains, la mesure des intérêts en jeu et des conséquences socioculturelles, géopolitiques et environnementales de l'extractivisme énergétique

contemporain n'est pas sans rappeler les parts les plus sombres de l'histoire humaine (Mouhot, 2011).

Malgré les nombreuses réserves qu'il est possible d'apporter à cette perspective (voir la critique très argumentée de Fabien Locher de l'ouvrage précédent [Locher, 2011]), peut-être convient-il donc d'accepter au moins la part d'éveil et de mise en garde qu'elle comporte. Car, en la matière, il convient malheureusement de l'admettre, un travail important de prise de conscience et de sensibilisation, à la fois dans la sphère civile au sens large et dans la sphère académique, reste à conduire, sachant que l'un des aspects fondamentaux qu'on peut associer à la perspective de la SOFRETES, et qui fait encore toute son actualité, c'est de s'être concentrée sur le problème de la « pauvreté énergétique », ou de l'énergie pour les plus pauvres, ce qui est un peu la même chose.

La pauvreté énergétique, c'est-à-dire la question de l'insuffisance d'accès à l'énergie pour les personnes, est une question qui n'intéresse pas ou guère, comme l'a montré l'un des rares travaux universitaires qui y ait été consacré en détail. Un chiffre : le nombre d'articles parus sur la « pauvreté énergétique » et les liens entre « énergie et développement » dans les principales revues sur l'énergie anglo-saxonnes de 1999 à 2009 est de 8 %, soit moins d'un sur dix (Sovacool & Drupady, 2012 : 2). Et sur 40 années, jusqu'en 2013, le nombre de publications en anglais dans le domaine des « sciences de l'énergie » et des « politiques de l'énergie » ayant retenu dans leur titre les termes « énergie » et « justice » est de 24, avec les ouvrages et les rapports, dont cinq articles seulement (Sovacool & Dworkin, 2014 : 24). Sur les 5 318 auteurs ayant publié sur l'énergie dans les dix dernières années du précédent échantillon, un seul a utilisé le terme « justice » dans son titre ou dans son résumé.

Ce désintérêt, ce faible intérêt universitaire pour l'énergie et surtout l'énergie des plus modestes est un point important, surtout que lorsque qu'elles existent, ces publications se concentrent sur de « petites technologies », comme le solaire individuel ou villageois, le biogaz, la mini hydro-électricité. En d'autres termes : les grands spécialistes de l'énergie sont ceux des énergies fossiles, nucléaires, des grands réseaux et des approvisionnements à l'échelle d'un pays ou d'une métropole, mais pas de l'énergie qu'attendent les villages du Sénégal.

L'auteur de ce texte, comme beaucoup de ceux du présent

ouvrage, ne prétend pas au qualificatif « d'experts de l'énergie ». Mais il s'agit bien de leur devoir de juristes, d'historiens ou de politistes que de s'emparer, sans complexes mal placés, des questions que délaissent ceux qui s'arrogent des titres ou la légitimité principale sur ce champ de recherche. Les $\frac{3}{4}$ de la population mondiale consomment moins de 10 % de l'énergie globale. Et pourtant ces $\frac{3}{4}$ de l'humanité demeure à l'écart des études, si ce n'est dans la perspective, totalement mirifique et écologiquement insoutenable on le sait, de les fondre dans le standard des pays les plus développés.

Ce standard est d'autant plus lointain, il faut le relever, et notamment pour le Sénégal, que pour ces populations énergétiquement défavorisées, ce n'est pas seulement la *quantité*, mais aussi la *qualité* de l'énergie qui est défaillante, avec en outre la fréquence des coupures d'électricité (voir le texte de Jean-François Havard dans cet ouvrage), une intensité du courant insuffisante qui use prématurément les moteurs et les appareils et qui parfois les détruit lors de surtensions, ce qui arrive encore fréquemment à Dakar.

Pauvreté énergétique de la quantité, pauvreté énergétique de la qualité : il faut ajouter la pauvreté écologique de l'insuffisance énergétique, et rappeler qu'au Sénégal aujourd'hui encore, où la consommation énergétique par habitant reste l'une des plus faibles au monde, près de 90 % de l'électricité est d'origine fossile (centrales thermiques), et qu'en bilan énergétique final on est à 49 % de biomasse (bois charbon de bois, déchets végétaux et animaux), pour 44 % de produits pétroliers, et seulement 7 % d'électricité.

Ce constat du peu d'intérêt des grands experts et des grandes expertises mondiales pour les énergies vertes, les faibles ou moyennes puissances de production et les équipements « hors-réseau » (Tomei et Gent, 2015) avait déjà été fait en 1979 par Laura Nader et Norman Milleron, deux des anthropologues américains pionniers des « humanités énergétiques » contemporaines, qui écrivaient que « we need to include the expert as part of any problem we address » (Nader et Milleron, 1979). Il convient d'y ajouter le constat du désintérêt pour l'utilisation des énergies renouvelables dans les pays du Sud, et notamment pour ce tiers de l'humanité, « the Other Third », les 1,7 à 3 milliards de personnes touchées par la pauvreté énergétique dans l'une ou l'autre de ses dimensions (cuisine, éclairage, santé, eau, force mécanique, etc.) :

Several books have been written about sustainable energy for high-energy (hydrocarbon based) societies of developed countries, as well as the advanced (industrializing) developing countries such as India and China. However, there is a conspicuous absence of books dealing with energy for the low energy (non-carbon based) Other Third of the world, and how the unmet needs of the Energy Poor might be satisfied (Guruswamy & Neville, 2016 : 2 et 315).

Une pauvreté énergétique-écologique frappante donc, qui chemine avec la pauvreté tout court, celle qu'engendre le coût de l'énergie, estimé à 13 euros par mois par ménage pour l'électricité au Sénégal (en Basse-Casamance), soit au minimum 20 000 FCFA, probablement bien plus souvent (30 ou 70 000 FCFA), et donc au moins 15 % du budget mensuel moyen. Chiffre énorme, excessif pour nombre de ménages, qui vient en regard du fait qu'à l'exception de l'Afrique du Sud et du Ghana, dans tous les autres pays de l'Afrique subsaharienne, plus de la moitié de la population au moins, et parfois près des deux tiers, vit actuellement sans accès à l'électricité (Brew-Hammond, Serwaa Mensah et Amponsah, 2014), et que plus de 95 % des « Energy Poor » de la planète résident dans ces mêmes régions ou en Inde, essentiellement dans les zones rurales (84 % selon les chiffres 2014 de l'Agence Internationale de l'Énergie⁵). Au final, la consommation énergétique des États de la zone sahélienne dans son ensemble représente aujourd'hui encore moins du dixième de celle d'une seule grande métropole occidentale⁶.

L'énergie pour les plus pauvres requiert une « small » and « low » technologie, pour laquelle il faudrait un « small and low right », un « business-droit » à taille humaine, et pas seulement ces grands projets à multiples zéros qui font rêver les avocats d'affaires, mais qui laissent les paysans s'éclairer à la lampe à pétrole.

En guise d'épilogue

Le gisement solaire sénégalais auquel pensaient Cheikh Anta Diop autant qu'Abdou Moumouni Dioffo ou Jean-Pierre Girardier

5. Cités dans (Guruswamy & Neville, 2016 : 1).

6. « La totalité de la consommation d'énergie des huit pays sahéliens continentaux membres du CILSS (Comité Inter-États de Lutte contre la Sécheresse au Sahel) (République du Cap-Vert, Guinée-Bissau, Gambie, Sénégal, Mauritanie, Mali, Burkina Faso, Niger, Tchad) ne représente que 1 % de celle de la seule agglomération new-yorkaise » (Minvielle, 1999 : 7).

n'est pas demeuré inerte et inexploité faute de technologies adaptées et disponibles.

Et le récit rassurant de « l'impossibilité technique » doit d'abord être questionné par là où il se fonde, c'est-à-dire dans les lieux mêmes où se sont trouvées posées les questions de l'existence ou de l'inexistence des technologies, de leur efficacité relative, et des obstacles sociaux, juridiques, économiques et politiques auxquels elles se sont affrontées.

Personne ne sait quand et comment se sont arrêtées les premières pompes de la SOFRETES, quand et comment elles furent pour tout ou partie démontées. Et, même à Dakar, au CERER, nous avons pu le vérifier, il nous fut difficile en 2016 de savoir par qui et pourquoi avait été enlevée la pompe expérimentale Segal, disparue en une nuit nous a-t-on dit, vers 2008 seulement, un vestige « archéotechnologique » dont la valeur aurait été pourtant potentiellement considérable pour une « cité des sciences durables et des énergies renouvelables » sénégalaises du futur⁷.

Car l'histoire de l'énergie, plus qu'aucune autre, est écrite par les vainqueurs.

Et c'est pourquoi il est aujourd'hui nécessaire de retourner sur les lieux qui furent ceux identifiés comme ceux des « défaites » ou des « échecs » de certaines énergies vertes, et d'en vérifier la vraie réalité et l'exactitude.

Les populations locales, les chercheurs et anciens chercheurs des pays du sud, ont ainsi à participer à l'écriture d'un autre récit énergétique, un récit qui passera sans doute à l'avenir par l'invention de nouveaux lieux de sensibilisation aux enjeux des énergies vertes en Afrique, celles du passé et celles du futur. Les matériels encore existants, et une forme d'« archéotechnologie » de l'énergie solaire au Sénégal, pourraient de la sorte devenir, comme toute fabrique muséale, par l'intermédiaire des objets exposés et conservés, « des moyens d'appropriation du monde et des supports de subjectivation » (Bondaz, 2014).

7. Entretiens réalisés avec plusieurs des techniciens présents. Ces derniers nous ont assuré que tout avait disparu en une nuit sans qu'ils aient été informés de ce démontage. Les capteurs de l'installation avaient semble-t-il été détruits quelques années auparavant (Entretien 05/2016 réalisé avec Alexandre Mouthon, voir son récit-photo dans le présent ouvrage).

Comme l'a rapporté Jean-Pierre Girardier, un agriculteur sahélien, lors de ses recherches, lui a demandé un jour :

« Mais est-ce que tu ne vas pas fatiguer le soleil? »

Sans seulement nous contenter de sourire, nous pouvons aujourd'hui lui répondre :

« Non, le soleil ne peut pas se fatiguer.

Ce sont les êtres humains qui se fatiguent, qui se peinent d'attendre un avenir.

Car le soleil est la seule source d'énergie qu'on puisse comparer à l'esprit humain :

une force qui peut tirer d'elle-même plus qu'elle ne contient, rendre plus qu'elle ne reçoit, donner plus qu'elle n'a ».⁸

Puisse nos esprits vérifier dans le futur et pour longtemps cette belle constatation!



Ndoye Douts, fragment d'Encyclopédie (2011-2015, 600 x 600 cm), peinture acrylique et collage, exposé à la biennale Dak'Art, ancien Palais de Justice de Dakar, mai 2016.

8. Selon la belle définition de l'esprit donnée par le philosophe français Henry Bergson dans *L'énergie spirituelle* (1959), cité dans (Chabot, 2015 : 108).

Références

- Bondaz, Julien. 2014. « Politique des objets de musée en Afrique de l'Ouest ». *Anthropologie et Sociétés* 38 (3): 95-111. <https://doi.org/10.7202/1029020ar>
- Boumediene, Samir. 2016. *La colonisation du savoir: une histoire des plantes médicinales du « Nouveau Monde » (1492-1750)*. Vaulx-en-Velin (Rhône): Les Editions des mondes à faire.
- Brew-Hammond, Abeeku, Gifty Serwaa Mensah, et Owusu Amponsah. 2014. « Energy Poverty in Sub-Saharan Africa. Poverty Amidst Abundance ». In *Energy Poverty. Global Challenges and Local Solutions*, Oxford University Press, 296-315. New York: Antoine Halff, Benjamin K. Sovacool, and Jon Rozon.
- Caille, Frédéric. 2018. « La Société Française d'Etudes Thermiques et d'Energie Solaire, ou Sofretes (1973-1983). Une fenêtre sur l'histoire oubliée de nos chemins énergétiques ». *Afrique Contemporaine*, no Numéro spécial « L'énergie en Afrique » (semestre (à paraître): 25 pages.
- Chabot, Pascal. 2015. *L'âge des transitions*. Paris: Presses universitaires de France.
- Conner, Clifford D. 2014. *Histoire populaire des sciences*. Traduit par Alexandre Freiszmuth. Paris: Points.
- Diop, Cheikh Anta. 1960. *Les Fondements économiques et culturels d'un état fédéral d'Afrique noire*. Paris: Présence africaine.
- . 1990. *Alerte sous les tropiques: articles 1946-1960: culture et développement en Afrique noire*. Paris: Présence africaine.
- Dittmar, Pierre-Olivier, et Yann Philippe Tastevin. 2017. « La mouche et la libellule. De l'anachronisme en anthropologie des techniques ». *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, no 67 (juin): 6-9. <http://journals.openedition.org/camphrier-1.grenet.fr/tc/8463>
- Edgerton, David. 2013. *Quoi de neuf: du rôle des techniques dans l'histoire globale*. Paris: Seuil.
- . 2017. « Techniques créoles et histoires mondiales. Repenser le déplacement des objets dans l'espace et dans le temps ». *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, no 67 (juin): 30-63. <https://doi.org/10.4000/tc.8469>
- Flichy, Patrice. 2001. *L'imaginaire d'Internet*. Paris: La découverte.

- http://www.editionsladecouverte.fr/catalogue/index-L_imaginaire_d_Internet-9782707135377.html
- Fressoz, Jean-Baptiste. 2012. *L'apocalypse joyeuse : une histoire du risque technologique*. Paris: Éd. du Seuil.
- . 2014. « Pour une histoire désorientée de l'énergie ». In *25èmes Journées Scientifiques de l'Environnement – L'économie verte en question*, édité par Daniel Thevenot. Vol. JSE-2014. Journées Scientifiques de l'Environnement. Créteil, France.
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00956441>
- Girardier, Jean-Pierre. 1963. « Les pompes solaires ». Dakar: Université.
<http://www.sist.sn/gsdll/collect/butravau/index/assoc/HASH80f5.dir/THS-4658.pdf>
- Girardier, Jean-Pierre, et Henri Masson. 1967. « Le moteur solaire face au moteur diesel. (Extrait du numéro de janvier 1967 des *Annales des Mines*) », no 1 (janvier): 7-16 (273-282).
- GSES, Museo dell'industria e del lavoro. 2014. « Archivio Nazionale sulla Storia dell'Energia Solare ». *Archivio Nazionale sulla Storia dell'Energia Solare*. 10 octobre 2014.
http://www.musilbrescia.it/minisiti/energia-solare/convegno_solare-termodinamico_2014.asp
- Guruswamy, Lakshman D, et Elizabeth Neville, éd. 2016. *International Energy and Poverty: The Emerging Contours*. London and New York: Routledge.
https://nls.ldls.org.uk/welcome.html?ark:/81055/vdc_100025934169.0x000001
- Labussière, Olivier, et Alain Nadaï, éd. 2015. *L'énergie des sciences sociales*. Paris: Alliance Athena. <http://books.openedition.org/allianceathena/203>
- Lim, Xiaozhi. 2017. « Cooling With Heat. As Demand for Air Conditioning Climbs, Some See a Solution in the Very Thing That Makes Us Sweat: The Sun ». *Nature* 542 (février).
- Locher, Fabien. 2011. « L'Histoire face à la crise climatique. À propos de: J.-F. Mouhot, "Des esclaves énergétiques. Regards sur le changement climatique". » *laviedesidees.fr*, novembre, 15 pages.
<http://www.laviedesidees.fr/L-Histoire-face-a-la-crise.html>
- Masson, Henri. 1960. *L'énergie solaire et ses applications*. (Extrait des numéros de Mars et Avril 1960 des *Annales des Mines*). Imprimerie Nationale.

- Minvielle, Jean-Paul. 1999. *La question énergétique au Sahel*. Paris: Karthala: Editions de IRD.
- Mouhot, Jean-François. 2011. *Des esclaves énergétiques: regard sur le changement climatique*. Seyssel: Champ Vallon.
- Nader, Laura, et Norman Milleron. 1979. « Dimensions of the “people problem” in energy research and “the” factual basis of dispersed energy futures ». *Energy* 4 (5): 953-67.
http://econpapers.repec.org/article/eeeeenergy/v_3a4_3ay_3a1979_3ai_3a5_3ap_3a953-967.htm
- Pestre, Dominique, et Stéphane van Damme, éd. 2015. *Histoire des sciences et des savoirs*. Paris : Le Seuil.
- Pouteau, Sylvie. 2016. « Des modalités d'intervention « art-science-philosophique » pour éprouver les temporalités de l'urgence environnementale ». *Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 16, numéro 1 (avril). <https://doi.org/10.4000/vertigo.16976>
- Raina, Dhruv, et Hoysala N. Chanakya. 2017. « Des microbes à vocation gandhienne dans un digesteur à biogaz. Digestion anaérobie et évolution de la recherche sur la technologie du biogaz ». *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, no 67 (juin): 154-75. <https://doi.org/10.4000/tc.8481>
- Ruyer, Raymond. 1988. *L'Utopie et les utopies*. Paris: Gérard Monfort.
- Sène, Djibril. 1976. « Le soleil et le vent au service du développement ». *Ethiopiennes. Revue socialiste de culture négro-africaine*, no 7. <http://ethiopiennes.refer.sn/spip.php?article428>
- Sovacool, Benjamin K., et Ira Martina Drupady. 2012. *Energy access, poverty, and development: the governance of small-scale renewable energy in developing Asia*. Ashgate studies in environmental policy and practice. Farnham: Ashgate.
- Sovacool, Benjamin K, et Michael H Dworkin. 2014. *Global Energy Justice: Problems, Principles, and Practices*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tomei, Julia, et Danielle Gent. 2015. *Equity and the Energy Trilemma: Delivering Sustainable Energy Access in Low Income Communities*. London: IIED. <http://pubs.iied.org/16046IIED>

Analyse des politiques
et du droit positif de
l'énergie solaire

7

Remise en question de l'usage de l'énergie solaire au Sénégal. Variations autour du cadre juridique.

MAMADOU BADJI

L'usage est le « fait de se servir de quelque chose, d'appliquer un procédé, une technique, de faire agir un objet, une matière, selon leur nature, leur fonction, afin d'obtenir un effet qui permette de satisfaire un objet » (Dictionnaire *Le Robert*, 1^{re} éd., 1973). Par « usage de l'énergie solaire », il faut entendre l'acte de mise en application d'une ou plusieurs fonctions de cette source d'énergie pour obtenir un effet voulu. Ce faisant, dans la plupart des cas, l'usage réduit et peut détruire les potentiels fonctionnels qu'il applique, notamment la qualité de l'énergie solaire correspondante, en modifiant les caractéristiques de cette source déterminante.

L'intérêt pour l'énergie solaire dans le monde ponctue les préoccupations anciennes. Le soleil faisait l'objet d'usages multiples qui concernaient « bien davantage la vie quotidienne, avec la cuisson

des aliments et la mesure du temps » (Bouvier et Pehlivanian 2013, p. 8). En Égypte pharaonique, notamment, des préoccupations religieuses et politiques étaient au centre des applications, ce qui pourrait laisser croire à sa « profonde continuité dans le champ politique depuis la plus lointaine Antiquité » (*ibid.*).

Au demeurant, l'énergie en elle-même pose des problèmes dont « la profondeur historique peut gêner le chercheur dans sa façon de l'appréhender » (*ibid.*).

Dérivé du grec *energeia* signifiant la « force en action », le terme est définissable comme « une chose conférant un dynamisme » (Krolik, 2011a). Selon les spécialistes, il y a six formes principales d'énergie (Delalande et Mandil, 1998). L'énergie mécanique correspond à la force du mouvement et se matérialise dans la gestuelle humaine, le déplacement de la locomotive, la circulation du vent et de l'eau... L'énergie thermique (ou calorifique) est issue d'une agitation de la matière et se traduit un transfert de chaleur ou de froid. L'énergie électrique émane de la force produite par l'attraction ou la répulsion entre des particules chargées ou par leur mise en mouvement. L'énergie chimique est dégagée lors de la combinaison d'atomes et résulte d'une réaction ou d'une combustion. L'énergie nucléaire trouve sa source dans les liaisons entre les nucléons et peut découler d'un processus de fission (Hladik, 2016, p. 29-30). L'énergie radiative est issue du déplacement de photons et se manifeste par une onde magnétique visible comme la lumière, ou invisible comme les infrarouges, les ultraviolets et les rayons X (Wiesenfeld, 2006, p. 18).

Sur le plan sémantique, l'énergie renvoie au concept dans sa globalité; en ce sens, on l'envisage en tant que bien, c'est-à-dire comme chose susceptible d'appropriation, des sources d'énergie, c'est-à-dire des matières premières ou phénomènes naturels permettant de dégager l'énergie (pétrole, bois, charbon, gaz, etc.). De la sorte, il s'agit d'un bien « qui s'avère, en outre, malgré ses spécificités, apte à intégrer les principales subdivisions du droit des biens » (Lamoureux, 2009, p. 239). Puisque « l'énergie peut subir un cycle de transformations plus ou moins long et faire l'objet d'usages variés, ce bien fait l'objet d'une réglementation particulière. C'est dans ce sens que l'on parle du droit de l'énergie » (Kamga et Amadou, 2013, p. 64).

L'appel au droit pour réguler le secteur de l'énergie est le reflet

de la séparation entre les convertisseurs artificiels et les convertisseurs biologiques, établie par certains auteurs (Cipolla, 1961). Pour maîtriser la production d'énergie, il faut en maîtriser les sources. Or, « c'est évidemment la propriété qui rend fondamentalement compte de la maîtrise qu'exerce l'individu sur les choses » (Dross, 2012, p. 17). C'est pourquoi, « animé du besoin d'enclorre les choses, pour mieux se les réserver, l'homme pousse toujours plus loin le mouvement d'appropriation; dès que le progrès technique rend l'appropriation possible, les enjeux économiques se mobilisent et le droit fait le reste » (Ost, 1993, p. 18).

En Europe, « l'usage de l'énergie était historiquement encadré par des champs juridiques traditionnels. Mais la crise économique, sociale et environnementale de l'énergie a bouleversé cet équilibre en façonnant une nouvelle discipline », dont le développement imprime à cette matière une direction particulière, notamment en France (Krolik 2011b).

Avant de pousser plus loin, il n'est pas inutile d'ajouter que l'histoire de l'homme se confond avec l'histoire de sa maîtrise des « convertisseurs », entendus au sens d'un « objet » qui « recueille telle ou telle forme d'énergie et la transforme en une autre forme ». Ces convertisseurs sont aussi bien des machines, les « convertisseurs artificiels », que des éléments naturels, les « convertisseurs biologiques », tels que l'arbre qui, par la photosynthèse, transforme l'énergie solaire en énergie chimique, permettant de la sorte à l'homme de respirer. C'est dire que l'humain lui-même est un convertisseur d'énergie (Cipolla, 1961, p. 523-524).

Toutefois, l'essor des convertisseurs artificiels va radicalement changer la perception anthropique de l'énergie. Pour comprendre la distance entre la perception de l'énergie et de ses sources, et son incidence sur la régulation juridique de l'énergie, un détour par l'histoire s'impose (Passet, 2012; Ost, 1993).

En effet, pour toute société humaine, le problème énergétique « est plus souvent un problème de convertisseurs qu'un problème de source : de ce point de vue, l'histoire de l'énergie coïncide avec celle des systèmes de convertisseurs énergétiques » (Debeir, Deléage et Hémerly, 2013, p. 23).

En Europe occidentale où l'évolution de l'organisation des sociétés est fondée, dès les premières implantations, sur la maîtrise

par l'homme des convertisseurs biologiques et le développement des convertisseurs artificiels¹, «le perfectionnement des techniques agraires, le développement des moulins à vent, ont permis à l'homme d'augmenter la quantité d'énergie à sa disposition» (Catala, 1999, p. 558). Cependant l'avènement du capitalisme, reposant sur le développement du secteur marchand, qui «a fondé toute l'activité sociale qu'il organisait non pas sur une valeur d'usage intrinsèquement déterminée, mais sur une valeur d'échange destinée au marché», met en avant les énergies fossiles (Debeir, Deléage et Hémerly, 2013, p. 185). Cette valeur d'échange est au cœur du développement de l'utilisation d'une source d'énergie, car la source peut, par suite, connaître une évaluation par le biais d'un équivalent monétaire. Une filière de production et de distribution de l'énergie peut alors s'organiser (Ost, 1993, p.53).

C'est dire que la promotion de l'utilisation des sources d'énergie tient à l'augmentation générale des prix et à l'augmentation des besoins énergétiques. Elle incline à rechercher la maîtrise du transport des sources, puis de l'énergie elle-même. Par exemple, dans l'Angleterre du 16^e siècle, l'usage du charbon s'explique par la pénurie de bois. L'utilisation de cette ressource jusqu'alors sous-exploitée, tributaire de la surexploitation des forêts, de la pression démographique, de la hausse générale des prix se précise. Elle connaît une expansion scandée par la recherche de meilleures conditions d'extraction et de transport (pas de difficultés technologiques spécifiques) et un coût peu élevé de ces activités.

D'autres transformations se produisent au milieu des années 1930, consécutives à la substitution du pétrole au charbon. C'est l'annonce d'une distanciation de l'individu consommateur avec les convertisseurs biologiques : «l'énergie n'apparaît plus sous ses sources, mais sous ses formes, dont la première, particulièrement en France, deviendra l'électricité». Le premier choc pétrolier, en 1973, pousse les États à diversifier leurs approvisionnements en énergie, par l'appel à des sources de remplacement plus ou moins anciennes telles que l'énergie solaire ou éolienne. Dans les pays occidentaux, la recherche s'est très tôt attachée à trouver des alternatives au modèle énergétique en vigueur depuis la révolution industrielle, fondé sur le charbon et les hydrocarbures.

1. Comme en témoignent la domestication et l'élevage des animaux.

Aujourd'hui, en raison de la crise de l'énergie fossile, l'usage de l'énergie issue du rayonnement direct ou diffus du soleil se développe davantage : il s'agit d'une source d'énergie dont la déperdition de la substance « nous parvient sous la forme d'un rayonnement qui nous éclaire et nous chauffe » (Ringearde-Demarcq, 1979).

Ce rayonnement solaire « est indispensable à l'homme pour sa survie : sa croissance, son équilibre biologique en dépendent; la plupart de ses besoins sont satisfaits directement ou indirectement grâce à l'énergie du soleil, les plantes et les bêtes le nourrissent, les forêts lui donnent les éléments de construction de son habitation et le combustible, les plantes textiles servent à le vêtir... » (Ibid.).

Aussi les usages multiples de cette énergie « renouvelable » s'accompagnent-ils partout d'une régulation juridique propre à favoriser son utilisation rationnelle.

C'est le cas des pays d'Afrique au sud du Sahara où la production d'électricité en provenance des énergies renouvelables sous forme d'installations photovoltaïques (installations solaires) est ancienne et gagne en importance. Le Sénégal peut être cité en exemple. Pays fortement ensoleillé, avec une irradiation annuelle variant entre 1 850 et 2 250 kWh/m²/an ou une moyenne de 5,7 kWh/m²/j, il déploie, malgré une faible optimisation de son potentiel énergétique, des efforts indéniables scandés par l'action des pouvoirs publics qu'accompagnent les acteurs du secteur privé pour promouvoir l'usage de l'énergie solaire, notamment en milieu rural ou périurbain (Projet ACE – WA et ENDA énergie 2016). Conforté par l'action conjuguée de l'État et du secteur privé, l'usage de l'énergie solaire s'est établi. Il demeure que l'accès à l'électricité en provenance des énergies renouvelables s'opère dans un contexte où la réflexion juridique semble absente, alors que le besoin de droit est évident pour assurer un développement ambitieux et maîtrisé des sources d'énergies renouvelables. C'est dire que le droit de l'énergie est, ici, un droit à venir.

Un usage conforté par l'action de l'État et du secteur privé

Au Sénégal comme sur le reste du continent, les problématiques de l'énergie charrient de nombreuses préoccupations que les acteurs

tant étatiques que privés tentent d'appréhender, en termes de recherches, d'expérimentation et d'innovations industrielles.

La Faculté des sciences juridiques et politiques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar a récemment été le théâtre des Rencontres internationales Decottignies qui ont permis aux participants de revenir sur le rôle pionnier joué par le Sénégal dans ces domaines et de leur fournir l'occasion de pousser plus avant l'analyse des problèmes posés par le droit et les politiques de l'énergie. Pour autant, il n'est pas inutile de préciser que l'objet de ces rencontres a également été de montrer que l'accès à l'énergie qui est au cœur des ambitions scientifiques, politiques et économiques des pays d'Afrique au sud du Sahara est une nécessité que le phénomène de la mondialisation ne fait qu'encourager.

Conscient des défis et des enjeux que pose la maîtrise de l'énergie, le Sénégal encourage la promotion des énergies renouvelables par l'appel à des mesures incitatives, impliquant non seulement les pouvoirs publics, mais aussi le secteur privé, national ou étranger.

A. L'action de l'État : une volonté politique clairement affichée

La réalité politique et institutionnelle du secteur des énergies renouvelables au Sénégal est dominée par la mise en place d'un plan de Redéploiement Énergétique du Sénégal (RENES) préconisant la diversification des sources d'approvisionnement intégrant les ressources locales et la maîtrise de l'énergie.

C'est qu'il a fallu, face à la situation énergétique préoccupante née du choc pétrolier des années 1970, faire des choix et, pour parer aux difficultés de fourniture du pays en électricité, se tourner vers les énergies renouvelables. Cet impératif, dicté par la volonté d'alléger considérablement le fardeau des ménages, a permis de rendre l'énergie disponible, par l'augmentation de la capacité de production au niveau national. Il trouve un second souffle non seulement dans une série de textes dont la circulaire primatoriale du Premier ministre n° 10226/PM/SGG/ECS du 21 décembre 1978 relative à la prise en compte de la variante solaire dans les marchés publics de fourniture d'énergie, la loi n° 81-22 du 25 juin 1981 instituant des avantages fiscaux dans le domaine de l'utilisation de l'énergie solaire et éolienne, l'arrêté n29/MEMI du 21 avril 1999, instituant une Cellule de

contrôle de Qualité des composants photovoltaïques mais, aussi, dans le lancement de programmes et d'actions visant à susciter l'accès à l'énergie solaire, apparue comme une solution alternative à l'énergie fossile.

L'actualité en matière énergétique est également marquée, au début des années 1990 et 2000, par l'adhésion du pays aux initiatives et programmes de la CEDEAO tels la Politique sur les énergies renouvelables (PERC), la Politique sur l'efficacité énergétique (PEEC), le Programme sur la bioénergie, destinés à briser la fracture existant entre les pays membres dans la distribution de l'électricité.

En outre, le Sénégal a adhéré à l'initiative des Nations Unies d'accès aux énergies durables pour tous (SE4ALL). Il fait de la question des énergies renouvelables sinon l'axe central, du moins un des huit piliers fondamentaux sur lesquels le gouvernement compte s'appuyer, à travers le « Plan Sénégal émergent (PSE) » (<http://www.gouv.sn/-Plan-Senegal-Emergent-PSE,65-html>) pour hisser en 2035 le Sénégal, en en faisant un pays émergent. Ce plan décrit un certain nombre d'objectifs à atteindre dans ses axes stratégiques :

- Une énergie bon marché disponible en quantité suffisante;
- Un prix de l'électricité réduit à moitié (de l'ordre de 60 – 80 FCFA/kWh);
- La réduction des coupures de courant et des pertes associées;
- L'élargissement de l'accès à l'électricité pour la population rurale du Sénégal à 60 % en 2017, avec une couverture universelle de la population. Pour y parvenir, le plan prévoit un financement d'un montant de 800 milliards de francs CFA avec un financement public de 270 milliards de francs CFA et un financement privé de 530 milliards;
- Poursuite de la restructuration et la régularisation du secteur, ainsi que l'encouragement et la pérennisation des opérateurs et investisseurs privés;
- Renforcement de la coopération régionale et sous régionale par une meilleure intégration des infrastructures énergétiques.

Pour appuyer cet ambitieux plan, la Banque africaine de développement a approuvé en 2016 son document de stratégie pays

pour le Sénégal pour une période de cinq années. Une bonne part de cette enveloppe est consacrée au renforcement des infrastructures de soutien à la production d'énergie.

Le Sénégal est partie prenante dans un accord signé avec la Société Financière Internationale (SFI) de la Banque mondiale pour un accord visant à développer jusqu'à 200 mégawatts d'énergie solaire (Niane, 2015). Cet accord est signé dans le cadre de l'initiative solaire à grande échelle de la Banque mondiale qui vise à aider les pays africains à accélérer la transition énergétique à moindre coût.

Ces actions sont destinées à favoriser progressivement l'émergence des énergies renouvelables en général et du solaire en particulier. Ainsi engagé, le pays entend mettre en œuvre une politique énergétique nationale diversifiée, capable de résorber les problèmes énergétiques à un taux d'indépendance en énergie commerciale hors biomasse d'au moins 15 % d'ici 2025 et l'obtention en 2017 d'un taux de 20 % d'énergies renouvelables dans la puissance électrique globale installée.

Par ailleurs, la volonté politique affirmée de l'État en matière d'énergie solaire s'est traduite par l'inauguration, en octobre et novembre 2016, de deux centrales d'une capacité de production de 40 MW, Synergy II et SolarKima. À cela, il convient d'ajouter la signature de cinq contrats d'achat d'installations solaires entre la SENELEC (entreprise nationale d'exploitation et de distribution d'énergie) et des promoteurs privés.

On peut objecter que toutes ces productions sont injectées directement dans le réseau national et ne bénéficient pas aux populations défavorisées dans la lutte contre la pauvreté. Il n'est toutefois pas inutile de relever que la volonté exprimée par les pouvoirs publics de développer l'accès à l'énergie solaire ne souffre d'aucune ambiguïté.

Diverses institutions sont responsables du pilotage des politiques publiques en matière d'énergies renouvelables. Ainsi, il est créé un ministère de l'Énergie et du Développement des Énergies renouvelables (MEDER), disposant de prérogatives dans la planification et la mise en œuvre de la politique énergétique du gouvernement et, donc, de la promotion et du développement des énergies renouvelables. La régulation, le contrôle et le suivi des activités des opérateurs et exploitants du secteur des énergies

renouvelables sont quant à elles confiées à des Agences, Commissions et autres structures qui mettent un point d'orgue à faciliter l'accès aux énergies renouvelables. La mise en place du Comité interministériel sur les énergies renouvelables (CIER) par l'arrêté primatorial n° 001577 du 17 février 2011, dont le rôle est de faciliter la concertation et la mise en cohérence des activités conduites au sein des ministères responsables de l'énergie et des énergies renouvelables, va dans le même sens. Le secteur privé participe, lui aussi, à ce processus.

B. L'apport du secteur privé : un levier du développement des énergies renouvelables

Le secteur privé s'est montré dynamique dans les activités liées au développement des énergies renouvelables et dans l'accompagnement de l'État pour répondre aux défis et enjeux de la lutte contre les changements climatiques, faciliter l'accès universel aux énergies durables. Les actions du secteur privé ont revêtu plusieurs formes. L'intervention des acteurs de ce secteur est d'autant plus facile que des conditions sont créées, propres à assurer leur accès au marché des énergies renouvelables : en effet, instruits par l'expérience, ils ont décidé de se déployer de façon concertée au sein d'un Conseil patronal des énergies renouvelables du Sénégal (COPERES). Cet organe participe, par ses initiatives, aux efforts des pouvoirs publics tendant au développement des énergies renouvelables.

Les organisations de la société civile ne sont pas en reste, elles qui travaillent dans la conception, la diffusion et la sensibilisation du public sur les technologies liées aux énergies renouvelables par des contrats de partenariat public-privé. Leurs modes d'action se déclinent principalement en unions, réseaux et plates-formes. À titre d'illustration, nous pouvons citer une organisation comme Enda Énergie qui contribue depuis 1982 à faciliter la compréhension et le développement des conditions d'accès aux services énergétiques modernes (<http://endatiersmonde.org/institut>). Elle travaille notamment depuis quelques années à la conception et diffusion des technologies d'efficacité énergétique telles que les boulangeries traditionnelles améliorées ou des fours de fumage de poisson aux conséquences sanitaires réduites. En outre, elle œuvre remarquablement dans la promotion de l'intégration des énergies renouvelables dans la planification énergétique et les plans de

développement du Sénégal. À ces actions, Enda Énergie ajoute, par le biais du Réseau INFORSE West Africa qu'elle coordonne pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre, diverses activités dont la promotion des énergies durables, la promotion de l'accès des populations aux services énergétiques durables et la mise en place de politiques et programmes de développement en émission de carbone en faveur des populations pauvres ou vulnérables.

On peut citer le Centre Écologique Albert Schweitzer (CEAS, Sénégal) qui, s'inscrivant en droite ligne de l'initiative SE4ALL des Nations Unies, lancée en 2012, s'est lui aussi engagé en faveur de l'accès aux énergies renouvelables pour tous. Au Sénégal, cette organisation a principalement perfectionné un séchoir solaire à poisson et proposé des formations dans la fabrication des pompes, chauffe-eau solaires et autres couveuses à poussins (http://www.ceas.ch/fr/projets_en_cours).

Ce tableau d'ensemble met en exergue une convergence des actions entre le secteur privé et les pouvoirs publics, se concrétisant dans le développement de l'usage des énergies renouvelables. De la sorte, l'accès à l'énergie trouve son compte, le gouvernement sénégalais s'efforçant par ailleurs de se montrer à la hauteur de ses engagements. Cependant, la mise en œuvre des politiques publiques en matière d'énergie solaire nécessite un encadrement juridique approprié sans lequel il n'est pas de politique du tout. Or, c'est là que le bât blesse : en dépit des instruments juridiques en vigueur au Sénégal, le droit de l'énergie solaire est encore à construire.

Un usage encadré par un champ juridique insuffisant

Au-delà de l'aménagement formel, le cadre juridique actuel se caractérise par l'hétérogénéité des règles, l'éclatement des normes. Certes, le Sénégal s'est doté d'un texte régissant les activités du secteur de l'électricité (Loi n° 98-29 du 14 avril) et d'une loi relative aux énergies renouvelables (Loi n° 2010-21 du 20 décembre 2010), épine dorsale des politiques publiques en matière de promotion de l'accès à l'énergie. Mais il n'y a pas de textes spécifiques, pas plus qu'il n'y a un corps de règles autonome concernant l'énergie solaire. En vérité, le législateur n'a pas autonomisé un corps de règles propres à l'énergie solaire, il n'a pas prévu un régime distinct de celui des autres énergies renouvelables.

Le cadre actuel est révélateur des carences de notre droit. Nous tenterons de le vérifier, avant d'envisager les contours qu'une réglementation de l'énergie solaire pourrait prendre.

A. L'état actuel du cadre juridique : une révélation des carences

En l'état du droit sénégalais, on ne peut inférer l'existence dans le domaine qui nous intéresse d'un interventionnisme revêtant le caractère essentiellement de droit public du droit de l'énergie, c'est-à-dire d'un « ensemble de règles juridiques encadrant l'usage des choses conférant un dynamisme », selon l'expression de Christophe Krolik qui définit ainsi le droit de l'énergie (Krolik, 2011b, p. 486).

L'auteur de ces lignes n'entend nullement biffer d'un trait de plume ce qui est fait depuis des années pour encadrer les activités (droit minier, droit de l'urbanisme, droit des contrats...) et les infrastructures énergétiques (droit administratif des biens, droit immobilier...). Il ne peut nier que l'État du Sénégal a entrepris depuis 1998 des réformes significatives du secteur de l'électricité, en y apportant des innovations propres à favoriser le développement et la diversification des sources d'énergie.

L'État a, par ailleurs, renforcé ce dispositif par l'adoption, en 2010, d'une loi d'orientation sur les énergies renouvelables. Cette loi comporte une définition des énergies renouvelables. Ainsi, par « énergie renouvelable », il faut entendre une source d'énergie se renouvelant assez rapidement après utilisation/consommation pour être considérée comme inépuisable à l'échelle du temps. La loi énumère six formes principales d'énergies renouvelables. L'énergie solaire émane du rayonnement direct ou diffus du soleil. L'énergie éolienne provient du vent. L'énergie hydrolienne est issue des courants sous-marins. L'énergie marémotrice correspond à l'énergie issue du mouvement de l'eau créé par les marées (variations du niveau de la mer, courant de marée). Petite hydraulique se dit de l'énergie émanant de la transformation d'une chute d'eau ou du courant d'un cours d'eau. L'énergie de la biomasse provient de la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus végétaux et animaux, ainsi que des déchets industriels et municipaux.

Les objectifs poursuivis par le législateur se déclinent en plusieurs points, à savoir :

- Mettre en place un cadre réglementaire pour le développement des énergies renouvelables;
- Réduire l'utilisation des combustibles fossiles;
- Favoriser tous les moyens de production, de stockage, de distribution et consommation pour des besoins domestiques et industriels en milieu urbain tout comme en zone rurale;
- Contribuer à l'amélioration de la sécurité d'approvisionnement en énergie;
- Diversifier les sources de production;
- Promouvoir la diffusion des équipements liés aux énergies renouvelables;
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre.

La loi relative aux énergies renouvelables poursuit donc des objectifs ambitieux, adossés à une vision claire de l'État sénégalais en matière de développement des énergies durables.

Cette loi est complétée par deux décrets d'application, le décret n° 2011-2013 du 21 décembre 2011 portant application de la loi d'orientation sur les énergies renouvelables et relatif aux conditions d'achat et de rémunération de l'électricité produite par des centrales à partir des sources d'énergie renouvelables ainsi que leur raccordement au réseau, et le décret n° 2011-2014 du 21 décembre 2011 portant application de la loi d'orientation sur les énergies renouvelables relatif aux conditions d'achat et de rémunération du surplus d'énergie électrique d'origine renouvelable résultant d'une production pour consommation propre, qui constituent des instruments d'une stratégie de gouvernance du secteur en question.

Par ailleurs, la *Lettre de Politique de Développement du Secteur de l'Énergie* (LPDSE), adoptée en octobre 2012 et couvrant la période 2013-2017, prévoit de développer un programme de « mix énergétique » associant le thermique, l'hydroélectricité, le charbon, le gaz naturel, les énergies renouvelables, en exploitant au mieux toutes les possibilités d'interconnexion régionale et sous régionale.

Toutefois, l'autorité normative n'encadre pas suffisamment les comportements.

Or pour assurer un accès minimum d'énergie à chacun et à

moindre coût, dans la pérennité et le respect de l'environnement, on ne peut faire l'économie d'une codification qui appelle une consolidation tant formelle que substantielle.

Un pas important serait alors franchi si la finalité était la consécration d'un véritable « droit de l'énergie ». En l'état, le Sénégal n'a pas un « droit de l'énergie », mais un droit « applicable à l'énergie », « comprenant des normes régissant le secteur énergétique, mais relevant d'autres champs juridiques » (Sablière, 1999). De par leur finalité extérieure à l'énergie, « ces règles fixent un cadre complémentaire dans leur domaine particulier d'intervention » (Prieur, 1982). Tel est le cas du droit de l'environnement, du droit de l'urbanisme, du droit immobilier, etc. « Pour déterminer le champ normatif de rattachement, une approche finaliste peut être retenue en considérant que relève du droit de l'énergie la norme ayant pour objet principal d'encadrer l'usage de l'énergie. A contrario, une norme régissant le secteur énergétique, mais revêtant une finalité principale extérieure à l'énergie (recettes fiscales, organisation des transports, planification territoriale...) devrait être considérée comme relevant du droit applicable à l'énergie » (Krolik, 2011b, p. 487).

Il serait donc de bonne politique qu'on dessinât les contours d'un « droit à l'énergie solaire », une nouvelle sorte de servitude.

En vérité, il ne peut échapper au spécialiste que le corpus énergétique en vigueur révèle des lacunes, dont la formalisation insuffisante des droits. Alors que le droit de l'énergie met en avant l'accès universel à l'énergie propre à un coût économiquement acceptable, la loi n° 2010-21 du 20 décembre 2010 portant loi d'orientation sur les énergies renouvelables ne renvoie nulle part au droit à l'énergie et au « droit de tous à l'électricité ». Dans l'exposé des motifs de la loi, l'accent est plutôt mis sur la satisfaction de besoins, à savoir « la production en quantité suffisante, le stockage, le transport ainsi que la commercialisation des produits sur toute l'étendue du territoire national ». En outre, il s'agit d'une part de « répondre, de façon adéquate, aux défis de la croissance économique et de la mondialisation et, d'autre part, de présenter l'environnement et le climat dans le cadre des activités de production et consommation d'énergie, conformément aux souhaits et aux exigences de la communauté internationale ».

Ce dispositif est en l'état révélateur de distorsions entre des préoccupations économiques et la recherche d'un ordre juridique

susceptible d'encadrer l'usage de l'énergie solaire. Un droit est à venir, prenant en considération outre le caractère composite, le caractère particulier de l'énergie solaire. C'est l'examen de ce problème qui nous occupe maintenant.

B. L'appel à un corps de règles autonome : la construction d'un droit de l'énergie solaire

Le Sénégal dispose du soleil en permanence; l'implantation d'un grand réseau d'énergie solaire y est donc possible. Par ailleurs, le silicium qui permet de fabriquer les photopiles est d'origine locale. Cependant, de nombreux problèmes freinent le développement de ce sous-secteur.

L'un des problèmes est d'ordre économique. En effet, le nombre d'installations photovoltaïques est encore faible au Sénégal : le matériel utilisé pour la fabrication du silicium est importé et coûte cher.

Des problèmes d'ordre juridique existent également. On sait que certains exploitants d'installations solaires ont recours à des surfaces non utilisées (les toits, par exemple) en érigeant des servitudes permettant l'installation de cellules photovoltaïques. Or les droits réels ne fournissent pas toujours aux intéressés une solution juridique adéquate. Il serait judicieux d'introduire un type de servitude personnelle en la forme d'un « droit à l'énergie solaire » pour ainsi faciliter le financement de grosses installations photovoltaïques.

Pour aller dans le même sens, il ne serait pas inutile de compléter la législation actuelle en recherchant son adéquation avec les règles de droit public posées par le législateur, règles qui entendent valoriser la construction d'installations solaires, en particulier sur des constructions et des installations.

D'autres réformes doivent être mises en œuvre pour consacrer l'effectivité du droit à l'énergie, bien que le droit de l'énergie soit important.

Enfin, et surtout, le Sénégal doit se doter d'un Code de l'énergie pour clarifier les frontières des champs juridiques, placer l'énergie solaire au cœur du cadre juridique et révéler le droit de l'énergie.

Si on avait un Code de l'énergie, on pourrait, à l'instar de ce que la doctrine propose, notamment pour la Métropole – toutes choses

étant égales par ailleurs –, attribuer un livre à chacune des six formes d'énergies renouvelables.

La production d'énergie électrique aurait pu être régie par un livre unique, quelle que soit la source énergétique employée. Les titres de chaque livre se seraient ensuite référés au cycle énergétique de la forme d'énergie considérée (production, transport, distribution, fourniture et valorisation). En cas de besoin, les chapitres auraient pu distinguer la source originaire : l'énergie radiative du soleil (énergie solaire), l'énergie mécanique de l'eau (énergie hydraulique). Outre la mise en adéquation entre la science juridique et les sciences de la nature, cet agencement aurait permis (...) d'appréhender l'énergie dans sa plénitude, et d'offrir la perspective d'un véritable Code de l'énergie (Krolik, 2011b, p. 490).

Point n'est alors besoin d'insister sur l'urgence d'édifier un corps de règles autonome, un Code des énergies renouvelables susceptible d'impacter significativement les besoins en énergie des populations sénégalaises. De la codification, on attend évidemment qu'elle fixe des règles, sinon des valeurs, nouvelles, une vérité d'ailleurs largement partagée par la doctrine (Gaudemet, 1986).

Le droit vit et évolue au contact de la société. Le Code de l'énergie, outre sa fonction de guide juridique, contribue également à la réalisation de ses principes et objectifs par une éducation à son objet : l'énergie. Le défi est ambitieux puisqu'il appelle un changement de cap, une évolution à contre-courant du système de la société de consommation (Krolik, 2011b, p. 491; Albertini, 1997).

Références

- Albertini, Pierre. 1997. « «La codification et le Parlement» ». *AJDA*.
- Bouvier, Yves, et Sophie Pehlivanian. 2013. « Introduction ». *Annales historiques de l'électricité*, no 11:8-10.
- Catala, Pierre. 1999. « La matière et l'énergie ». In *L'avenir du droit. Mélanges en hommage à François Terré*, 557-66. Paris : Dalloz – PUF – Editions du JurisClasseur.
- Cipolla, Carlo-M. 1961. « Sources d'énergie et histoire de l'humanité ». *Annales* 16 (16) : 521-34.
- Debeir, Jean-Claude, Jean-Paul Deléage, et Daniel Hémerly. 2013. *Une histoire de l'énergie : les servitudes de la puissance*. Paris : Flammarion.

- Delalande, André, et Claude Mandil. 1998. *Tout savoir (ou presque) sur l'énergie*. Paris : Editions PYC Livres.
- Dross, William. 2012. *Droit des biens*. Paris : Montchrestien-Lextenso éd.
- Gaudemet, Jean. 1986. « La codification, ses formes et ses fins ». *Revue juridique et politique : indépendance et coopération. Organe de l'Institut International de Droit d'Expression française (I.D.E.F)* 40 (3-4) : 239-60.
- Hladik, Jean. 2016. *E = mc² : histoire méconnue d'une célèbre formule*. Paris : Ellipses.
- Kamga, Joseph, et Atinouké Amadou. 2013. « Droit et politiques de l'énergie en Afrique subsaharienne : les tendances à l'harmonisation ». *La Revue des Juristes de Sciences Po*, no 8 (automne) : 64-77. <http://revuedesjuristesdesciencespo.com/la-revue/la-revue-n8-linternationalisation-de-lenergie>
- Krolik, Christophe. 2011a. « Contribution aux fondements du droit de l'énergie ». Université de Limoges.
- . 2011 b. « Un code primeur pour la naissance du droit de l'énergie ». *Revue juridique de l'environnement* 36 (4) : 483-91.
- Lamoureux, Marie. 2009. « Le bien énergie ». *RTDcom.*, no 2 (avril/ juin):239-58.
- Niane, Ibrahima. 2015. « Énergie durable pour tous (SE4ALL) Agenda d'Actions Sénégal ». Direction de l'électricité – ECREEE. <http://docplayer.fr/14686518-Energie-durable-pour-tous-se4all-agenda-d-actions-senegal.html>
- Ost, François. 1993. « Le juste milieu. Pour une approche dialectique du rapport homme-nature ». In *Images et usages de la nature*, 13-73. Bruxelles : Gérard. P, Ost F. et Van de Kerchove M.
- Passet, René. 2012. *Les grandes représentations du monde et de l'économie à travers l'histoire. De l'univers magique au tourbillon créateur*. Paris : Actes Sud.
- Prieur, Michel. 1982. « L'énergie et la prise en compte de l'environnement ». *Revue juridique de l'environnement*, no 3:231-74.
- Projet ACE – WA, et ENDA énergie. 2016. « Étude sur la situation de base des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique au Sénégal ».
- Ringard-Demarcq, Gisèle. 1979. « L'énergie solaire et le droit international ». *Revue juridique de l'Environnement* 4 (4) : 323-38.

- Sablière, Pierre. 1999. « Y-a-t-il un droit de l'électricité? » *Cahiers juridiques de l'électricité et du gaz*, no 1:1-35.
- Wiesenfeld, Bernard. 2006. *L'énergie en 2050 : nouveaux défis et faux espoirs*. Les Ulis : EDP sciences.

La politique énergétique du Sénégal au lendemain de la Cop 21 : enjeux et perspectives

IBRAHIMA LY

La 21^e session de la Conférence des Parties de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (COP) et la onzième session de la Conférence des Parties agissant en tant que réunion des Parties au Protocole de Kyoto (CMP) a eu lieu du 30 novembre au 12 décembre 2015 à Paris.

La Conférence a permis l'adoption par 195 États d'un accord universel, ambitieux et juridiquement contraignant : l'Accord de Paris en vertu de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Le Sénégal a ratifié l'Accord de Paris le 21 septembre 2016.

Cet accord est entré en vigueur le 4 novembre 2016 soit le trentième jour qui a suivi la date du dépôt des instruments de ratification par 55 Parties à la Convention qui représentent au total au

moins un pourcentage estimé à 55 % du total des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

L'accord de Paris, qui met en œuvre la CCNUCC, vise à renforcer la riposte mondiale à la menace des changements climatiques, dans le contexte du développement durable et de la lutte contre la pauvreté, notamment en :

a) contenant l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation des températures à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels, étant entendu que cela réduirait sensiblement les risques et les effets des changements climatiques;

b) renforçant les capacités d'adaptation aux effets néfastes des changements climatiques et en promouvant la résilience à ces changements et un développement à faible émission de gaz à effet de serre, d'une manière qui ne menace pas la production alimentaire;

c) rendant les flux financiers compatibles avec un profil d'évolution vers un développement à faible émission de gaz à effet de serre et résilient aux changements climatiques.

Au niveau mondial le secteur de l'énergie est responsable de plus des deux tiers des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Les émissions totales de GES du pays, en 2005, année de référence de la communication nationale ont été évaluées à 13 084 Gg de CO₂; soit une émission de 1,2 tonne de CO₂ par habitant (pour une population de 10 817 844 habitants).

L'agriculture, l'énergie, les déchets et les procédés industriels représentent respectivement 49 %, 40 %, 7 % et 4 % des émissions. Il faut relever qu'en 2005, le CO₂ représentait 83 % des émissions. Au total, 89 % des émissions de CO₂ sont dus au secteur de l'énergie et seulement 11 % aux procédés industriels. L'agriculture, quant à elle, est responsable de 79 % des émissions de méthane, suivie des déchets pour 12 % et de l'énergie pour 8 %. Le secteur de l'énergie a été le principal moteur de la croissance des émissions, responsable pour 58 % de l'augmentation des émissions dans la période 2000-2005 (Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, 2015).

Ainsi l'énergie doit être au centre de tous les efforts visant à limiter le réchauffement climatique à deux degrés Celsius.

La mise en œuvre de l'Accord de Paris va infléchir durablement la politique énergétique nationale qui doit relever le défi de garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes à un coût abordable tout en promouvant un développement à faible émission de gaz à effet de serre et résilient aux changements climatiques.

Pour relever ce défi, trois moyens d'action en lien étroit avec la politique énergétique existent :

- la réduction des émissions de GES notamment au travers de l'utilisation rationnelle de l'énergie;
- le développement d'énergies renouvelables qui n'émettent pas de gaz à effet de serre;
- la création de puits de GES (reboisement, réduction de la pression sur le bois énergie).

Pour le Sénégal, membre du Groupe Afrique, l'enjeu sera de profiter des opportunités et mécanismes de soutien à l'adaptation et à la mitigation qu'offrent la diplomatie du climat et celle de la finance climat, pour se placer sur la voie d'une économie faible en carbone avec l'option résolue d'accéder aux énergies propres et d'intégrer le changement climatique dans la planification des secteurs de l'économie les plus sensibles.

Les enjeux de l'accord de Paris pour le développement des énergies durables

La Décision de la COP 21 adoptant l'Accord de Paris reconnaît la nécessité de promouvoir l'accès universel à l'énergie durable dans les pays en développement, en particulier en Afrique, en renforçant le déploiement d'énergies renouvelables. Si cette référence à l'énergie durable ne figure pas dans le texte de l'accord proprement dit, ce dernier présente un certain nombre de dispositions dont la mise en œuvre infléchira la trajectoire des politiques énergétiques vers plus de durabilité. Les obligations de l'Accord épousent les principes d'équité, des responsabilités communes mais différenciées et des capacités respectives, eu égard aux contextes nationaux différents.

A. Les obligations en matière d'atténuation

Les articles 3 et 4 du traité énoncent des obligations en matière d'atténuation. Contrairement au Protocole de Kyoto qui ne fixait des objectifs contraignants en matière d'atténuation qu'aux parties de l'Annexe I (exclusivement des pays industrialisés), l'accord de Paris oblige toutes les parties y compris des pays en développement comme le Sénégal, à établir et à communiquer leur contribution déterminée au niveau national (CDN).

Les CDN sont la base de la participation de chaque pays à la mise en œuvre de l'Accord de Paris sur le climat. Ces contributions doivent être guidées par les priorités nationales et refléter les capacités respectives, les circonstances nationales et les responsabilités de chaque pays. L'objectif de ces contributions est de permettre d'encadrer et de clarifier la progression des États dans la lutte contre le changement climatique

L'article 14 de l'Accord de Paris prévoit une révision des engagements des CDN tous les cinq ans, la première étant programmée en 2023, seule une révision à la hausse est autorisée. Des révisions volontaires à la hausse sont encouragées.

L'accord oblige également les Parties à communiquer, d'ici à 2020, au secrétariat leurs stratégies de développement à faible émission de gaz à effet de serre à long terme pour le milieu du siècle.

B. Les opportunités de l'Accord de Paris

Pour aider les pays en développement comme le Sénégal à remplir leurs obligations en matière d'atténuation et développer la résilience aux effets néfastes des changements climatiques, l'Accord de Paris fournit des opportunités en matière de financement, de transfert de technologies et de renforcement de capacités. Ces mécanismes pourraient servir à développer les énergies durables dans les pays bénéficiaires.

a) Opportunités en matière de financement

L'article 9 de l'Accord de Paris confirme l'obligation juridique pour les pays développés de fournir des ressources pour aider les pays en développement dans leurs efforts de lutte contre le changement

climatique. Ces financements doivent viser un équilibre entre adaptation et atténuation en tenant compte des priorités des pays en développement. L'Accord mentionne l'importance des ressources publiques et des dons, par opposition aux investissements privés et aux prêts à conditions préférentielles, mais leurs parts ne sont pas précisées.

Le chiffre de 100 milliards de dollars par an à partir de 2020 fixé lors de la Conférence de Copenhague est confirmé dans les décisions qui accompagnent l'Accord de Paris et reconnu comme un plancher. Une révision des engagements financiers doit avoir lieu avant 2025.

De leur côté, les pays en développement qui en ont la capacité sont simplement encouragés à contribuer volontairement aux financements.

Pour les pays industrialisés, un rapport sur les financements destinés aux pays en développement devra aussi être fourni tous les deux ans. L'article insiste sur la garantie d'un accès effectif aux ressources financières par le biais de procédures d'approbation simplifiées et d'un appui renforcé à la préparation en faveur des PED. L'enjeu est d'améliorer la coordination et la fourniture de ressources à l'appui des stratégies impulsées par les pays grâce à des procédures simplifiées et efficaces de demande et d'approbation et à un appui continu à la planification préalable à l'intention des pays en développement parties, notamment aux pays les moins avancés et aux petits États insulaires en développement. Le Fonds vert pour le climat, le Fonds pour l'environnement mondial, le Fonds pour les pays les moins avancés et le Fonds spécial pour les changements climatiques, administrés par le Fonds pour l'environnement mondial et le Comité permanent du financement sont les instruments de financement consacrés par l'Accord. Le futur du fonds pour l'adaptation doit être négocié dans le cadre de la réunion des parties au Protocole de Kyoto.

L'article 5 de l'Accord de Paris vise la prise de mesures pour la conservation et le renforcement des puits et réservoirs de gaz à effet de serre notamment les forêts. Il s'agit notamment de mesures de financement et d'appui concernant les activités liées à la réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts, et le rôle de la conservation, de la gestion durable des forêts et de l'accroissement des stocks de carbone forestiers dans les pays en développement. L'article 5 préconise également des démarches

conjointes en matière d'atténuation et d'adaptation pour la gestion intégrale et durable des forêts,

L'accord de Paris est doté d'un mécanisme de flexibilité (article 6) permettant à un État de s'acquitter de ses engagements en finançant des projets sur le territoire d'un pays-tiers. Il s'agit en d'autres termes, de la consécration d'un système international d'échange de permis d'émissions ou « marché du carbone ». Le mécanisme de l'article 6 pourrait ressembler à une forme élargie du mécanisme de développement propre (MDP) de l'article 12 du protocole de Kyoto. L'attribution des permis d'émission aux États se fera sur la base d'engagements volontaires. Par ailleurs, un mécanisme unique sera ouvert à tous les pays alors que seuls les pays en développement pouvaient bénéficier du MDP.

b) Opportunités pour la mise au point et le transfert de technologies

L'article 10 de l'Accord de Paris est fondé sur une vision à long terme de l'importance qu'il y a à donner pleinement effet à la mise au point et au transfert de technologies de façon à accroître la résilience aux changements climatiques et à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Il préconise la mise en place de démarches concertées en matière de recherche-développement et vise à faciliter l'accès des pays en développement parties à la technologie, en particulier aux premiers stades du cycle technologique.

Un appui sera fourni aux pays en développement grâce au renforcement du Mécanisme Technologique (Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique, Comité exécutif de la technologie, Centre et Réseau des technologies climatiques) et du Mécanisme Financier.

L'accord crée un Cadre technologique chargé de donner des directives générales relatives aux travaux du Mécanisme technologique visant à promouvoir et faciliter une action renforcée en matière de mise au point et de transfert de technologies.

c) Opportunités pour le renforcement des capacités

Le renforcement des capacités doit contribuer à améliorer les aptitudes et les capacités des pays en développement parties, en

particulier ceux qui ont les plus faibles capacités (afin qu'ils puissent lutter efficacement contre les changements climatiques, notamment mettre en œuvre des mesures d'adaptation et d'atténuation. Le Mécanisme de renforcement des capacités doit faciliter la mise au point, la diffusion et le déploiement de technologies, l'accès à des moyens de financement de l'action climatique, les aspects pertinents de l'éducation, de la formation et de la sensibilisation de la population, et la communication transparente et précise d'informations en temps voulu.

Toutes les Parties doivent coopérer en vue d'accroître la capacité des pays en développement parties de mettre en œuvre l'accord. Les pays développés parties doivent étoffer l'appui apporté aux mesures de renforcement des capacités dans les pays en développement parties.

La Décision a créé le Comité de Paris sur le renforcement des capacités, qui sera chargé de remédier aux lacunes et de répondre aux besoins, actuels et nouveaux, liés à l'exécution d'activités de renforcement des capacités dans les pays en développement parties et d'intensifier encore les efforts de renforcement des capacités, notamment la cohérence et la coordination des activités menées dans ce domaine au titre de la Convention.

Les acquis et perspectives de la politique énergétique sénégalaise en matière d'énergie durable

La mise en œuvre de l'accord de Paris va renforcer la dynamique déjà enclenchée au niveau multilatéral et national en faveur des énergies durables pour un développement à faible émission de gaz à effet de serre.

A. L'adhésion du Sénégal aux politiques et stratégies multilatérales en matière d'énergie durable

En septembre 2015, l'Assemblée Générale des Nations Unies avait adopté à l'unanimité à New York un « Programme de développement durable à l'horizon 2030 ». Parmi les 17 objectifs de développement durable énoncés, l'ODD 7 vise à « garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes à un coût abordable ». L'objectif comporte cinq cibles :

- d'ici à 2030, garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables et modernes, à un coût abordable;
- d'ici à 2030, accroître nettement la part de l'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique mondial;
- d'ici à 2030, multiplier par deux le taux mondial d'amélioration de l'efficacité énergétique;
- d'ici à 2030, renforcer la coopération internationale en vue de faciliter l'accès à la recherche et aux technologies relatives à l'énergie propre, notamment l'énergie renouvelable, l'efficacité énergétique et les nouvelles technologies relatives aux combustibles fossiles propres, et promouvoir l'investissement dans l'infrastructure énergétique et les technologies relatives à l'énergie propre;
- d'ici à 2030, développer l'infrastructure et améliorer la technologie afin d'approvisionner en services énergétiques modernes et durables tous les habitants des pays en développement, en particulier des pays les moins avancés, des petits États insulaires en développement et des pays en développement sans littoral, dans le respect des programmes d'aide qui les concernent.

En deçà des ODD, le Sénégal est partie prenante des initiatives régionales en matière d'énergie durable.

À l'échelle du continent il faut mentionner l'Initiative Africaine pour les Énergies renouvelables (AREI) qui vise à permettre l'installation d'une capacité énergétique renouvelable à grande échelle sur le continent africain d'ici 2020, ce qui aurait un impact considérable sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre du continent. L'initiative est menée par la commission de l'Union africaine, l'Agence du Nouveau Partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD), le Groupe des négociateurs africains, la Banque africaine de développement (BAD), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), ainsi que l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA).

À l'échelle de la Communauté Economique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), il faut relever l'adoption de documents de politique énergétique tels que la Politique sur l'efficacité énergétique (PEEC) de la politique en matière d'énergies renouvelables (PERC), de la politique bioénergie.

Au niveau de l'Union économique et monétaire Ouest Africaine

(UEMOA) il s'agit principalement de la stratégie de l'UEMOA dénommée « Initiative régionale pour l'Énergie durable » (IREDD) et présentée ainsi :

En 2030, l'ensemble des citoyens de l'Union accédera à une énergie à bas prix, au sein d'un vaste marché d'échanges d'énergie électrique intégré et harmonisé à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest, produisant une énergie propre et s'appuyant sur un partenariat public-privé dynamique.

Cette ambition se décline en trois objectifs stratégiques prioritaires :

- l'objectif de taux d'électrification dans l'UEMOA est de passer de 17 % en 2007 à 80 % en 2020 et 100 % en 2030 (accès universel au service de l'électricité);
- le prix moyen de l'électricité dans l'espace UEMOA est réduit à 30 francs CFA le kWh à l'horizon 2030;
- la proportion d'énergies renouvelables et durables (hydroélectricité, solaire, biomasse, éolien) dans le parc de production passera de 36 % en 2007 à 82 % en 2030.

Les stratégies internationales en matière d'énergie durable sont traduites dans les documents nationaux de politique énergétique ou environnementale du Sénégal.

B. Le développement des politiques et stratégies nationales en matière d'énergie durable

La volonté de renforcer l'indépendance énergétique, la prise de conscience suscitée par la crise écologique, les opportunités offertes par l'action climatique mondiale, ont conduit les pouvoirs publics à opter pour une politique de mix énergétique dans le sous secteur de l'électricité et à ériger en objectif majeur et prioritaire la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

Cette volonté est manifeste dans les différents instruments de la politique énergétique et environnementale.

a) Les énergies durables dans le cadre de la stratégie d'émergence

Le Sénégal a adopté en 2014 une stratégie, dénommée Plan

Sénégal Émergent (PSE) pour accélérer sa marche vers l'émergence. Le PSE constitue le référentiel de la politique économique et sociale sur le moyen et le long terme. La vision de cette nouvelle stratégie est celle d'un Sénégal émergent en 2035 avec une société solidaire et dans un État de droit.

Dans le PSE la résolution de la question vitale de l'énergie est considérée comme un des fondements de l'émergence, elle s'inscrit dans les réformes préalables majeures (Ministère de l'économie, des finances et du plan 2014). Le PSE traduit l'ambition du Sénégal de garantir un accès large et fiable à une énergie bon marché à travers l'atteinte des objectifs suivants :

- avoir une parfaite disponibilité d'énergie en quantité et qualité suffisantes;
- avoir un prix de l'électricité parmi les plus bas de la sous-région (~60 à 80 FCFA/kWh) pour un soutien à la compétitivité économique;
- diminuer de moitié la facture d'électricité des ménages et supprimer les coupures et les pertes associées d'ici 2017.

Le PSE reprend et renforce les objectifs et orientations déjà inscrits dans la Lettre de Politique de Développement du Secteur de l'Énergie (LPDSE) de 2012, et qui sont relatives à l'électricité et à l'accessibilité de l'énergie en milieu rural.

Ainsi pour le PSE la relance du sous-secteur de l'électricité passe par :

- le rééquilibrage de l'offre et de la demande avec la mise en service de nouvelles capacités de production (1 000 MW) pour faire face à la demande;
- la diversification des sources de production d'électricité pour rééquilibrer le mix énergétique avec le choix de développer la production basée sur le charbon, le gaz, l'hydroélectricité, le solaire et l'éolien;
- la mise à niveau et le développement du réseau de transmission et de distribution;
- une meilleure maîtrise de la demande à travers: (i) les campagnes de sensibilisation (ii) la promotion des solutions d'économie d'énergie

électrique intégrée à l'habitat comme le déploiement des éclairages à faible consommation, des compteurs prépayés, des compteurs intelligents (iii), le renforcement d'une tarification incitative et de la contractualisation des effacements de pointe;

- l'encouragement et la pérennisation de l'intervention des opérateurs et investisseurs privés dans la production/développement des unités de production privées;
- le renforcement de la coopération régionale et sous-régionale avec notamment la promotion des projets OMVG, OMVS et WAPP.

Le PSE vise à contribuer à l'objectif du service universel de l'énergie pour les zones rurales en assurant le développement rapide de l'accès à l'électricité avec un objectif de 60 % de taux d'électrification rurale en 2017. Ainsi les actions qui seront mises en œuvre porteront sur :

- le développement de nouvelles sources d'énergie : solaire, éolien, biomasse;
- le renforcement de l'usage des énergies propres par les ménages (butane, biogaz);
- l'accélération de la mise en œuvre des concessions d'électrification rurale.

Ainsi le PSE intègre un certain nombre d'actions qui tendent à développer les énergies durables, même si le souci premier des autorités publiques est d'assurer un approvisionnement sécurisé et une fiabilité des services énergétiques modernes à un coût accessible pour les populations. Cette orientation est également perceptible dans les politiques énergétiques sectorielles.

b) Les lois d'orientation sur les énergies renouvelables et le biocarburant

Il s'agit tout d'abord de la loi n° 2010-21 du 20 décembre 2010 portant loi d'orientation sur les énergies renouvelables (ENR) qui vise à promouvoir le développement des ENR sur l'ensemble du territoire, et de manière spécifique à :

- mettre en place un cadre réglementaire pour le développement des ENR;

- mettre en place un cadre incitatif favorable à l'achat et à la rémunération de l'électricité produite à partir d'ENR;
- réduire l'utilisation des combustibles fossiles;
- favoriser tous les moyens de production, de stockage, de distribution et de consommation pour des besoins domestiques et industriels en milieu urbain tout comme en zone rurale;
- contribuer à l'amélioration de la sécurité d'approvisionnement en énergie;
- diversifier les sources de production;
- promouvoir la diffusion des équipements liés aux technologies d'ENR;
- réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Cette loi qui pose le cadre général du développement des énergies renouvelables au Sénégal est complétée par la loi n° 2010-22 du 15 décembre 2010 portant loi d'orientation de la filière des biocarburants. Cette dernière a pour objet de créer les conditions favorables au développement de la filière des biocarburants. Elle vise notamment à :

- développer la production des biocarburants;
- déterminer le cadre d'exploitation, sous toutes ses formes, des biocarburants;
- favoriser l'accès aux services énergétiques à des coûts soutenables;
- fixer les conditions et les normes de production et d'exploitation des biocarburants sur le territoire national et dans le cadre de la coopération internationale;
- contribuer à la préservation de l'environnement par la valorisation des surfaces forestières et agricoles;
- promouvoir la croissance économique et contribuer au bien-être social.

Ces lois d'orientation marquent une claire volonté des autorités d'accorder une attention forte aux énergies renouvelables. Ces orientations se traduisent également dans la Lettre de Politique de Développement du Secteur de l'Énergie.

c) L'option des énergies durables dans la Lettre de Politique de Développement du Secteur de l'Énergie

Révisée en 2012, la *Lettre de Politique de Développement du Secteur de l'Énergie* (LPDSE) constitue le cadre de référence des acteurs du secteur de l'énergie. Elle prône une vision du secteur énergétique caractérisé par une parfaite disponibilité de l'énergie au moindre coût possible et garantissant un accès universel aux services énergétiques modernes dans le respect des principes d'acceptabilité sociale et environnementale (Ministère de l'énergie, des mines et de l'industrie (MEMI/DE) 2012).

La LPDSE poursuit les objectifs stratégiques suivants :

- assurer l'approvisionnement en énergie du pays en quantité suffisante, dans les meilleures conditions de qualité et de durabilité et au moindre coût;
- opérer la diversification énergétique afin de réduire la vulnérabilité du pays aux aléas exogènes notamment ceux du marché mondial du pétrole;
- promouvoir le développement des énergies renouvelables;
- élargir l'accès des populations aux services modernes de l'énergie en veillant à une répartition plus équitable des efforts, privilégiant les régions défavorisées et les couches vulnérables;
- promouvoir la maîtrise de l'énergie et l'efficacité énergétique.

Dans le sous-secteur de l'électricité, pour mettre en œuvre sa vision d'un Sénégal où l'énergie électrique est disponible en quantité et en qualité, compétitive et produite à partir d'une diversité de technologies incluant notamment celles au charbon, au gaz, à l'hydroélectricité, à l'énergie éolienne et à l'énergie solaire, le gouvernement a décidé d'agir simultanément sur l'offre, la demande et de mener à bout le processus de réforme de la Société nationale d'électricité (SENELEC).

En termes d'actions, le Gouvernement poursuivra la coopération sous régionale dans le cadre de l'OMVS et de l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Gambie (OMVG) pour faire avancer les projets hydroélectriques en recherchant les moyens de lever les contraintes et d'accélérer leur réalisation. En outre, le Gouvernement

entend développer le potentiel des énergies renouvelables à travers les projets retenus par le Comité d'Agrément mis en place par le Ministère de l'Énergie et d'autres mécanismes.

Pour gérer la demande, le gouvernement renforcera la promotion et la mise en œuvre des mesures d'économie d'énergie et d'efficacité énergétique pour contribuer à la résorption du déficit de production. Ainsi, l'opération de diffusion des lampes de basse consommation (LBC) sera poursuivie pour atteindre un objectif de 3 000 000 d'unités.

En matière d'électrification rurale le Gouvernement ambitionne d'atteindre l'objectif d'un taux d'électrification rurale de 50 % vers l'horizon 2016-2017, objectif monté à 60 % par le PSE, en poursuivant la politique des concessions d'électrification rurale.

Pour le Sous-secteur des énergies renouvelables et des biocarburants, la loi d'orientation sur les énergies renouvelables (loi n 2010-21 du 20 décembre 2010, art. 4) impose au gouvernement de diversifier les sources d'énergies renouvelables et d'intégrer dans la politique énergétique des mesures visant la promotion des énergies renouvelables, et à augmenter leur part dans le bilan énergétique pour améliorer le taux d'indépendance énergétique nationale. Ainsi dans la LPDSE 2012, le Gouvernement se fixe l'objectif d'atteindre un taux d'indépendance en énergie commerciale, hors biomasse, d'au moins 15 % d'ici 2025, grâce à l'apport des énergies renouvelables et des biocarburants, un taux estimé actuellement à 2, 5 % (Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, 2015).

Dans le sous-secteur des combustibles domestiques, l'objectif du gouvernement est d'assurer de manière durable l'approvisionnement des ménages urbains et ruraux en énergies de cuisson, en veillant à la préservation des ressources forestières.

Il s'agira de poursuivre la stratégie d'aménagement participatif (PERACOD – Programme pour la promotion des Énergies Renouvelables, de l'électrification rurale et de l'Approvisionnement Durable en Combustibles domestiques, PROGEDE – Programme de Gestion Durable et participative des Énergies traditionnelles et de substitution) qui limite l'exploitation du bois aux fins de production de charbon exclusivement aux zones aménagées. En outre, il s'agit d'améliorer la planification du sous-secteur en mettant à la disposition

des acteurs des statistiques faibles sur les combustibles ligneux (bois et charbon de bois).

La LPDSE n'intègre pas les objectifs du gouvernement en matière de promotion du biogaz qui intervient à travers le Programme National de Biogaz domestique du Sénégal (PNB-SN) qui vise la construction de 10 000 unités de biogaz, à travers le pays, sur la période 2015-2019.

Enfin la LPDSE promeut la maîtrise de l'énergie et l'efficacité énergétique comme un axe prioritaire de la politique énergétique du Sénégal au même titre que les sous-secteurs traditionnels. L'objectif visé est de réduire la dépendance du pays vis-à-vis de l'extérieur pour son approvisionnement et d'alléger la facture pétrolière. Ces économies d'énergie passeront par l'exécution du Programme de suivi, de contrôle et d'optimisation des dépenses publiques d'électricité et l'élaboration d'un plan d'action pour la maîtrise et l'efficacité énergétique. Ce programme doit permettre la réduction de 10 à 20 % de la facture publique d'électricité d'ici 2015.

Le plan d'action portera, entre autres, sur la mise en place d'un cadre législatif et réglementaire (réglementations spécifiques, normes et exigences d'efficacité énergétique, contrôle qualité, audit énergétique obligatoire, etc.), la diffusion massive de lampes LBC, la réalisation d'audits dans le résidentiel, le tertiaire et l'industrie, la normalisation et la labellisation des équipements électroménagers et bureautiques.

Une économie d'énergie de l'ordre de 40 % sur la demande électrique est prévue en 2020 en mettant en œuvre les mesures répertoriées dans l'Etude de la Maîtrise de la Demande Electrique (MDE) : opérationnalisation de l'Agence pour l'Economie et la Maîtrise de l'Énergie (AEME), développement des actions de renforcement des capacités, d'information et de sensibilisation et de mise en place des ressources financières pour la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique.

La LPDSE marque donc une forte volonté des pouvoirs publics d'engager le processus de transition énergétique à travers une série d'actions qui ont pour objectif commun de promouvoir les énergies renouvelables, de diminuer la part des énergies fossiles dans le mix énergétique. Même s'il faut noter le grand écart consistant dans le même temps à promouvoir l'utilisation du charbon minéral pour

la production d'électricité (trois projets de construction de centrales thermiques au charbon sont envisagés dans les communes de Darou Khoudoss, de Cayar et de Bargny).

C. La Politique environnementale comme moyen de promotion des énergies durables

Dans le cadre de la formulation des politiques environnementales et en particulier de la politique climatique nationale, le Ministère de l'Environnement et du Développement durable (MEDD) a initié l'élaboration de plusieurs documents de politique qui énoncent des mesures de promotion de la transition énergétique.

a) La Politique forestière du Sénégal

Elle est définie pour la période 2005–2025. Dans le cadre de sa composante Aménagement et gestion rationnelle des forêts, une des actions vise à rationaliser la gestion des ressources forestières en procédant d'abord à une restructuration et à une restauration des écosystèmes humides et des massifs forestiers, puis à une évaluation quantitative et qualitative des ressources par le biais des inventaires nationaux de manière à assurer une maîtrise de l'exploitation du bois de feu et du charbon de bois. Dans ce domaine, la stratégie d'aménagement participatif en cours limite l'exploitation du bois aux fins de production de charbon exclusivement aux massifs forestiers disposant d'un plan d'aménagement.

b) La Contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN, 2015)

À travers la CPDN le Gouvernement du Sénégal entend contribuer à l'effort collectif de lutte contre les changements climatiques par la mise en œuvre de mesures d'atténuation de ses émissions de GES et de mesures d'adaptation dans ses secteurs d'activités. Cette contribution a été présentée lors de la 21^e Conférence des parties à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (COP 21).

La CPDN du Sénégal, sur le volet atténuation, vise la mise en œuvre d'activités spécifiques ayant un impact sur la réduction des émissions des GES, aussi bien sur la base des ressources nationales (objectifs de la contribution inconditionnelle) qu'avec le soutien de

la communauté internationale (objectifs contribution conditionnelle) en rapport à ses capacités. Ces activités couvrent trois gaz : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et les oxydes nitreux (N₂O).

Les activités qui génèrent des réductions d'émissions de GES seront réalisées dans plusieurs sous-secteurs dont celui prioritaire de l'énergie, à travers la production de l'électricité, l'efficacité énergétique et la consommation de bois de chauffe et de charbon (voir le tableau en annexe).

La CPDN prévoit également parmi les options conditionnelles la valorisation des déchets grâce à la récupération énergétique du méthane. La récupération des effluents des biodigesteurs installés est également envisagée dans les options conditionnelles concernant le secteur de l'agriculture.

Les besoins en financement de la contribution inconditionnelle s'élèvent à plus de 1,8 milliards de dollars US. Les besoins en financement de la contribution conditionnelle s'élèvent à 5 milliards dollars US. Le financement de la contribution conditionnelle est attendu dans le cadre des mécanismes financiers qui accompagneront l'Accord de Paris sur le Climat.

Les mesures destinées à réduire les émissions de CO₂ dans les domaines de la production d'électricité, de la biomasse et des déchets sont susceptibles d'apporter les retombées socio-économiques suivantes :

- Contribution significative à l'indépendance énergétique du pays;
- Diminution des déficits d'approvisionnement et de vulnérabilité aux fluctuations des prix internationaux des hydrocarbures;
- Amélioration de la balance des paiements, voire un allègement du budget de l'État consacré aux subventions pour l'énergie;
- Création d'emplois estimée à environ 40 000 emplois nets, directement et indirectement;
- Contribution au développement local: le développement en milieu rural du biogaz et du bio-charbon est créateur de micro et petites entreprises et d'emplois;
- Diminution de la pollution atmosphérique locale et par conséquent de la baisse des effets néfastes sur la santé des populations;

- Utilisation des formes d'énergies modernes dans les foyers allégeant ainsi la charge de travail des femmes et contribuant à l'amélioration des performances scolaires des enfants.

Dans les domaines de l'efficacité énergétique dans le bâtiment, du transport et de l'industrie, les mesures destinées à réduire les émissions de CO₂ apporteraient les retombées suivantes :

- Allègement significatif des factures énergétiques pesant lourdement sur les entreprises et les ménages;
- Adoption de réglementations imposant aux entreprises des audits énergétiques et des études d'approvisionnement en énergie et permettant d'améliorer leur performance énergétique de 5 % à 15 % et leur marge de productivité et de compétitivité.

Le Sénégal est en train d'actualiser sa CPDN qui est désormais une Contribution déterminée au niveau national (CDN).

Il s'agit de préciser les engagements et de prendre en compte le contexte de la découverte de gisements de gaz et de pétrole au large des côtes sénégalaises.

Conclusion

La politique nationale en matière d'énergie durable s'est diversifiée et renforcée au Sénégal ces dernières années. Les politiques publiques passées en revue donnent une idée du dynamisme qui caractérise la politique de développement des énergies renouvelables au Sénégal. Celle-ci s'exprime également à travers la mise en service en fin 2016 des centrales solaires photovoltaïques de Malicounda et de Bokhol (20 MWc respectivement) et la réalisation en cours d'autres projets de fermes solaires ou éoliennes.

La mise en œuvre de l'Accord de Paris récemment entré en vigueur va renforcer cette dynamique d'un développement à faible émission de gaz à effet de serre et résilient aux changements climatiques.

L'Accord institue de nombreux mécanismes et règles qui doivent être précisés avant de pouvoir être appliqués. La portée réelle du texte en dépendra largement. C'est précisément la tâche de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties à l'Accord de Paris

(CMA) et du Groupe de travail spécial de l'Accord de Paris qui s'est donné rendez-vous à Marrakech en novembre 2016.

Mesures d'atténuation du secteur de l'énergie
Source : Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2015

Secteur Énergie	Options inconditionnelles	Options conditionnelles
<p>Renforcement de la distribution en électricité et en combustible domestique</p>	<p>Programme EnR (énergie Renouvelable)</p> <p>Solaire PV : centrales d'une puissance cumulée totale de 160 MWc</p> <p>Éolienne : centrales d'une puissance cumulée totale 150 MW</p> <p>Hydraulique : centrales d'une puissance cumulée totale de 144 MW/522 GWh</p> <p>Électrification Rurale (PNUER) 392 villages électrifiés en mini-réseau électrifiés solaire ou hybride (diesel/solaire)</p> <p>Combustibles domestiques – construire et diffuser</p> <p>Installation de 27 500 biodigesteurs domestiques</p> <p>Production et diffusion de 4,6 millions de Foyers Améliorés pour bois de feu;</p> <p>Production et diffusion de 3,8 millions de foyers améliorés de charbon de bois.</p>	<p>Programme EnR2 (2020 à 2025) – Éoliennes mise en service de centrales d'une puissance totale cumulée de 200 MW</p> <p>Solaire PV : mise en service de centrales d'une puissance totale cumulée de 200 MWc</p> <p>Biomasse : mise en service de centrales d'une puissance totale cumulée de 50 MW</p> <p>Solaire – CSP : mise en service de centrales d'une puissance totale cumulée de 50 MWc</p> <p>Hydraulique : Injection sur le réseau de 200 GWh supplémentaires en 2025</p> <p>Remplacement de la centrale à charbon Jindal 320MW Charbon par deux centrales à Cycles Combinés au Gaz Naturel Liquéfié (CCGN) de 400 MW (2025 : 200 MW et 2028 : 200 MW)</p> <p>5000 villages électrifiés par voie solaire (mini-réseau) pour l'accès universel à l'électricité</p> <p>Combustibles domestiques – construire et diffuser</p> <p>7,6 millions de foyers améliorés de bois de feu</p> <p>6,8 millions de foyers améliorés de charbon de bois</p> <p>49 000 bio digesteurs domestiques</p>

<p>Amélioration de l'efficacité énergétique</p>	<p>Production de matériaux d'isolation thermique à base de typha au Sénégal et adoption de la technique de Voûte Nubienne dans l'habitat rural et les infrastructures communautaires</p> <p>Phase pilote de promotion des équipements de froid alimentaire</p> <p>Audits obligatoires pour les grandes entreprises</p> <p>Études d'approvisionnement en énergie pour les nouvelles installations (75 études/an)</p> <p>Programme pilote mise à niveau environnementale</p> <p>Valorisation des déchets dans l'agro-industrie (biogaz)</p>	<p>Éclairage efficace (diffuser 3 millions de lampes à LED)</p> <p>Programme d'efficacité énergétique dans les bâtiments tertiaires et dans l'administration</p> <p>Promotion des équipements de froid alimentaire performants : remplacement de 95 % du parc d'équipements</p> <p>Efficacité énergétique de l'éclairage public (remplacement de 75 000 lampadaires)</p> <p>Mise à niveau environnementale des entreprises (50 entreprises par an, avec des incitations financières)</p> <p>Valorisation des déchets dans l'agro-industrie : 4 millions de GJ de biomasse agricole à travers des systèmes de Co/tri-génération (115 MW)</p> <p>Efficacité énergétique des cimenteries</p> <p>Gaz naturel : substituer 40 % du charbon dédié à l'autoproduction d'électricité par du gaz naturel</p>
<p>Réduction des émissions liées à la consommation de bois de chauffe et de charbon</p>	<p>Aménagement et gestion participative des forêts (plus de 30 forêts avec PROGEDE)</p> <p>Effort de domiciliation de l'exploitation du bois et du charbon dans les forêts aménagées</p>	<p>Mise en défense des forêts non encore aménagées</p> <p>Aménagement de 20 forêts par an pendant 5 ans (Aménagement in fine de 1 million ha de forêts)</p> <p>Substitution des meules traditionnelles par la meule casamançaise</p> <p>Diversification des combustibles domestiques</p>

Références

Ministère de l'énergie, des mines et de l'industrie (MEMI/DE), République du Sénégal, 2012. « Lettre de politique de développement du secteur de l'énergie ».

Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, 2015.
Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal.

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable,
République du Sénégal, 2015. « Contribution Prévue Déterminée
au Niveau National (CPDNN) ».

Ministère de l'économie, des finances et du plan, République du
Sénégal, 2014. *Plan Sénégal Emergent (PSE).*

Introduction aux aspects juridiques des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique au Sénégal

MOHAMED AYIB DAFPE

Le processus de développement économique et social du Sénégal est caractérisé par le besoin d'une croissance économique rapide et durable pour atteindre le cap de l'émergence en 2035. Cette ambition, proclamée dans le Plan Sénégal Émergent, nécessite au préalable de relever plusieurs défis économiques et sociaux dont celui de l'accès universel à des services énergétiques modernes, abordables, fiables et durables. L'énergie est nécessaire à toute activité humaine et conditionne la satisfaction des besoins fondamentaux (se chauffer, cuire ses aliments, s'éclairer, produire des biens ou transformer des ressources naturelles etc.). Elle est au cœur de tout processus de développement économique et social. Le scientifique sénégalais Cheikh Anta Diop l'identifie comme la clef du développement du continent africain :

Un plan rationnel d'industrialisation consiste à équiper d'abord les immenses sources d'énergie dont la nature a doté l'Afrique et à rendre ainsi possible tout le processus de développement : au commencement est l'énergie, tout le reste en découle (Diop 1960, 7) (cité dans Caille 2017).

Le profil énergétique du Sénégal se caractérise par une forte dépendance envers l'extérieur, notamment pour l'approvisionnement en hydrocarbures liquides et gazeux. Cette situation grève les finances publiques et freine la compétitivité et la productivité économiques ainsi que le développement social. Les approvisionnements en énergie du Sénégal s'élevaient à 3 720 kilotonnes d'équivalent pétrole (ktep) en 2013. Ils sont essentiellement dominés par la biomasse (46,6 %) produite localement et les produits pétroliers (45,3 %) pour lesquels le Sénégal dépend essentiellement de l'extérieur. Le reste est constitué du charbon minéral importé (5,6 %), utilisé dans les cimenteries, du gaz naturel produit localement (0,9 %), de l'hydroélectricité produit par l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS) au niveau du complexe hydroélectrique de Manantali-Félou (0,7 %) et du solaire photovoltaïque (0,1 %). La biomasse est essentiellement constituée de bois de feu, avec une part de 96 %.

La consommation totale d'énergie finale au Sénégal est passée de 2 154 ktep en 2009 à 2 545 ktep en 2013, soit un accroissement de près de 18 % en quatre ans. La consommation au niveau du secteur industriel est passée de 329 à 417 ktep entre 2009 et 2013, soit un accroissement de 27 %. Il est à noter que la consommation d'énergie finale par habitant (0,19 tep) au Sénégal est très faible, comparée à la moyenne de la CEDEAO (0,45 tep) et à celle de l'Afrique (0,67 tep).

Le taux d'indépendance énergétique montre que le Sénégal est indépendant en moyenne à environ 50 %. Ce taux est relativement élevé du fait principalement de la part importante des consommations de biomasse-énergie au prix de l'exploitation des forêts et de la réduction de la biodiversité. En effet, le taux d'indépendance en énergie moderne (hors biomasse) est quant à lui très faible (2,5 %) en moyenne (Ministère de l'Énergie et du Développement des Énergies Renouvelables (MEDER, 2015)).

Cette forte dépendance énergétique hors biomasse, qui déséquilibre la balance des paiements et accroît la vulnérabilité du secteur face aux fluctuations du marché international, a conduit les pouvoirs publics à ériger comme objectif prioritaire de la politique

énergétique le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique notamment dans l'approvisionnement en électricité (Ministère de l'énergie, des mines et de l'industrie (MEMI/DE) 2012). Les différents agendas et traités internationaux en matière de développement durable et de lutte contre les changements climatiques, auxquels le Sénégal est partie prenante depuis 1992, offrent un cadre propice et une opportunité de dépasser les options énergétiques classiques (hydrocarbures, biomasse) et de se porter directement vers des alternatives énergétiques plus propres qui devraient contribuer à accélérer le développement économique et social, atténuer la dépendance énergétique et protéger l'environnement (Daffé, 2016).

Pour ce faire, le gouvernement sénégalais doit orienter et infléchir le processus de développement économique et social du Sénégal vers des modes de production et de consommation énergétiques plus durables. Cela passe nécessairement par la formulation et la mise en place d'un cadre juridique et institutionnel propice au développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en particulier dans le domaine de l'électricité dont l'essor est identifié comme un préalable à toute politique d'émergence.

Le cadre juridique relatif aux énergies renouvelables tire ses sources aussi bien du droit international que du droit interne en pleine croissance, au risque de compromettre la cohérence et l'intelligibilité du droit.

Le droit international de l'énergie durable

Le Sénégal est partie à des conventions internationales au niveau universel et africain qui assurent la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Parallèlement, à travers son appartenance aux Communautés Économiques Régionales (CER), le Sénégal est soumis à des règles de droit communautaire qui favorisent le développement des énergies durables.

A. Les instruments juridiques universels relatifs à l'énergie durable

Au sein de l'ordre juridique international, la question de l'énergie durable connaît un attrait certain avec l'adoption de plusieurs traités internationaux.

*a) Les statuts de l'Agence Internationale pour les Énergies
Renouvelables (IRENA)*

Les statuts de l'Agence Internationale pour les Énergies Renouvelables (IRENA) ont été adoptés à Bonn (Allemagne), le 26 janvier 2009. La ratification par le Sénégal est intervenue suite à l'adoption de la loi n° 2010-12 du 31 mai 2010 autorisant le Président de la République à ratifier les statuts de l'IRENA.

Selon l'exposé des motifs de la loi, cet instrument juridique « s'inscrit en étroite ligne de la politique énergétique du pays qui entend ainsi, à court terme, exploiter tout le potentiel en énergies renouvelables disponibles sur son territoire afin de réduire progressivement sa dépendance vis-à-vis du pétrole ». Les statuts sont entrés en vigueur en 2010. L'IRENA dont le siège est situé à Abu Dhabi (Émirats Arabes Unis) encourage l'adoption et l'utilisation accrues et généralisées de toutes les formes d'énergies renouvelables dans la perspective d'un développement durable. L'article 3 des statuts définit les énergies renouvelables comme toutes les formes d'énergie produites de manière durable à partir de sources renouvelables notamment la bioénergie, l'énergie géothermique, l'énergie hydroélectrique, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie des océans notamment l'énergie marémotrice, l'énergie des vagues et l'énergie thermique des mers.

La facilité du fonds IRENA/ADFD (Abu Dhabi Fund for Development) pour le financement de projets en énergies renouvelables a retenu lors de l'assemblée générale de l'IRENA en janvier 2016 le financement d'un projet de mini centrale solaire photovoltaïque pour l'électrification en milieu rural au Sénégal.

b) Le programme de développement durable à l'horizon 2030

Le 25 septembre 2015, l'assemblée générale de l'Organisation des Nations Unies a adopté la Résolution A/RES/70/1 « Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030 ».

Les 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) contenus dans ce programme sont le résultat d'un processus de négociation qui a impliqué les 193 États membres des Nations Unies et engagé la participation sans précédent de la société civile et d'autres acteurs.

Ils sont par essence globaux et applicables universellement, compte tenu des réalités, des capacités et des niveaux de développement des différents pays et dans le respect des priorités et politiques nationales.

L'Objectif de Développement Durable 7 vise à garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable. Il comporte trois cibles intégrées et indissociables :

- d'ici à 2030, garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables et modernes, à un coût abordable.
- d'ici à 2030, accroître nettement la part de l'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique mondial.
- d'ici à 2030, multiplier par deux le taux mondial d'amélioration de l'efficacité énergétique.

L'ODD 7 est assorti également de deux cibles relatives aux moyens de mise en œuvre :

- D'ici à 2030, renforcer la coopération internationale en vue de faciliter l'accès à la recherche et aux technologies relatives à l'énergie propre, notamment l'énergie renouvelable, l'efficacité énergétique et les nouvelles technologies relatives aux combustibles fossiles plus propres, et promouvoir l'investissement dans l'infrastructure énergétique et les technologies relatives à l'énergie propre.
- D'ici à 2030, développer l'infrastructure et améliorer la technologie afin d'approvisionner en services énergétiques modernes et durables tous les habitants des PED (Pays en Développement), en particulier des PMA (Pays les Moins Avancés), des PEID (Petits États Insulaires en Développement) et PEDSL (Pays En Développement Sans Littoral) dans le respect des programmes d'aide qui les concernent.

Au regard de son énoncé, les cinq dimensions de l'ODD 7 sont l'universalité, le coût abordable, la fiabilité, la durabilité et la modernité. Pour sa réalisation l'ODD 7 nécessite d'importants investissements et des mesures politiques et juridiques appropriées ainsi qu'une coopération internationale notamment en matière de développement et de transferts de technologies sobres en carbone. La durabilité renvoie essentiellement aux recours aux énergies qui ne

contribuent pas, au niveau mondial, à renforcer le changement climatique anthropique et, au niveau local, à aggraver la pollution des sols, des eaux et de l'air compromettant la santé publique et le cadre de vie. Cela signifie également que la quantité d'énergie produite devrait être supérieure à celle des déchets et de la pollution qui en résulte.

Si des cibles idéales sont définies à l'échelle mondiale, c'est au Sénégal qu'il revient de fixer ses propres cibles au niveau national pour répondre aux ambitions mondiales tout en tenant compte de ses spécificités. Il appartient aussi à l'État de décider de la manière dont ces aspirations et cibles devront être prises en compte par les mécanismes nationaux de planification et dans les politiques et stratégies nationales. Ainsi, si les ODD n'ont pas un caractère contraignant, ils conservent un caractère fortement incitatif en raison du consensus qui a prévalu lors de leur adoption et des opportunités d'assistance financière et technique qu'ils charrient au profit des États qui s'engagent à les mettre en œuvre.

La majorité des résolutions, déclarations, recommandations et actes similaires des organisations internationales n'ont pas un caractère juridiquement contraignant mais peuvent être à l'origine d'engagements politiques et souvent aussi de nouvelles normes de droit international. Ce type d'instruments est collectivement appelé « soft law » (droit souple) (Office des Nations Unies contre la Drogue et le Crime (UNODC) 2009, 13).

Les ODD renforcent l'Initiative Sur l'Énergie Durable Pour Tous (SE4ALL) lancée le 7 novembre 2011 par le Secrétaire Général des Nations Unies Ban ki Moon, initiative qui vise trois objectifs interdépendants :

- Parvenir à un accès universel aux services énergétiques modernes – accès à l'électricité, aux combustibles modernes et aux technologies de cuisson, de chauffage et à des fins productives.
- Doubler le taux d'amélioration de l'efficacité énergétique.
- Multiplier par deux la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique mondial.

Pour atteindre cet objectif, tous les pays et tous les secteurs devront adopter des mesures visant à définir les politiques et les décisions d'investissement nécessaires pour un avenir énergétique plus viable. Les pays industrialisés doivent accélérer la transition vers

des technologies à faible émission de carbone. Quant aux pays en développement, dont un grand nombre affichent une croissance rapide et à grande échelle, ils ont là l'opportunité de dépasser les options énergétiques classiques et de se porter directement vers des alternatives énergétiques plus propres qui devraient contribuer à améliorer le développement économique et social.

Les ODD confirment également le rôle pivot de l'Assemblée Générale, principal organe délibérant chargé de fixer les orientations des Nations Unies, dans la promotion des ressources énergétiques renouvelables. On peut citer à titre d'exemples la résolution 67/215 du 21 décembre 2012 proclamant la période 2014-2024 « Décennie des Nations Unies » quant à l'énergie durable pour tous et la Résolution 69/225 du 19 décembre 2014 « Promotion des sources d'énergie nouvelles et renouvelables ».

c) L'Accord de Paris en vertu de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)

L'Accord de Paris a été adoptée le 12 décembre 2015 par 195 États lors de la vingt-et-unième session de la Conférence des Parties de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (COP 21). Il s'agit d'un accord universel, ambitieux et juridiquement contraignant ratifié par le Sénégal le 21 septembre 2016.

L'accord est entré en vigueur le 4 novembre 2016 après sa ratification par 55 Parties à la Convention qui représentent au total au moins un pourcentage estimé à 55 % du total des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

L'accord de Paris vise à renforcer la riposte mondiale à la menace des changements climatiques, dans le contexte du développement durable et de la lutte contre la pauvreté, notamment en :

- contenant l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation des températures à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels, étant entendu que cela réduirait sensiblement les risques et les effets des changements climatiques;
- renforçant les capacités d'adaptation aux effets néfastes des

changements climatiques et en promouvant la résilience à ces changements et un développement à faible émission de gaz à effet de serre, d'une manière qui ne menace pas la production alimentaire;

- rendant les flux financiers compatibles avec un profil d'évolution vers un développement à faible émission de gaz à effet de serre et résilient aux changements climatiques.

Au niveau mondial la combustion des énergies fossiles est responsable de plus de deux tiers des émissions anthropiques de gaz à effet de serre. C'est pourquoi la régulation de ce secteur doit être érigée comme une priorité dans les efforts visant à limiter le réchauffement climatique.

La Décision de la COP 21 adoptant l'Accord de Paris reconnaît la nécessité de promouvoir l'accès universel à l'énergie durable dans les pays en développement, en particulier en Afrique, en renforçant le déploiement d'énergies renouvelables. Si cette référence à l'énergie durable n'est pas mentionnée dans le texte de l'Accord, ce dernier prévoit des mécanismes d'atténuation, d'adaptation, de financement, de renforcement de capacités et de transfert de technologies dont la mise en œuvre pourrait favoriser le développement de l'énergie durable.

Dans sa Contribution Prévue Déterminée au niveau National (CPDN) à l'occasion de la COP 21, le Sénégal s'est engagé à réduire ses émissions de GES de 5 % en l'absence de toute assistance (option inconditionnelle) et de 21 % à la condition de disposer de financements externes supplémentaires (option conditionnelle).

Le secteur de l'énergie est ciblé comme celui devant produire les réductions d'émissions les plus significatives notamment par le développement des énergies renouvelables et l'amélioration de l'efficacité énergétique.

La Contribution Déterminée au niveau National (CDN, après la ratification par le Sénégal de l'Accord de Paris, la CPDN devient une CDN) est en cours de révision, elle devrait prendre en compte les réalisations et les projets de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable, ainsi que les récentes découvertes d'hydrocarbures au large des côtes sénégalaises.

B. L'essor du droit africain relatif à l'énergie durable

En sa qualité de membre de l'Union Africaine, de communautés économiques régionales et d'organisations de bassins fluviaux transfrontaliers, le Sénégal est partie à plusieurs accords internationaux qui encadrent le secteur de l'énergie et particulièrement les sous-secteurs des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

a) L'action juridique de l'Union Africaine en matière d'énergie durable

Dans le domaine de l'énergie, l'instrument principal de l'Union Africaine est la Convention de la Commission Africaine de l'Énergie (AFREC) adoptée à Lusaka (Zambie), le 11 juillet 2001 et ratifiée par le Sénégal en 2004 (Loi n° 2004-27 du 26 juillet 2004).

Le préambule de la Convention réaffirme les dispositions du Traité instituant la Communauté Economique Africaine (CEA) adopté le 3 juin 1991 à Abuja (Nigéria), et en particulier l'article 54 qui stipule que les États membres de la CEA s'engagent dans le cadre de la coordination et de l'harmonisation de leurs politiques et programmes dans les domaines de l'énergie, à « créer un mécanisme de concertation et de coordination permettant de résoudre en commun les problèmes que pose le développement énergétique au sein de la Communauté... ». Dans le même article (54.2) les États membres de la CEA s'engagent à mettre effectivement en commun les ressources énergétiques du continent et à promouvoir le développement énergies nouvelles et renouvelables dans le cadre de la politique de diversification des sources d'énergie.

L'objectif visé par la Convention AFREC est de permettre aux États africains de remédier aux graves pénuries d'énergie qui entravent leurs efforts de développement industriel. L'un des principes directeurs de la Convention AFREC est le développement et l'utilisation durables et écologiquement rationnels de l'énergie. En vue réaliser ses objectifs, la Convention prévoit la mise en place d'une organisation, l'AFREC, dont le siège est établi à Alger (elle a débuté ses activités en février 2008).

L'une des fonctions de l'AFREC est d'aider au développement, à l'exploitation et à l'utilisation des sources d'énergie nouvelles et renouvelables. Elle est appuyée par d'autres institutions continentales

comme la Conférence des Ministres Africains en charge de l'Énergie (CEMA) en tant qu'organe central de coordination continentale des politiques et stratégies en matière d'énergie et le Conseil des Ministres Africains Chargés de l'Eau (AMCOW, African Minister's Council On Water).

Il faut signaler également au niveau continental l'existence d'autres instruments juridiques ou politiques qui renforcent l'action en faveur de l'énergie durable, parmi lesquels :

- La Convention Africaine sur la Conservation de la Nature et des Ressources Naturelles (Alger 1968, révisée à Maputo (2003), qui promeut une gestion durable et intégrée des ressources naturelles qu'elles soient renouvelables ou non;
- L'Agenda 2063 de l'Union Africaine (2014) qui vise à exploiter toutes les ressources énergétiques de l'Afrique, en vue d'assurer une énergie moderne, efficace, fiable, rentable, renouvelable et respectueuse de l'environnement à tous les ménages africains, aux entreprises, aux industries et aux institutions, grâce à l'établissement de pools et de réseaux énergétiques nationaux et régionaux, et de projets énergétiques PIDA (Programme de Développement des Infrastructures en Afrique);
- Le *New Partnership for Africa's Development* (NEPAD)/Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique (2001) qui fixe comme objectif le développement des abondantes sources d'énergie solaire de l'Afrique et l'exploitation du potentiel hydroélectrique des bassins fluviaux d'Afrique. Le NEPAD englobe la Vision pour l'énergie en Afrique/Africa Power Vision (APV), basée sur le Programme pour le développement des infrastructures en Afrique (PIDA). Le PIDA est le cadre continental visant à combler le vaste fossé de l'infrastructure africaine dans les secteurs des transports, de l'énergie et de l'eau, ainsi que des technologies de l'information et de la communication. Les chefs d'État africains ont approuvé à l'unanimité le PIDA lors de leur Sommet de 2012. La Vision pour l'énergie en Afrique est un plan à long terme visant à accroître l'accès à une énergie fiable et abordable. Son objectif principal est de conduire et accélérer rapidement la mise en œuvre d'importants projets énergétiques en Afrique dans le cadre de PIDA.
- L'initiative Africaine pour les Énergies renouvelables (AREI) vise à

réaliser au moins dix (10) gigawatts (GW) de nouvelles capacités de production d'énergie renouvelable et à réaliser le potentiel du continent pour générer au moins 300 GW d'ici 2030.

b) L'harmonisation du droit de l'énergie durable au sein des communautés économiques régionales

Pays d'Afrique de l'Ouest, le Sénégal est membre de deux communautés économiques régionales : la Communauté Économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) et l'Union Économique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest (UEMOA). Ces deux institutions sous-régionales ont élaboré un corpus juridique pour la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique dans l'espace communautaire. Cette importante production de droit communautaire est renforcée par le droit conventionnel pour le développement de l'hydroélectricité dans les bassins des fleuves Sénégal et Gambie.

L'action juridique de la CEDEAO en faveur de l'Énergie durable

L'article 28 du Traité révisé de la CEDEAO (1993) précise les axes de coopération de la Communauté en matière d'énergie et décline les engagements des États membres à promouvoir le développement des énergies nouvelles et renouvelables, notamment l'énergie solaire, dans le cadre de la politique de diversification des sources d'énergie.

Dès 1982, la Conférence des Chefs d'État et de Gouvernement de la CEDEAO adopte la Décision À DEC.3/5/82 relative à la politique énergétique de la CEDEAO. Cette politique vise principalement à assurer la sécurité énergétique, à diversifier les sources d'énergie primaire, et à promouvoir l'accès du plus grand nombre à l'énergie (voir également dans le présent ouvrage la fin du texte de Jean-Pierre Girardier sur ces initiatives).

Même si les objectifs de cette politique restent d'actualité, elle doit être reformulée en termes de stratégie pour s'adapter à l'évolution des technologies et des contraintes sur les ressources énergétiques et l'environnement au niveau mondial. Concrètement, l'application de cette politique s'est caractérisée par la mise en œuvre de projets régionaux tels que le Gazoduc de l'Afrique de l'Ouest (GAO), le Système d'Échanges d'Énergie Électrique Ouest Africain (EEEOA)

et le Projet pour l'Accès à l'Énergie des Populations Rurales et Périurbaines. Ces projets et programmes ont été accompagnés d'arrangements institutionnels au niveau régional pour favoriser la coopération entre les États membres.

Le Protocole sur l'Énergie adopté à Dakar le 21 janvier 2003, inspiré du modèle de la Charte Européenne de l'Énergie (1994) fournit un cadre juridique destiné à promouvoir une coopération à long terme dans le domaine de l'énergie en vue d'augmenter l'investissement dans le secteur de l'énergie et de développer le commerce de l'énergie. Elle a été ratifiée par le Sénégal en 2006 (Loi n° 2006-15 du 30 juin 2006). Parmi ses objectifs figurent l'amélioration de l'efficacité énergétique, le développement et l'utilisation des sources d'énergie renouvelable, la promotion de l'utilisation de combustibles plus propres et l'emploi de technologies et de moyens technologiques qui réduisent la pollution. Dans le domaine de l'efficacité énergétique, l'article 43 du Protocole fixe les principes de base, la répartition des responsabilités et de la coordination et le contenu des programmes nationaux.

Cette action juridique dans le domaine de l'énergie durable a été accentuée par la création du Centre Régional pour les Énergies Renouvelables et l'Efficacité Énergétique (CEREEC) par le Règlement C/REG.23/11/08 de la 61^e Session du Conseil des Ministres de la CEDEAO, tenue à Ouagadougou (Burkina Faso), le 23 novembre 2008.

Le CREREE dont le siège est établi à Praia (Cabo Verde) vise à créer des conditions-cadres favorables, et un environnement propice pour les marchés des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique à travers les activités d'appui visant à atténuer les obstacles existants au sein de la technologie, du financement, de l'économie, du commerce ainsi que dans le cadre juridique, politique, institutionnel, de la connaissance et du renforcement des capacités.

Le Centre promeut les technologies et les solutions énergétiques suivantes :

- Toutes les technologies et les solutions appropriées en matière des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique, y compris aussi les systèmes hybrides à base d'énergie renouvelable et les mini-réseaux;

- Les projets de petites centrales hydroélectriques habituellement avec une capacité maximale de 30 MW;
- Les projets de biocarburants durables.

Depuis sa création le CEREEC a réalisé plusieurs activités :

- L'appui aux quinze États Membres de la CEDEAO dans le développement, l'adoption et la mise en œuvre des politiques nationales en matière d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique;
- L'appui aux quinze États Membres de la CEDEAO dans l'élaboration, l'adoption et la mise en œuvre des cadres réglementaires, des normes, des incitations (exonérations fiscales, marchés publics, normes de portefeuilles) et des mécanismes financiers (tarifs de rachat, facturation nette, subventions);
- L'élaboration de la Politique en matière d'Énergies Renouvelables de la CEDEAO (PERC) (Acte Additionnel A/SA.2/07/13 sur la Politique d'efficacité énergétique de la CEDEAO du 18 juillet 2013);
- L'élaboration de la Politique sur l'Efficacité Énergétique de la CEDEAO (PEEC) (Acte Additionnel A/SA.2/07/13 sur la Politique d'efficacité énergétique de la CEDEAO du 18 juillet 2013);
- L'évaluation régionale des besoins en renforcement des capacités en matière d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique;
- La formulation et la mise en œuvre d'une stratégie et d'un plan d'action de renforcement des capacités en matière d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique;
- L'exécution du programme de la CEDEAO sur l'évaluation du potentiel des énergies renouvelables qui vise à la mise en place d'un référentiel sur les capacités en matière des énergies renouvelables, les parties prenantes, les politiques, les investissements, les ressources et les sites des projets dans la région de la CEDEAO;
- Le lancement de l'Observatoire de la CEDEAO pour les Énergies Renouvelables et l'Efficacité Énergétique (OEREE), un outil basé sur le Web et facilement accessible par l'internet. L'OEREE fournit aux décideurs, développeurs de projets, investisseurs et autres facilitateurs du marché des informations actualisées et des stratégies

de planification sur les opportunités dans les secteurs des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique dans la région de la CEDEAO (Règlement C/REG.23/11/08).

- Le lancement du Fonds pour les Énergies Renouvelables de la CEDEAO (EREF) pour les projets d'énergie renouvelable à petite échelle et de l'Initiative de la CEDEAO pour l'Investissement dans l'Énergie Renouvelable (EREI) pour les projets de moyenne et grande envergure.

Actuellement, le Centre a formulé des documents juridiques et de politique en cours d'adoption par les organes de la CEDEAO (CEDEAO 2016) :

- La Politique Bioénergie de la CEDEAO qui vise à promouvoir la valorisation des ressources de biomasse existantes, y compris les déchets et les résidus de transformation agricole et industrielle;
- La Politique de la CEDEAO sur l'intégration du genre dans l'accès à l'énergie qui a pour but de lever les obstacles existants qui peuvent entraver une participation égale des hommes et des femmes dans l'expansion de l'accès à l'énergie en Afrique de l'Ouest;
- Le Cadre de suivi et de reporting pour les politiques régionales sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique, ainsi que les objectifs en matière d'énergie durable pour tous (SE4ALL). Ce cadre décrit le mécanisme de suivi de la mise en œuvre des plans d'action nationaux en matière d'énergie renouvelable, d'efficacité énergétique et d'énergie durable pour tous ainsi que les responsabilités des différents acteurs;
- La Stratégie régionale d'éclairage efficace de la CEDEAO visant à promouvoir les lampes de basse consommation dans tous les États membres de la CEDEAO à l'horizon 2020 et d'élaborer les normes de performance énergétiques minimales ainsi que les conditions de leur mise en œuvre;
- La Directive de la CEDEAO sur l'efficacité énergétique dans les bâtiments qui permettra de promouvoir l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments des pays de la CEDEAO à travers d'une part, l'institution des exigences minimales de performance énergétique des bâtiments et d'autre part, la valorisation des techniques et matériaux de construction durables;

- L'Initiative pour le Corridor Ouest Africain de l'Énergie Propre (WACEC) qui permettra de promouvoir et d'accélérer le développement d'un Corridor Ouest Africain de l'Énergie Propre par la mise en place de centrales électriques d'énergie renouvelable à des coûts rentables.

Par ailleurs le Centre mène plusieurs activités dans le cadre de ses programmes et projets pour le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Ces actions sont effectuées en collaboration avec d'autres organes de la CEDEAO tels que :

- La Conférence des ministres en charge de l'énergie des États membres de la CEDEAO;
- La Commission de la CEDEAO à travers le Département de l'Énergie et des Mines;
- Le Système d'Échanges d'Énergie Électrique Ouest Africain (EEEOA ou West African Power Pool – WAPP), une institution spécialisée de la CEDEAO chargé de mettre en place un marché régional de l'électricité à travers des projets de lignes d'interconnexion électrique et de développement de centrales électriques (solaire, hydroélectricité, éolien, thermiques à gaz) (Décision A/DEC.5/12/99 de la conférence des Chefs d'États et de Gouvernement de la CEDEAO);
- L'Autorité de Régulation Régionale du secteur de l'Électricité de la CEDEAO (ARREC) chargée de la régulation du marché régional de l'électricité (Acte additionnel A/SA.2/01/08 du 18 janvier 2008 et Règlement C/REG.27/12/07 du 15 décembre 2007);
- Le Centre de Coordination des Ressources en Eau (CCRE) qui regroupe les organismes de bassin et travaille sur les grandes infrastructures hydrauliques (projet de directive sur le développement des grandes infrastructures hydrauliques).

À ce cadre juridique et stratégique vient se superposer celui de l'UEMOA dans la mesure où tous les États membres de l'UEMOA sont également membres de la CEDEAO.

L'harmonisation du droit de l'énergie durable au sein de l'UEMOA

Succédant à l'Union monétaire ouest africaine (UMOA), l'Union Économique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest 1 (UEMOA) a été créée par le Traité adopté par la Conférence des chefs d'État et de gouvernement le 10 janvier 1994 à Dakar.

Par l'acte additionnel n° 04-2001 du 19 décembre 2001, l'UEMOA s'est dotée d'une Politique Énergétique Commune (PEC) avec notamment pour objectifs de promouvoir les énergies renouvelables, de promouvoir l'efficacité énergétique et de contribuer à la préservation de l'environnement.

Pour son opérationnalisation la PEC s'articule autour de programmes notamment dont la mise en place d'un système de planification énergétique intégrée, la promotion des énergies renouvelables, la rationalisation de l'utilisation des combustibles ligneux, la diversification des ressources énergétiques, l'utilisation rationnelle de l'énergie.

Ces programmes devront faire l'objet d'études approfondies qui détermineront les modalités pratiques de leur mise en œuvre.

La Décision n° 6-2009 CM-UEMOA en date du 25 septembre 2009, du Conseil des Ministres a adopté la Stratégie de l'UEMOA dénommée « Initiative Régionale pour l'Énergie durable » (IREDD).

Face à la crise de l'énergie qui freine le développement de la zone, l'IREDD entend aller « au-delà de la situation d'urgence, pour s'inscrire dans une démarche stratégique permettant de trouver des solutions optimales et durables dans un horizon de moyen et long terme, à savoir le renforcement des capacités de production et l'utilisation, à terme, de sources d'énergie alternatives ».

La vision de l'IREDD est la suivante :

En 2030, l'ensemble des citoyens de l'Union accédera à une énergie à bas prix, au sein d'un vaste marché d'échanges d'énergie électrique intégré et harmonisé à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest, produisant une énergie propre et s'appuyant sur un partenariat public-privé dynamique.

Cette vision est déclinée en une feuille de route, déjà pour partie hors d'atteinte, qui déroulait progressivement trois ambitions, dont rendre l'énergie disponible (période 2009-2012), réaliser le tournant de l'énergie compétitive (période 2012-2020), et instituer une offre d'énergie durable (période 2020-2030). Les trois objectifs stratégiques

prioritaires retenus étaient celui d'un taux d'électrification dans l'UEMOA accru de 17 % en 2007 à 80 % en 2020 et 100 % en 2030, un prix moyen de l'électricité dans l'espace UEMOA réduit à 30 francs CFA le kWh à l'horizon 2030, une proportion d'énergies renouvelables et durables (hydroélectricité, solaire, biomasse, éolien) montée de 36 % en 2007 à 82 % en 2030.

Par Décision n° 08/2009/CM/UEMOA du 25 septembre 2009 portant création du Fonds de Développement Énergie (FDE), le Conseil des Ministres de l'UEMOA a aménagé un mécanisme destiné au financement de l'Initiative Régionale pour l'Énergie Durable.

Dans le cadre de la mise en œuvre de l'IRED, il faut mentionner le projet de Code régional d'efficacité énergétique dans les bâtiments (CEEB) qui doit servir de modèle à l'intégration des exigences minimales en matière d'efficacité énergétique dans les normes de construction des pays de l'UEMOA. Il vise à définir des normes thermiques minimales pour l'enveloppe du bâtiment, à définir des normes de performance énergétique minimales pour l'éclairage et les systèmes de climatisation et à définir des procédures de vérification pour déterminer la conformité aux exigences. Dans le même ordre d'idées l'UEMOA s'est engagé dans l'élaboration d'une Directive sur les normes d'étiquetage énergétique des appareils électroménagers (appareils d'éclairage, climatiseurs et réfrigérateurs).

Les principaux organes de l'UEMOA impliqués dans la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique sont la Commission de l'UEMOA (à travers le Département du développement de l'entreprise, de l'énergie et du tourisme) et les organes consultatifs tels que le Comité Régional des Régulateurs du secteur de l'Énergie (CRRE) et le Comité Régional des Producteurs, Transporteurs et Distributeurs d'Énergie électrique (CRTPDE). La double appartenance des États membres de l'UEMOA à la CEDEAO pose le défi de la complémentarité, de la coordination et de la synergie entre les deux institutions pour éviter le double emploi et les contradictions entre les deux systèmes juridiques.

Cette coopération entre les deux institutions a été matérialisée en 2006 avec la Politique de la CEDEAO/UEMOA sur l'accès aux services énergétiques des populations rurales et périurbaines. Cette politique est un résultat de la Convention signée entre la CEDEAO et l'UEMOA le 22 août 2005 pour la mise en œuvre d'actions conjointes dans le domaine de l'énergie. Les États membres se sont fixés un

objectif global pour accroître l'accès aux services énergétiques des populations rurales et périurbaines afin de permettre à l'horizon 2015, au moins à la moitié de la population en milieu rural et périurbain d'accéder aux services énergétiques modernes.

La coopération entre la CEDEAO et l'UEMOA pourrait être orientée vers l'adoption d'une politique énergétique de l'Afrique de l'Ouest à l'instar de la Politique des ressources en eau de l'Afrique de l'Ouest (PREAO, Acte additionnel A/SA. 5/12/08 du 19 décembre 2008) que les deux institutions partagent avec le Comité inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS).

La PREAO considère l'hydroélectricité comme une source d'énergie propre et renouvelable et promeut le développement d'ouvrages multi-usages (production d'hydroélectricité, eau agricole, approvisionnement en eau et assainissement) et communs entre plusieurs États. La CEDEAO identifie les sites à équiper au niveau régional et accompagne leur réalisation en relations étroites avec tous les acteurs du secteur de l'énergie, en cohérence avec les politiques énergétiques et environnementales aux niveaux national et régional.

c) L'action juridique des organisations de bassins fluviaux transfrontaliers en matière d'énergie durable

Les organismes des bassins du fleuve Sénégal et du fleuve Gambie sont les principaux acteurs en matière de développement de l'hydroélectricité (Garané, 2009 : 142).

Le développement de l'hydroélectricité sur le bassin du fleuve Sénégal

L'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS) est une organisation commune de coopération créée le 11 mars 1972 par trois États riverains du fleuve Sénégal (Mali, Mauritanie, Sénégal) pour la maîtrise et l'exploitation rationnelle des ressources du fleuve et de sa vallée (Convention signée à Nouakchott le 11 mars 1972, amendée). La République de Guinée l'a intégré le 17 mars 2006.

Le préambule de la Convention relative au statut du fleuve Sénégal prend en considération l'accord sans réserve des États sur les modalités d'aménagement général du fleuve Sénégal et sur les étapes

de régularisation et d'utilisation de ses eaux dans le triple but de développer la production d'énergie, l'irrigation et la navigation.

L'article premier consacre le statut de fleuve international du fleuve Sénégal et de ses affluents. Les États contractants « affirment solennellement leur volonté de développer une étroite coopération pour permettre l'exploitation rationnelle des ressources du fleuve Sénégal et garantir la liberté de navigation et l'égalité de traitement des utilisateurs » (article 2). L'exploitation du fleuve Sénégal est ouverte à chaque État contractant suivant les modalités définies par la Convention (article 3).

Ces deux conventions internationales fondatrices sont complétées par divers textes dont la Convention relative au statut juridique des ouvrages communs (dont les barrages hydroélectriques et les ouvrages annexes et accessoires) du 21 décembre 1978, la Convention relative aux modalités de financement des ouvrages communs du 12 mai 1982, la Convention portant création de l'Agence de Gestion et d'Exploitation de Diama du 7 janvier 1997, la Convention portant création de l'Agence de Gestion de l'Énergie de Manantali du 7 janvier 1997, la Charte des Eaux du Fleuve Sénégal du 28 mai 2002.

La Charte des Eaux qui s'applique à l'ensemble du bassin hydrographique du Fleuve Sénégal, y compris les affluents, défluent et dépressions associées, a pour objet notamment :

- De fixer les principes et les modalités de la répartition des eaux du fleuve Sénégal entre les différents secteurs d'utilisation tels que l'agriculture, l'élevage, la pêche continentale, la pisciculture, la sylviculture, la faune et la flore, l'énergie hydroélectrique, l'alimentation en eau potable, la santé, l'industrie, la navigation et l'environnement, en tenant compte des usages domestiques;
- De définir les modalités d'examen et d'approbation des nouveaux projets utilisateurs d'eau ou affectant la qualité de l'eau;
- De déterminer les règles relatives à la préservation et à la protection de l'environnement;
- De définir le cadre et les modalités de participation des utilisateurs de l'eau dans la prise des décisions de gestion des ressources en eau du fleuve Sénégal.

Ce cadre juridique et institutionnel a permis et favorisé l'intervention de l'OMVS dans le domaine de l'énergie hydroélectrique, y compris en matière de planification du développement du Réseau de Transport Électrique.

Dans le cadre du volet énergie de ses activités, l'OMVS a identifié près d'une dizaine de sites de barrages présentant un potentiel hydroélectrique évalué à plus de 4 000 GWh/an.

Deux barrages hydroélectriques ont été réalisés à ce jour par l'OMVS :

- Le complexe de Manantali situé sur le Bafing comprend un barrage et une centrale. Sur une puissance installée de 200 MW, ce barrage produit en moyenne 800 GWh/an qui sont livrés aux sociétés nationales d'électricité du Mali (52 %), de la Mauritanie (15 %) et du Sénégal (33 %);
- Le barrage de Félou fonctionnel en 2013 qui produit en moyenne 60 MW injectés dans le réseau de Manantali.

Cette énergie hydroélectrique est livrée aux États grâce au Réseau de transport interconnecté de Manantali (RIMA) long de 1 700 km avec une puissance totale transportée de 260 MW en 2014.

Pour assurer la réalisation, l'exploitation, l'entretien et le renouvellement des ouvrages communs de Manantali et de Felou, l'OMVS a créé en 1997 la Société de Gestion de l'Énergie de Manantali (Convention signée à Dakar le 7 janvier 1997). L'exploitation des ouvrages est assurée par des opérateurs indépendants. Pour ce faire, il a été mis en place un cadre juridique de cession de l'énergie de Manantali aux Sociétés d'Électricité des États-membres concernés dans un Protocole Tarifaire comprenant également un Protocole d'Interconnexion et un mécanisme de concertation. Depuis 2004, dans un souci de réduction de la fracture énergétique et de partage social des bénéfices des barrages, l'OMVS s'est également engagée à exécuter un programme d'électrification rurale en faveur des localités situées le long des lignes haute tension.

Le système Énergie de l'OMVS vise à terme un objectif de 2 000 MW de puissance installée avec, comme inauguré par le barrage de Félou, un cycle d'ouvrages hydroélectriques de seconde génération dont Gouina (140 MW) dont la première pierre a été posée en décembre 2013, Koukoutamba (294 MW, prévu en 2017),

Boureya (114 MW en 2021), Gourbassi (18 MW en 2023), Badoumbé (70 MW en 2025).

Les ouvrages hydroélectriques de l'OMVS, conformément à la Convention du 21 décembre 1978 sont des ouvrages communs, c'est-à-dire qu'ils sont la propriété commune et indivisible des États membres.

Le Sénégal est aussi membre de l'OMVG qui développe un important programme énergie.

Le développement de l'hydroélectricité sur le bassin du fleuve Gambie

Regroupant la Gambie, la Guinée, la Guinée-Bissau et le Sénégal, l'Organisation de mise en valeur du fleuve Gambie (OMVG) est l'institution d'exécution des programmes de développement intégré des quatre pays membres pour une l'exploitation des ressources communes des bassins des fleuves Gambie, Kayanga-Géba et Koliba-Corubal. Elle dispose à peu de choses près des mêmes textes constitutifs et de la même architecture institutionnelle que l'OMVS.

L'OMVG a actuellement en cours de réalisation un Projet Énergie portant sur la construction de deux centrales hydroélectriques totalisant une puissance nominale de 225 MW (Sambagalou et Kaleta), et d'un réseau de transport à très haute tension d'environ 1 723 km de longueur qui assurera l'interconnexion des systèmes électriques des quatre États membres. Le programme énergie prévoit l'aménagement d'un barrage hydroélectrique à Sambagalou dans la région de Kédougou d'une puissance de 128 MW et la construction d'un réseau d'interconnexion de 1 677 km de ligne de haute tension. Ces infrastructures seront connectées au barrage hydro-électrique de Kaleta en République de Guinée pour contribuer à la création d'un marché régional de l'électricité.

Le cadre juridique dans lequel va être développé les ouvrages du Programme Énergie est constitué des textes juridiques suivants :

- Convention relative au statut du fleuve Gambie du 30 juin 1978;
- Convention portant création de l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Gambie du 30 juin 1978;
- Convention relative au statut juridique des ouvrages communs (1985);

- Régime fiscal et douanier applicable aux marchés d'étude et de travaux des ouvrages Communs.

La Convention relative au statut juridique des ouvrages Communs définit un ensemble de dispositions relatives à leur construction et leur exploitation, et les considère comme propriété commune et indivisible des États membres. Comme indiqué à l'article 6 de la Convention, chaque ouvrage fera l'objet d'un instrument juridique qui en fixera les composantes et caractéristiques. Cette convention spécifique définira également la répartition des coûts et des charges d'exploitation de chaque ouvrage.

L'émergence d'un cadre juridique national des énergies renouvelables

Parallèlement à l'élaboration d'un droit international de l'énergie durable, le Sénégal s'est doté d'un dispositif juridique et institutionnel pour permettre le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Cette nouvelle architecture s'appuie sur un socle de textes juridiques relatifs à l'électricité et à l'utilisation rationnelle de l'énergie. Elle vient compléter un droit forestier plus ancien cantonné à la valorisation énergétique des ressources forestières (bois-énergie) comme combustibles domestiques. L'innovation consiste à intégrer les énergies renouvelables (soleil, vent, biomasse) comme une source de production d'électricité au même titre que les ressources fossiles (pétrole, gaz, charbon minéral) pour accroître leur part dans le bouquet énergétique national (mix énergétique) et réduire la dépendance énergétique du pays.

A. Les bases juridiques de la production d'électricité à partir des énergies renouvelables

a) La loi d'orientation relative au secteur de l'électricité

La Loi n° 98-29 du 14 avril 1998 relative au secteur de l'électricité consacre la réforme du sous-secteur de l'électricité de 1998. Pour surmonter les difficultés de financement, la loi vise principalement à garantir l'approvisionnement en énergie électrique du pays au moindre coût et à élargir l'accès des populations à l'électricité, notamment en milieu rural. La révision du cadre légal

et réglementaire vise à attirer les investissements privés importants que requiert le développement du secteur et à introduire, à terme, la concurrence dans la production, la vente en gros et l'achat en gros.

La loi apporte des innovations majeures dans le secteur de l'électricité avec la refonte de la structure de l'industrie électrique, l'institution d'un système de licences et de concessions, la mise en place d'une Commission de Régulation du Secteur de l'Électricité (CRSE, organe de régulation supposé être indépendant), la création de l'Agence Sénégalaise d'Électrification rurale (ASER).

La loi s'applique aux activités de production, de transport, de distribution et de vente d'énergie électrique exercées sur le territoire national, à partir de sources fossiles ou renouvelables. Son champ d'application ne couvre pas les centrales dont la puissance installée est inférieure à 50 KVA, les installations destinées à la distribution des signaux ou de la parole, les installations militaires, les centrales produisant de l'énergie électrique d'origine nucléaire, ainsi que les ouvrages de production et de transport d'énergie électrique réalisés dans le cadre d'Accords interétatiques (ouvrages communs de l'OMVS et l'OMVG notamment).

La production, le transport, la distribution et la vente d'énergie électrique sont autorisés aux seules personnes physiques et aux personnes morales de droit privé ou de droit public ayant obtenu une licence ou une concession accordée par arrêté du Ministre chargé de l'Énergie.

En vertu de l'article 19 de cette loi, l'État a concédé à la société nationale SENELEC la charge de l'exploitation de l'activité de Transport et d'une partie des activités de Production, d'Achat et de Revente en gros, de Distribution et de Vente au détail d'électricité.

Mais une large place est faite au secteur privé pour ce qui est de la production dite indépendante. Les producteurs indépendants doivent disposer de licence de production qui leur permet de procéder à la production d'énergie électrique ainsi qu'à la vente de cette énergie.

La SENELEC dispose de la qualité d'acheteur unique, qui s'entend du droit exclusif, sur l'ensemble du territoire, d'acheter auprès des producteurs indépendants de l'énergie électrique destinée à être acheminée au moyen d'un réseau de transport. Les termes et conditions de cet achat d'électricité sont déterminés par un contrat d'achat d'électricité qui est conclu entre la SENELEC et le producteur

indépendant. Les producteurs indépendants ont la liberté de fournir à la SENELEC de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable.

L'Agence Sénégalaise d'Électrification Rurale (ASER), créée par la loi, a pour mission principale de promouvoir l'électrification rurale et d'apporter, à cet effet, l'assistance technique et l'assistance financière requises aux entreprises et particuliers pour soutenir les initiatives en matière d'électrification rurale. Elle lance des appels d'offres pour des concessions d'électrification rurales à l'intention des producteurs indépendants qui souhaitent produire, distribuer et vendre de l'énergie électrique dans le périmètre de l'ASER. Les opérateurs sont maîtres des choix technologiques qu'ils proposent dans leurs offres et peuvent opter pour la réalisation de réseaux autonomes ou l'installation de systèmes solaires décentralisés.

L'article 24 de la loi relative au secteur de l'électricité légalise l'exercice d'activités de production d'électricité pour consommation propre (y compris à partir de sources d'énergie renouvelable). Ainsi, sont libres sur toute l'étendue du territoire national les activités de production, de transport et de distribution d'énergie électrique par centrales et réseaux de transport ou de distribution y compris par installations de secours, établis par une entreprise ou un ménage pour sa propre consommation ou celle des entreprises qui lui sont affiliées, dès lors que ces centrales ou réseaux sont établis à l'intérieur de propriétés privées sans empiètement sur le domaine de l'État ou sur le domaine national.

Toutefois, l'exercice d'activités pour consommation propre est soumis à une déclaration préalable adressée au Ministre chargé de l'Énergie qui peut autoriser la vente d'éventuels excédents à la SENELEC.

La loi encadre également les droits d'accès aux réseaux, l'importation et l'exportation d'énergie électrique, les positions dominantes, la régulation des tarifs et les servitudes sur les propriétés privées.

Les dispositions de la loi sont précisées par plusieurs décrets d'application notamment le décret n° 98-333 du 21 avril 1998 portant organisation et fonctionnement de la Commission de Régulation du Secteur de l'Électricité, le décret n° 98-334 du 24 avril 1998 fixant les conditions et les modalités de délivrance et de retrait

de licence ou de concession de production, de distribution et de vente d'énergie électrique, et le décret n° 98-335 du 21 avril 1998 relatif aux principes et procédures de détermination et de révision des conditions tarifaires.

Malgré son esprit libéral, la loi relative au secteur de l'électricité ne s'intéresse pas aux sources de production constituant le bouquet énergétique national. Elle souffre du caractère générique de ses dispositions qui n'incitent pas explicitement à la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. L'utilisation rationnelle de l'énergie avait pourtant été reconnue dès 1983 par les pouvoirs publics comme une priorité.

b) La loi sur l'utilisation de l'énergie

La loi n° 83-04 du 28 janvier 1983 sur l'utilisation de l'énergie vise à assurer une utilisation rationnelle et optimale des différentes ressources énergétiques du pays.

Face à une conjoncture difficile marquée par l'envolée des cours mondiaux des produits pétroliers, cette loi devait permettre au gouvernement d'intervenir efficacement auprès des producteurs, des distributeurs et des utilisateurs de l'énergie afin d'assurer une cohérence globale des actions entreprises avec la politique énergétique définie. Il s'agissait de doter le gouvernement des moyens administratifs, financiers et réglementaires de mise en œuvre de cette politique.

La loi se limitait à prévoir l'adoption de décrets pouvant notamment encadrer la conception et la réalisation d'unités thermiques, assurer la publication de normes de construction et de fonctionnement de certaines catégories d'appareils, imposer les vérifications et contrôles correspondant à ces normes, soumettre à contrôle les matières énergétiques de toute nature, promouvoir par diverses incitations la politique énergétique nationale ainsi que la production ou l'importation d'équipements nécessaires, réglementer et ou interdire la publicité visant à favoriser une consommation abusive d'énergie.

La loi prévoyait des sanctions pénales en cas d'infractions à ces mesures administratives.

Malheureusement, ce texte précurseur en matière de promotion

des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, n'a pas été suivi d'effets, dans la mesure où les décrets annoncés n'ont pas été adoptés. Son esprit coercitif tranche avec la libéralisation qui est intervenue dans le secteur depuis 1998. À cause de cette ineffectivité la loi, à défaut d'être abrogée, est tombée dans l'oubli.

L'émergence d'un cadre juridique favorable au développement des énergies renouvelables dans le secteur de l'électricité

À partir des années 2000, pour réduire sa dépendance énergétique (réduction de la facture pétrolière) et surmonter la crise énergétique matérialisée par les difficultés d'approvisionnement en hydrocarbures et par les nombreux délestages dans la fourniture d'électricité, le Sénégal s'est engagé dans une politique de diversification de ses sources d'énergie en se tournant plus nettement vers les énergies renouvelables. Cette politique s'appuie sur un cadre juridique renforcé par l'adoption de textes législatifs et réglementaires favorables à la promotion des énergies renouvelables.

La législation sénégalaise relative à l'intégration des énergies renouvelables dans la production d'électricité

La loi n° 2010-21 du 20 décembre 2010 portant loi d'orientation sur les énergies renouvelables vise à promouvoir le développement des énergies renouvelables sur l'ensemble du territoire et de manière spécifique à :

- Mettre en place un cadre réglementaire pour le développement des énergies renouvelables;
- Mettre en place un cadre incitatif favorable à l'achat et à la rémunération de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables;
- Réduire l'utilisation des combustibles fossiles.
- Favoriser tous les moyens de production, de stockage, de distribution et de consommation des énergies renouvelables pour des besoins domestiques et industriels en milieu urbain tout comme en zone rurale;
- Contribuer à l'amélioration de la sécurité d'approvisionnement en énergie.
- Diversifier les sources de production;

- Promouvoir la diffusion des équipements liés aux technologies d'énergie renouvelable;
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre.

La loi définit l'énergie renouvelable comme une source d'énergie se renouvelant assez rapidement après utilisation/consommation pour être considérée comme inépuisable à l'échelle du temps.

La loi vise les applications liées aux énergies renouvelables, leur exploitation, leur stockage et leur commercialisation. Elle s'étend à toutes les filières des énergies renouvelables ainsi que leur sûreté et leur sécurité. Toutes les énergies renouvelables présentant un intérêt d'application pour le Sénégal sont couvertes par la loi notamment les énergies solaire, éolienne, hydrolienne, marémotrice, de la biomasse, la petite hydraulique¹ etc.

Le gouvernement doit veiller à intégrer dans sa politique énergétique des mesures visant la promotion des énergies renouvelables, et à augmenter leur part dans le bilan énergétique pour améliorer le taux d'indépendance énergétique nationale.

Le Ministre chargé des énergies renouvelables est chargé, en rapport avec les autres départements ministériels, de mettre en place des instruments et mécanismes de promotion des énergies renouvelables. Il publie un bilan annuel qui rend compte de l'état de développement ainsi que de l'usage des énergies renouvelables.

La loi pose le principe de l'adéquation de la production et du stockage des énergies renouvelables aux moyens de transport et de distribution tout en garantissant le respect des conditions de sûreté et de sécurité.

Les promoteurs des projets d'énergies renouvelables sont tenus d'adopter les dispositions relatives au démantèlement des installations et d'assurer la gestion et le recyclage des déchets issus de leurs installations conformément au Code de l'environnement.

Sur le plan des incitations fiscales et douanières les acquisitions de matériels et d'équipements destinés à la recherche développement,

1. La génération d'énergie hydroélectrique est également encadrée par le Code de l'eau (loi n° 81-13 du 4 mars 1981) qui la considère comme une utilisation non consommatrice d'eau et la soumet à l'autorisation préalable du Ministre chargé de l'hydraulique, et par l'article 69 qui prévoit un décret fixant les régimes et les conditions d'utilisation des eaux affectées à la production d'énergie hydroélectrique.

à la production, à l'exploitation et à l'autoconsommation des énergies renouvelables bénéficient de mesures fiscales incitatives. À cet effet les articles 241 à 248 du Code général des impôts (Loi n° 2012-31 du 31 décembre 2012) ont prévu des réductions d'impôts pour investissement de revenus ou de bénéfices dans le domaine de l'utilisation de l'énergie solaire ou éolienne.

Les acquisitions de matériels et d'équipements destinés à la production d'énergie renouvelable pour l'autoconsommation domestique bénéficient d'une exonération totale. Toutefois au plan des incitations douanières, les dispositions communautaires relatives au tarif extérieur commun restreignent la possibilité d'un pays membre de réduire ou de supprimer unilatéralement des droits et taxes douanières à l'importation de matériels et d'équipements destinés à la production d'énergie renouvelable (ce qui entraîne le fait que jusqu'à présent, bien que déductibles des impôts, les matériels photovoltaïques restent très lourdement taxés). Ces contraintes pourraient néanmoins favoriser l'installation d'unités industrielles de fabrication de matériels et d'équipements destinées à la production d'énergie renouvelable.

La loi fixe également des orientations relatives aux conditions d'achat, de vente et de rémunération des énergies renouvelables.

La loi consacre pour les personnes physiques et morales la liberté de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables pour l'autoconsommation. Ce droit doit s'exercer conformément à l'article 24 de la loi d'orientation relative au secteur de l'électricité qui limite la liberté de production à l'intérieur des propriétés privées et soumet l'auto-producteur à une déclaration préalable d'activité auprès du ministre chargé de l'énergie.

À l'exception de la production pour l'autoconsommation, les activités de production, de distribution et de vente d'électricité à partir d'énergies renouvelables réalisées par une entreprise, sont subordonnées à l'obtention de titres (concession ou licence), conformément à la loi d'orientation relative au secteur de l'électricité.

La loi d'orientation sur les énergies renouvelables fixe également les conditions d'accès aux réseaux de transport pour les producteurs d'électricité à partir d'énergies renouvelables. Tout exploitant de réseau est tenu de connecter en priorité à ses installations de transport, le producteur titulaire d'une licence qui en exprime la demande pour

la vente en gros de sa production d'électricité à partir d'une centrale à énergie renouvelable. Un contrat de raccordement mentionnant les modalités techniques et financières est obligatoire entre exploitants des installations et gestionnaires de réseaux.

Les modalités de raccordement et de détermination des coûts d'accès aux réseaux sont fixées par voie réglementaire de même que les conditions techniques et financières d'achat et de rémunération de l'électricité produite à partir des sources d'énergies renouvelables.

Pour couvrir les différences de prix la loi prévoit un régime de compensation afin de garantir une rémunération suffisante et incitative des investissements de production d'électricité à partir des sources d'énergies renouvelables et un équilibre financier du gestionnaire du réseau.

Pour bénéficier des avantages liés à la production de l'électricité à partir des énergies renouvelables destinée à la vente, le promoteur de projet doit produire un certificat d'origine délivré par un organisme agréé. Le choix des producteurs d'électricité à partir des énergies renouvelables pour la vente en gros est effectué par appels d'offres.

La loi d'orientation est complétée par d'autres textes législatifs qui s'appliquent au développement de projet de production d'électricité pour la vente à partir d'énergies renouvelables.

En raison de la nature consommatrice d'espace des centrales solaires ou éoliennes, il faut appliquer la législation domaniale et foncière au Sénégal notamment la loi sur le domaine national (Loi n° 64-46 du 17 juin 1964 portant Loi sur le domaine national), le *Code du domaine de l'État* (Loi n° 76-66 du 2 juillet 1976), le *Code forestier* (Loi n° 98-03 du 8 janvier 1998) la loi sur l'expropriation pour cause d'utilité publique et les autres opérations foncières d'utilité publique (Loi n° 76-67 du 2 juillet 1976) et la loi portant régime de la propriété foncière au Sénégal (Loi n° 2011-07 du 30 mars 2011).

La loi sur le domaine national autorise les communes à délivrer des affectations à usage professionnel de terrains des zones de terroirs aux promoteurs des projets d'énergie renouvelable (centrales solaires ou éoliennes). Ces affectations donnent un droit d'usage à l'affectataire qu'il peut transformer en droit réel (bail ordinaire ou emphytéotique) après une immatriculation et incorporation du terrain dans le domaine privé de l'État quand le projet est déclaré d'utilité publique. L'installation de centrales solaires ou éoliennes

donne lieu, le cas échéant, au versement d'indemnités négociées avec les populations qui ont perdu des constructions, aménagements, plantations et cultures réalisées dans la zone du projet.

En vertu de l'article 68 du *Code de l'Urbanisme* (Loi n° 2008-43 du 20 août 2008) :

Nul ne peut entreprendre, sans autorisation administrative, une construction de quelque nature que ce soit ou apporter des modifications à des constructions existantes sur le territoire des communes, ainsi que dans les agglomérations désignées par arrêté du Ministre chargé de l'Urbanisme.

Cette disposition concerne évidemment les centrales solaires ou éoliennes au sol qui sont des constructions. Cependant la pose des panneaux solaires sur les toits des habitations n'est pas encadrée par le code de l'urbanisme alors qu'elle pose des problèmes d'urbanisme.

Le *Code de l'Environnement* soumet toute activité susceptible de porter atteinte à l'environnement à une évaluation environnementale préalable (Loi n° 2001-01 du 15 janvier 2001, article L.48). L'Annexe 1 du *Code de l'environnement* inscrit les activités de production ou d'extension d'énergie hydroélectrique et thermique dans la liste des projets pour lesquels une étude d'impact approfondie sur l'environnement est obligatoire. Les énergies renouvelables (autres que les barrages hydroélectriques) sont inscrites dans la liste des projets qui nécessitent une analyse environnementale initiale.

Ce classement ne distingue pas entre la taille des projets qui peut fortement varier entre des équipements individuels, des mini-centrales et les grandes centrales solaires ou éoliennes qui peuvent occuper des dizaines d'hectares et causer d'importants impacts à l'environnement biophysique et humain.

Ce classement devrait être comparé avec celui opéré par la Nomenclature Sénégalaise des Installations Classées pour la protection de l'environnement (ICPE) de 2007, mais ce document ne prend pas en compte les installations d'énergie renouvelable, ce qui ne manque pas de poser des difficultés pratiques à l'administration de l'environnement chargé de contrôler les ICPE (autorisations, récépissé de déclaration, inspections) et de percevoir les droits et taxes pour l'exploitation des ICPE.

c) La réglementation de la production l'électricité à partir d'énergies renouvelables

Les dispositions de la loi d'orientation sur les énergies renouvelables sont précisées par plusieurs décrets.

Le décret n°2011-2013 du 21 décembre 2011 fixant les conditions d'achat et de rémunération de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable par des centrales et leur raccordement au réseau

Le décret n° 2011-2013 du 21 décembre 2011 fixe les conditions d'achat et de rémunération de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable par des centrales et leur raccordement au réseau. Il prévoit une planification des installations de production d'énergie renouvelable avec comme objectif la substitution des sources d'énergie conventionnelle dans l'ordre décroissant des coûts évités les plus élevés en veillant autant que possible à maintenir l'équilibre financier de l'exploitant du réseau (en l'occurrence SENELEC) et la stabilité du réseau électrique. La part de puissance d'énergies renouvelables (solaire, éolien) ne devra pas excéder une limite fixée par un arrêté du Ministre chargé de l'Énergie.

Le choix des producteurs indépendants pour la vente en gros se fera par appels d'offres lancés par la CRSE en vue de la signature d'un contrat d'achat d'électricité avec l'exploitant de réseau. La CRSE fixe également dans le cadre de la préparation des appels d'offres les tarifs plafonds applicables entre l'exploitant de réseau et le producteur en fonction de la technologie utilisée en tenant compte des typologies des sources d'énergie renouvelables et de facteurs techniques et financiers.

Le décret détermine les modalités de calcul par la CRSE des taux de rentabilité et des coûts évités entrant en compte dans la fixation des tarifs plafonds.

Le décret oblige l'exploitant de réseau à connecter en priorité les centrales à énergie renouvelable à son réseau pour prélever et rémunérer toute l'énergie offerte par les producteurs si les conditions de stabilité du réseau sont préservées.

Les coûts de raccordement des installations de production au point d'achat techniquement et économiquement le plus favorable pour la connexion au réseau sont pris en charge par le producteur.

Le point de connexion au réseau d'une installation de production est fixé par l'Exploitant de réseau. Si le prélèvement de l'énergie électrique planifié n'est possible qu'en procédant au renforcement du réseau, le producteur doit prendre en charge le développement du réseau. La connexion ainsi que les équipements nécessaires à la sécurité du réseau doivent être conformes aux exigences techniques de l'Exploitant de réseau.

Ce dernier est tenu de rémunérer l'électricité produite par les centrales à énergie renouvelable qu'il a achetée ou prélevée sur la base des conditions techniques et financières définies dans le contrat d'achat d'électricité et/ou le contrat de raccordement.

La rémunération est fixée à partir d'un dispositif de comptage, installé au point de livraison dans le réseau de l'exploitant, qui mesure la puissance et l'énergie électrique fournies par le producteur.

Si le prix d'achat d'électricité d'origine renouvelable est supérieur au coût moyen du kWh produit sur la Base Conventiennelle, le producteur a droit à une compensation calculée par le CRSE et versée trimestriellement au Producteur par le Ministère chargé des finances.

L'Exploitant de réseau et le producteur d'électricité signent un contrat d'achat d'électricité qui détermine les droits et obligations de chaque partie.

Ce dispositif malgré des difficultés d'application (question à l'étude des tarifs de rachat, limites du réseau de transport) commence à porter des fruits avec la signature d'une dizaine de contrats d'achat d'électricité à partir de sources d'énergie solaire ou éolienne entre la SENELEC et des producteurs indépendants le plus souvent occidentaux. Les centrales solaires photovoltaïques de Bokhol (20 MWc) et de Malicounda (20 MWc) sont en exploitation, tandis que les centrales solaires PV de Santhiou Mékhé (30 MWc), de Mérina Dakhar (29 MWc) et le parc éolien de Taiba Ndiaye (50 MWc) sont en chantier.

Le décret n° 2011-2014 du 21 décembre 2011 relatif aux conditions d'achat et de rémunération du surplus d'énergie électrique d'origine renouvelable résultant d'une production pour consommation propre

Le décret définit les conditions d'achat et de rémunération du surplus d'énergie électrique d'origine renouvelable résultant d'une production pour consommation propre. Le surplus de production

est la différence positive entre la production et la consommation de l'installation de l'auto-producteur au même instant. Le décret procède à la détermination des gammes de puissance des énergies renouvelables que sont le solaire photovoltaïque, le solaire thermique, l'éolien, l'hydrolienne, l'énergie marémotrice, l'hydraulique, la biomasse solide et le biogaz en fonction des usages domestique, professionnel et industriel.

Pour assurer la stabilité du réseau de transport et le respect des puissances de raccordement, des limitations de puissance sont imposées aux usagers domestiques, professionnels et industriels des énergies renouvelables.

Les conditions d'achat et de transport du surplus de production d'un auto-producteur par l'exploitant de réseau sont déterminées par un contrat d'achat d'électricité négocié par les deux parties. Le surplus est mesuré par un compteur spécial installé par l'exploitant de réseau. Les frais de pose et d'entretien de ce compteur sont fixés dans le contrat d'achat d'électricité et sont à la charge de l'auto-producteur. La CRSE détermine le prix d'achat garanti du surplus de production en fonction des différentes gammes de puissance et de la technologie sur la base d'éléments de référence fournis par le Ministre chargé de l'Énergie.

L'exploitant de réseau connecte les installations de l'auto-producteur, à sa demande, pour prélever et rémunérer le surplus de l'électricité d'origine renouvelable offerte. Si le prélèvement de l'énergie électrique achetée n'est possible qu'en procédant à l'extension du réseau, l'exploitant de réseau doit, sur demande de l'auto-producteur et à la charge de ce dernier, développer son réseau. Les coûts inhérents à l'extension du réseau sont supportés par l'auto-producteur.

L'exploitant de réseau est tenu de rémunérer l'électricité issue des surplus des auto-producteurs qu'il a achetée et prélevée sur la base des conditions techniques et financières définies dans le contrat d'achat d'électricité conformément aux tarifs arrêtés par la CRSE. L'énergie livrée par l'auto-producteur est rémunérée par l'exploitant de réseau sur la base des tarifs applicables à chaque filière d'énergie renouvelable et à chaque gamme de puissance.

Au cas où le réseau ne peut absorber toute l'énergie d'origine renouvelable offerte sans mettre le réseau public en danger,

l'exploitant de réseau peut demander le découplage des unités de production de l'auto-producteur ou demander à ce dernier de réduire l'énergie injectée au point d'achat. Il est tenu d'informer l'auto-producteur le plus tôt possible de ces mesures.

Ce dispositif n'est pas encore réellement appliqué dans la mesure où les conditions techniques et financières sont en cours d'étude au niveau de la SENELEC (compteurs bidirectionnels, stabilité du réseau), de même que le prix d'achat garanti à définir par la CRSE.

De surcroît les particuliers et les entreprises ne sont pas encore bien informés des opportunités offertes par ce décret.

Pour dynamiser le dispositif réglementaire, un projet de décret sur les incitations fiscales et douanières pour la promotion des énergies renouvelables est à l'étude.

B. Le renforcement du cadre institutionnel pour la promotion des énergies renouvelables

Outre les structures classiques du secteur de l'électricité (SENELEC, ASER, CRSE) dont les missions et compétences ont été définies par la loi n° 98-29 du 14 avril 1998, le Sénégal a choisi de créer deux agences d'exécution placées sous la tutelle du Ministre chargé de l'Énergie, respectivement chargées de promouvoir l'utilisation rationnelle de l'énergie, et les énergies renouvelables. Les autorités publiques ont choisi de découpler l'ancrage institutionnel de ces « sœurs jumelles » que sont les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. En effet les économies d'énergie et l'efficacité énergétique sont des objectifs des projets d'énergies renouvelables.

Le décret n° 2011-1054 du 28 juillet 2011 crée et fixe les règles d'organisation et de fonctionnement de l'Agence Nationale d'Économie d'Énergie (ANEE). Cette dernière, qui a hérité des prérogatives du défunt Bureau d'Économie d'Énergie (1981-1992), a changé de dénomination pour devenir l'Agence pour l'Économie et la Maîtrise de l'énergie (AEME) sans que le décret de création n'ait été modifié.

Le décret n° 2013-684 du 17 mai 2013 porte sur la création, l'organisation et le fonctionnement de l'Agence Nationale pour les Énergies Renouvelables (ANER), qui a pour mission de promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables, y compris la

bioénergie, dans tous les secteurs d'activités. À ce titre, elle est chargée notamment de contribuer à l'élaboration d'un cadre législatif et réglementaire attractif pour le développement des énergies renouvelables, de vulgariser l'utilisation des équipements pour la production d'électricité d'origine renouvelable, et d'élaborer et d'exécuter des programmes d'information, de sensibilisation, de communication, d'éducation et de formation démontrant l'intérêt technique, économique, social et environnemental des énergies renouvelables.

La collaboration entre l'ANER et l'AEME doit être renforcée mais l'avènement d'une administration spécialisée dans la promotion de l'énergie durable ne doit pas occulter les difficultés institutionnelles qui sont relatives notamment à :

- La timide décentralisation dans la mesure où l'énergie demeure encore une compétence largement centralisée, malgré l'adoption récente du Code général des collectivités locales;
- L'insuffisance de concertation et de coordination intra et intersectorielle entre les principaux acteurs institutionnels des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique à cause de la léthargie des cadres mis en place (Comité Interministériel sur les Énergies Renouvelables);
- L'absence de services déconcentrés chargés de la mise en œuvre des politiques des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie;
- La faiblesse des moyens alloués aux structures de recherche spécialisées sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique, tels que le Centre de Recherches et d'Études en Énergies Renouvelables (CERER), l'École Supérieure Polytechnique (ESP) et les universités.

Conclusion

Dans le Plan Sénégal Émergent (PSE), la résolution de la question vitale de l'énergie est considérée comme un des fondements de l'émergence, elle s'inscrit dans les réformes préalables majeures (Ministère de l'économie, des finances et du plan 2014).

L'une des options stratégiques retenues est la diversification des sources de production d'électricité pour rééquilibrer le mix

énergétique avec le choix de développer la production des sources d'énergies renouvelables et d'augmenter leur part dans le bilan énergétique pour améliorer le taux d'indépendance énergétique nationale. Ainsi dans la Lettre de Politique de développement du secteur de l'énergie de 2012, le Gouvernement se fixe l'objectif d'atteindre un taux d'indépendance en énergie commerciale hors biomasse d'au moins 15 % d'ici 2025 (taux actuellement estimé à 2,5 % (Ministère de l'Énergie et du Développement des Énergies Renouvelables (MEDER) 2015)) grâce à l'apport des énergies renouvelables.

Pour concrétiser ces choix stratégiques, le Sénégal a ratifié et approuvé la plupart des instruments de droit international qui promeuvent le développement des énergies renouvelables et offrent des opportunités de financement, de renforcement des capacités et de transfert de technologies. La ratification rapide de l'Accord de Paris sur les Changements climatiques illustre cette volonté de bénéficier des retombées de la diplomatie climatique.

Au plan continental et régional le Sénégal est partie prenante de toutes les initiatives de l'Union Africaine, de la CEDEAO et de l'UEMOA en matière d'harmonisation du droit des énergies durables.

Au niveau national, des textes juridiques ont été adoptés et des structures spécialisées créées pour encourager et faciliter les investissements dans le développement des énergies renouvelables.

Cette politique volontariste commence à porter ces fruits avec la réalisation d'une dizaine projets de centrales solaires ou éoliennes pour la production et la vente d'électricité à la SENELEC.

La poursuite de cette dynamique positive de renforcement du droit des énergies durables nécessite une simplification et une mise en cohérence du droit de l'énergie pour lutter contre l'éparpillement et la prolifération des textes juridiques qui s'empilent et se chevauchent sans un ordonnancement lisible.

L'élaboration d'un *Code de l'Énergie* regroupant les différents textes législatifs et réglementaires pourraient atténuer cette dispersion préjudiciable à la sécurité juridique.

Enfin la finalisation du cadre réglementaire à travers l'adoption de certains décrets et arrêtés est une priorité pour rendre pleinement effectif le dispositif juridique notamment en matière de tarifs de

rachat, d'incitations financières, fiscales et douanières, et de normes techniques sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.

Références

Caille, Frédéric, 2017. « L'Afrique solaire ou le récit oublié. Représentations sociales et expérimentations en matière d'énergie solaire en Afrique 19^e-20^e siècles ». In *Développement durable, représentations sociales et innovations sociales. (6^e Séminaire International Réseau Développement Durable et Lien Social (2DLIS). Université Gaston Berger Saint Louis du Sénégal, 14-15 mai 2015).*

CEDEAO., 2016. « Rapport final de la réunion des experts en marge de la réunion des Ministres en charge des États membres de la CEDEAO ». République de Guinée.

DAFFE Mohamed Ayib, 2016. *Le développement des activités énergétiques dans le cadre de l'environnement marin et côtier au Sénégal*, in BONNIN, M., LY, I., QUEFFELEC, B., et NGAIDO, M., (eds), *Droit de l'environnement marin et côtier au Sénégal*, IRD, PRCM, Dakar, Sénégal, pages 223-243

Diop, Cheikh Anta, 1960. *Les Fondements économiques et culturels d'un état fédéral d'Afrique noire*. Paris : Présence africaine.

Garané, Amidou. 2009. *Le cadre juridique international du bassin de la Volta*. UICN, Gland, Suisse. 264 pages.

Ministère de l'économie, des finances et du plan, République du Sénégal, 2014. *Plan Sénégal Émergent (PSE)*.

Ministère de l'énergie, des mines et de l'industrie (MEMI/DE), République du Sénégal, 2012. « Lettre de politique de développement du secteur de l'énergie ».

Ministère de l'Énergie et du Développement des Énergies Renouvelables (MEDER), République du Sénégal, 2015. *Rapport*

2014 du Système d'Information Énergétique du Sénégal (SIE-Sénégal).
Dakar.

Office des Nations Unies contre la Drogue et le Crime (UNODC), 2009. *Questions les plus fréquemment posées sur les aspects du droit international touchant la lutte contre le terrorisme*. New York : Nations Unies.

Moins de taxes pour plus de solaire?
Pluralité et poids des droits fiscaux et taxes
sur les matériels énergétiques solaires au
Sénégal depuis l'entrée en vigueur en 2000
du TEC de l'UEMOA

BABACAR SARR, EN COLLABORATION AVEC FRÉDÉRIC CAILLE

De 1979 à 2015, les avantages octroyés aux contribuables, personnes physiques et morales, pour l'importation de matériels énergétiques (câbles, panneaux solaires, batteries, fil électrique...), lesquels accessoires déterminent la mise en marche d'une utilisation des énergies solaires ou éoliennes dans les entreprises, maisons et autres établissements, ont connu des fluctuations importantes en matière de droits fiscaux et taxes (taxe douanière, Taxe sur la Valeur Ajoutée – TVA, Prélèvement communautaire de solidarité...). En outre, dans le cadre de l'investissement sur les Énergies Renouvelables (ENR) pour les

entreprises ou particuliers qui le souhaitent, l'État sénégalais a opéré des réductions en matière d'impôts sur les bénéfices durant les années précédant l'arrivée du Tarif Extérieur Commun (TEC) de l'Union Economique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest (UEMOA) en 2000.

Ces mesures furent plus sensibles entre les années 1992 et 2000 pour l'importation des matériels solaires et éoliens car ces biens profitaient alors des exonérations et des déductions en droits de douanes et de TVA, en même temps que des réductions d'impôt fiscal annuel.

Cependant, depuis l'entrée en vigueur du TEC de l'UEMOA, beaucoup de choses ont changé.

En effet, ce sont désormais les panneaux solaires seuls qui font l'objet d'une exonération de droits de douanes, tout en se trouvant soumis aux autres taxes à l'importation. Les autres matériels accessoires, indispensables à l'installation, comme les câbles, les batteries, les onduleurs etc., sont pour leur part taxés à 20 % de droits de douanes.

Pour les investisseurs qui veulent miser sur les énergies renouvelables, de telles taxes constituent un frein à l'investissement. D'autant que les réductions sur le bénéfice fiscal ne sont pas si intéressantes, ce qui fait que la plupart des industries au sein de la Communauté Economique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) fonctionnent aujourd'hui encore à base de combustibles fossiles.

Ainsi les entreprises africaines perdent-elles de la compétitivité au niveau national et international, tandis que la dépendance aux énergies fossiles fait l'objet de discussions au sein de la communauté internationale à cause des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), et que le Sénégal, qui a ratifié les conventions sur les changements climatiques, est contraint de respecter ses engagements contraignants.

C'est la raison pour laquelle se pose la question : pourquoi l'État du Sénégal ne réduit-il pas les taxes à l'importation sur les matériels énergétiques afin de favoriser le développement des énergies vertes dans le cadre d'une lutte contre les changements climatiques?

Pour tenter d'éclairer cette question générale, il convient

d'examiner à divers titres le bouleversement qu'a produit l'arrivée du Tarif Extérieur Commun de l'UEMOA et de la CEDEAO pour ces matériels solaires ou éoliens :

Quelles sont les couches de la société d'Afrique de l'Ouest, et en particulier sénégalaise, qui sont aujourd'hui affectées par cette tarification communautaire élevée?

Quels sont les avantages d'un investissement sur les énergies renouvelables (solaire ou éolienne) pour la lutte contre les changements climatiques?

Quelles conclusions critiques se dégagent-elles de la mise en œuvre de ces droits fiscaux et taxes au niveau communautaire?

Enfin quelles sont les recommandations qu'il est possible d'avancer pour favoriser le développement des énergies renouvelables au Sénégal et dans la CEDEAO?

La présente étude se focalise donc d'abord sur les conséquences négatives des droits fiscaux et taxes à l'importation sur les matériels énergétiques solaires, avant d'envisager une analyse évaluative des résultats de la tarification communautaire de la CEDEAO et certains remèdes à la situation actuelle.

Les conséquences négatives des droits fiscaux et taxes sur les matériels énergétiques solaires à l'importation

Au Sénégal, l'existence d'une pluralité des droits fiscaux et taxes entraîne une rigidité de la taxation sur les matériels énergétiques solaires ou éoliens (A), alors même que se dégagent de réels avantages économiques des investissements sur les énergies renouvelables par rapport aux énergies fossiles (B).

A. Le nombre pléthorique et rigide des droits fiscaux et taxes sur les matériels solaires à l'importation

Les droits fiscaux et taxes sur les matériels solaires découlent d'abord des différents taux de taxations du TEC CEDEAO (a), puis des autres taxes d'origine locale (b). Par ailleurs la réelle baisse des importations de matériels solaires et les personnes affectées constituent des éléments importants (c).

a) Les pourcentages de taxation communautaire applicables aux matériels solaires importés

Les droits fiscaux et taxes applicables lors de l'importation des produits sont au Sénégal le Droit de Douane (DD), la Redevance Statistique (RS), et le Prélèvement Communautaire de Solidarité (PCS) qui est une ressource affectée à l'union pour servir de budget d'alimentation à la commission de la CEDEAO. Il y a aussi le Prélèvement Communautaire de la CEDEAO (PCC) qui avec le PCS forme le Prélèvement Communautaire d'Intégration (PCI).

Ainsi le prélèvement global à l'importation se répartit-il avec une certaine complexité entre plusieurs pourcentages de droits fiscaux (le Droit de Douane) et taxes (le RS, le PCS et le PCC).

La part la plus critiquée de ce prélèvement par les intéressés reste le DD, lequel fonctionne par catégorie.

En effet, le fait que la catégorie 3 contenant les matériels solaires soit aujourd'hui taxée au taux de 20 %, alors que des possibilités d'exonérations au niveau communautaire existent, semble être paradoxal. Ainsi le Mali, en 2002, avait-il fait adopter une exemption des droits fiscaux et taxes sur les matériels solaires : DD, TVA, PCS... Ces allègements étaient dans l'unique but de favoriser le développement de ce secteur et ils furent promulgués par un décret présidentiel. De même, dans le processus de création par l'État de la Société des Services Décentralisés (SSD), « le ministère des Finances a autorisé l'exemption des droits de douane sur les matériels importés (réseau solaire) par la SSD pour une période de 12 ans » (Christophe de Gouvello et Yves Maigne 2000, 303). Cela fut un coup de pouce important pour le secteur énergétique du Mali.

Au vu de la forte taxation des matériels solaires, la somme des taxes représente au total aujourd'hui, suivant la catégorie, jusqu'au 1/3 de la valeur des marchandises, ce qui conduit à une baisse importante des importations d'équipements énergétiques dans la sous-région et en particulier au Sénégal.

Tableau 1 – Droits et taxes d'entrée applicables aux produits importés (données statistiques de la douane sénégalaise – 2015)

Catégories	Droit de Douane	Redevance Statistique	Prélèvement Communautaire de Solidarité	Prélèvement communautaire CEDEAO
0	0 %	1 %	1 %	0,5 %
1	5 %	1 %	1 %	0,5 %
2	10 %	1 %	1 %	0,5 %
3	20 %	1 %	1 %	0,5 %

b) Les autres droits fiscaux et taxes à l'importation au Sénégal hors TEC

Hormis les taxes du TEC UEMOA et CEDEAO, d'autres taxes viennent s'ajouter.

Tout d'abord il faut relever la TVA, taxe ancienne et s'appliquant à un taux unique de 18 %. Ce qui est d'une part un taux élevé pour une valeur d'importation si minime soit-elle, mais qui aussi vient alourdir les taxes communautaires pour les importations des matériels.

Le prélèvement COSEC (Conseil Sénégalais des Chargeurs) est pour sa part une taxe récente qui alimente le compte de l'État pour le plan d'alimentation en énergies fossiles. Cette taxe est prélevée lorsque le transport des marchandises solaires est effectué par voie maritime. Ainsi, elle a pour but de renforcer le financement du secteur énergétique sénégalais, mais en énergie fossile!

Tableau 2 : Matériels solaires et les autres droits fiscaux et taxes hors TEC CEDEAO à l'importation (données statistiques de la douane sénégalaise – 2015)

Matériels	NTS	Numéro de position	US	TVA	Prélèvement COSEC
Cellules solaires	85.40	8541.40.10.00	U	18 %	0,4 %
Câbles et fibres optiques	85.44	8544.70.00.00	Kg	18 %	0,4 %
Lampes et tubes à incandescence	85.39	8539.29.00.00	U	18 %	0,4 %
Batteries électriques	85.06	8506.10.90.00	U	18 %	0,4 %

L'assiette des droits et taxes figurant dans le tableau ci-dessus

est constituée par la valeur CAF de la marchandise à dédouaner, c'est-à-dire sa valeur globale à l'entrée avant tout prélèvement ou coût de transport. Les panneaux solaires ne sont exonérés que du droit de douane et paient la TVA et les autres droits fiscaux et taxes à l'importation. La baisse bien visible au regard des statistiques des importations de 2014 et 2015 pour les panneaux solaires est sans doute due au fait de la taxation du TEC de l'UEMOA remplacé par celui de la CEDEAO sans innovation majeure.

c) La nomenclature fiscale des divers matériels solaires du TEC de la CEDEAO et son effet sur la baisse des importations

La nomenclature des produits visés par la tarification du TEC prévoit une rubrique spécifique « équipements solaires ». Cet effet conduit à la taxation suivant les taux mises en place par la législation douanière communautaire. À ce titre une baisse notable des importations de matériels solaires a été constatée en 2013 et 2015 au Sénégal, alors que toutes les couches de la société sénégalaise ou presque sont intéressées par ces biens solaires.

Les droits fiscaux et taxes de marchandises importées du TEC se rapportent aux différentes catégories énoncées dans la partie nomenclature. Il est affecté à chaque catégorie un tarif en pourcentage, qui permet de connaître la tarification du TEC à l'importation pour tel ou tel produit. Le bureau de la facilitation de la douane permet aux personnes physiques et morales intéressées par des importations de marchandises de bénéficier d'une assistance pour le dédouanement qui concerne, avec le TEC UEMOA comme le TEC CEDEAO, quatre droits fiscaux et taxes différents...

Tableau 3 : Matériels solaires et des droits et taxes du TEC à l'importation (données statistiques de la douane sénégalaise - 2015)

Matériels	NTS	Numéro de position	US	DD	RS	PCI
Cellules solaires	85.40	8541.40.10.00	U	0 %	1 %	1,5 %
Câbles/fils	85.44	8544.30.10.00	Kg	20 %	1 %	1,5 %
Lampes	85.39	8539.10.00.00	U	20 %	1 %	1,5 %
Batteries électriques	85.06	8506.60.00.00	U	20 %	1 %	1,5 %

Par rapport aux années de la crise du pétrole et plus précisément du deuxième choc pétrolier en 1979, durant lesquelles les importations des matériels solaires avaient pris un envol majeur au Sénégal, parce qu'il fallait trouver des réponses aux difficultés des délestages et des coupures intempestives d'électricité, la baisse des importations dans le domaine s'explique par la rigidité fiscale et les nombreuses droits et taxes sur les matériels énergétiques. Ainsi pour les années 2014 et 2015, il n'y a eu que de faibles importations de matériels solaires via la Turquie, Hong-Kong et l'Inde.

Pour les pays européens, comme la France et l'Allemagne, les importations de matériels solaires ont quasiment été nulles au Sénégal sur ces deux années.

Tableau 4 : Importations des matériels solaires 2013 et 2015 (données statistiques de la douane sénégalaise - 2015)

Année	Provenance	Code	Libellé Tarifaire	Valeur en FCFA	Poids/ Kg
2013	Turquie	8541400010	Modules, plaques, panneaux, photovoltaïques solaires, cellules photovoltaïques solaires même assemblées en modules	508971	850
2014	Hong-Kong	8502391000	À énergie solaire	425947	50
2015	Inde	8502391000	À énergie solaire	231958	224

B. Les avantages économiques à l'investissement dans les énergies renouvelables par rapport aux énergies fossiles

La cherté des droits fiscaux et taxes douanières à l'importation des matériels énergétiques a affecté tout un ensemble de bénéficiaires sur le territoire national, à commencer par l'État du Sénégal lui-même pour la réduction des Gaz à Effet de Serre, mais également des concessionnaires qui travaillent avec la SENELEC, les entreprises industrielles et commerciales, et surtout les ménages.

Ces conséquences sont d'autant plus regrettables que dans le

cadre de la lutte contre les émissions de GES chacun doit jouer sa partition, sachant que cette préoccupation est individuelle avant que d'être globale et que chaque type d'action compte. Ainsi, agir pour économiser de l'énergie nous permettra de lutter ensemble contre les changements climatiques. En outre, promouvoir les énergies vertes est un bon en avant pour le développement durable et ceci n'est possible que s'il y a des investissements sur les ENR. Donc l'accès aux matériels énergétiques renouvelables avec des facilités d'importation joue un rôle positif pour un environnement sain.

Les avantages d'un investissement varient selon le type d'investissement et d'investisseur, et de ce point de vue ceux qui concernent l'énergie solaire se mesurent à la fois en comparaison avec le coût des autres énergies (a) et en fonction des capacités d'achat d'un système solaire sur fonds propres des investisseurs (b).

a) La comparaison de valeurs groupe électrogène/solaire photo-voltaïque

Le solaire est aujourd'hui un bon investissement par rapport aux énergies fossiles. En l'espèce, en analysant le prix d'achat d'une solution d'électrification par groupe électrogène, et d'une solution d'électrification par énergie renouvelable équivalente, on se rend compte que la seconde solution coûte 5 à 10 fois plus cher. En revanche, les coûts de fonctionnement et de maintenance d'un système d'énergie renouvelable sont proches de zéro, si ce n'est le changement des batteries solaires tous les 8 ans, ce qui amortit le surcoût à l'achat en 3 à 6 ans.

Les énergies renouvelables sont donc très économiques et performantes et dans le cas ci-dessous, pour un besoin en énergie de 10 kWh/jour, le système solaire photovoltaïque est amorti en 4,8 ans, et permet ensuite d'économiser 1 580 000 francs CFA par an (2 400 euros), sans compter la hausse des prix des carburants (tous les chiffres et graphiques sont extraits de Sénégal (2017)).

Tableau 5 – Comparaison de coûts groupe électrogène / solaire photovoltaïque

Détails	Groupe électrogène	Solaire photovoltaïque
Puissance	3 kVa	2 800 WC
Consommation	4,5 litres d'essence	Aucune
Maintenance + remplacement	150 000 (230 euros) + 250 000 FCFA (380 euros)	20 000 + 200 000 FCFA (30 euros) + (300 euros)
Exploitation	1 400 000 FCFA (2 135 euros)	0 FCFA
Investissement initial	1 500 000 FCFA (2 285 euros)	9 000 000 FCFA (13 720 euros)

Il est bien entendu possible de répartir dans le temps l'amortissement et voici un graphique de comparaison sur 15 ans des dépenses pour chacun des deux systèmes.

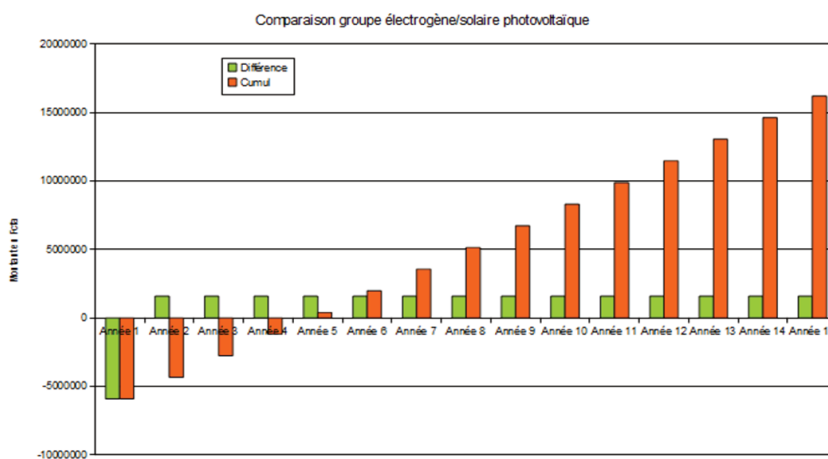


Figure 1 – Graphique de comparaisons sur 15 ans des dépenses pour chacun des deux systèmes

On constate que l'énergie solaire est coûteuse à l'achat (Année 1), mais très économique ensuite. Si on compare la différence entre les deux systèmes, année par année et en cumulé, cela donne le graphique suivant.

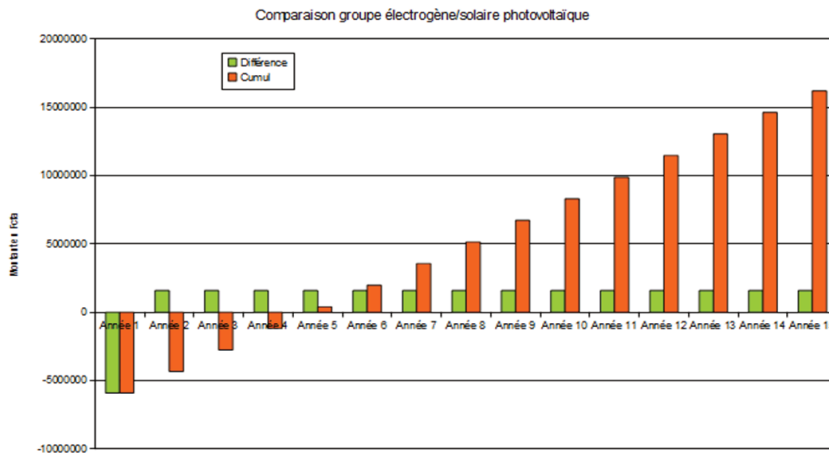


Figure 2 – Différence entre les deux systèmes année par année et en cumul

Au total on le voit entre une solution d'électrification par groupe électrogène, qui bien sûr fonctionne avec du fossile, et une solution d'électrification par énergie renouvelable équivalente, en l'occurrence le solaire, la rentabilité à terme est en faveur de la seconde. Il faut cependant pouvoir financer l'investissement de départ, ce qui est difficile pour une petite entreprise ou un particulier, mais possible pour les grandes firmes.

b) Comparaison des deux investissements dans le long terme

En terme d'investissement de départ deux cas de figure se présentent, soit avoir les moyens de payer l'investissement initial élevé, qui sera amorti après 3 à 6 ans et commencera alors à devenir rentable, soit devoir emprunter à la banque pour financer le système.

Dans ce second cas de figure le système à énergie renouvelable reviendra plus cher car il faut payer les intérêts du prêt, avec de plus les difficultés liées aux frais de l'emprunt. Il est par ailleurs difficile en Afrique d'avoir un prêt d'argent au sein des banques, car ces dernières demandent des garanties très élevées que les petits investisseurs n'ont généralement pas. Ce sont alors les garanties et cautions solidaires qui priment, ce qui limite l'accès au matériel, et notamment au matériel de

qualité. Il faut noter en effet pour finir que si la durée de vie des panneaux solaires est désormais de 25 ans minimum pour les bonnes marques des grands fabricants européens, les fils et câbles électriques disponibles au niveau du marché communautaire africain ne sont pas toujours satisfaisants, ce qui risque parfois de fausser la réalité de la rentabilité de l'investissement.

À ce titre, la libéralisation du commerce, et la chute des barrières tarifaires et non tarifaires pour les matériels énergétiques renouvelables, sont une nécessité pour les pays africains, et en particulier le Sénégal.

Analyse des résultats de la tarification communautaire de la CEDEAO et remèdes à la situation actuelle de la taxation excessive sur les matériels énergétiques solaires

Toute évaluation des droits fiscaux et taxes ne peut se faire indépendamment de leur utilité et destination. En matière de matériels solaires, comme on va le voir, les effets des tarifications communautaires de l'UEMOA et de la CEDEAO sont de ce point de point très convergentes (A). C'est la raison pour laquelle on peut envisager certaines recommandations pour remédier à la situation actuelle afin de développer les énergies renouvelables solaires dans la sous-région (B).

A. La finalité des droits fiscaux et taxes et le manque d'innovation de la tarification communautaire CEDEAO en remplacement de celle de l'UEMOA

Plusieurs dimensions méritent d'être relevées au sujet des droits fiscaux et taxes du TEC de la CEDEAO.

a) L'impact du droit de douane sur la 3^e catégorie

Le TEC est une taxation qui fonctionne selon plusieurs catégories.

La première, catégorie 0, qui concerne des besoins cruciaux, tels que des besoins sociaux comme les livres pour l'éducation, les produits de la santé pour les hôpitaux etc., et elle fait l'objet d'une exonération totale.

La catégorie 1 vise elle les biens d'équipement, à un taux de 5 %, puis un taux de 10 % pour la catégorie 2 et 20 % pour la catégorie 3.

C'est surtout cette dernière catégorie de taxation qui alourdit le coût de la fiscalité sur les matériels solaires, puisqu'elle concerne les fils de raccordements, les onduleurs, les batteries électriques et les ampoules, c'est-à-dire certains des matériels qui font le noyau d'une installation solaire. Il y a là un paradoxe du TEC au moment où les gouvernements des États et les pouvoirs publics locaux développent des programmes additionnels de maîtrise de l'énergie qui vont de campagnes d'information aux taxes incitatives pour appuyer le secteur de l'énergie verte un peu partout dans le monde.

b) La Redevance Statistique Dérisoire pour le compte de l'État

Elle est perçue sur les produits importés des pays tiers et mis à la consommation, y compris ceux exonérés du droit de douane, à l'exception des biens importés au titre des franchises diplomatiques et de ceux acquis dans le cadre de financements accordés par des partenaires étrangers, sous réserve d'une clause exonératoire expresse. Ainsi, c'est « une taxe qui est un prélèvement pécuniaire obligatoire, perçu au profit de l'État en général et de ces démembrements en particulier » (Wade et Dieye, 2007, 18).

Son taux est de 1 % sur la valeur de la marchandise. Ce qui fait qu'en réalité, même les panneaux solaires, qui jouent un rôle important dans la marche vers une énergie renouvelable, connaissent une taxation via la redevance statistique. Cette taxe va directement au budget de l'État pour répondre à d'autres exigences qui ne peuvent pas être si prioritaires pour l'État que l'est l'énergie. D'où la nécessité de l'exclure dans les taxations sur les équipements solaires en ce moment, et de penser aux capacités des ENR pour la lutte contre les changements climatiques.

c) L'effet communautaire égoïste des prélèvements communautaires UEMOA et CEDEAO

Le prélèvement du PCS s'applique aux marchandises importées des pays tiers et mises à la consommation.

Il exonère :

- les produits originaires de l'union;
- les produits fabriqués ou obtenus dans un État membre et ne remplissant pas les conditions d'origine de l'UEMOA;
- les produits originaires des pays tiers et nationalisés par leur mise à la consommation dans un État membre et réexportés dans un autre État membre.

Le PCS représente à peu près de 95 % du budget d'alimentation de la commission de l'UEMOA. Il a des objectifs plus communautaires que nationaux, et le pays destinataire de la marchandise importée, ne peut en bénéficier de cette taxe. Cependant, il comporte des exonérations dont :

- les aides, dons et subventions destinés à l'État ou aux œuvres de bienfaisance;
- les marchandises en transit;
- les marchandises originaires d'un État membre et de retour en l'état;
- les biens importés par les entreprises bénéficiaires d'un régime fiscal stabilisé en cours au 1^{er} juillet 1996.

L'exonération des équipements solaires ne figure pas dans ces catégories.

Quant au prélèvement CEDEAO, il est prélevé sur la valeur CAF et est également dû lors de la mise à la consommation de produits importés des pays tiers, et son taux est de 0,5 %. Les exonérations portent sur les mêmes catégories que celles relatives au PCS, à l'exception des produits pétroliers. En effet le Sénégal ne soumet pas pour le moment les produits pétroliers au PCS, alors que les taxations sur les énergies renouvelables devraient prendre une autre dimension pour que le pays puisse aller vers

un développement durable. Et les produits émetteurs de GES devraient être plus taxés pour que leur exploitation diminue.

Au final la Taxe Communautaire d'Intégration se compose du PCS et du PCC, d'où le taux de 1,5 %. Malgré les engagements de la conférence des ministres de la CEDEAO en 2013, réaffirmant « la nécessaire uniformisation des droits et taxes de porte que requiert la mise en place du TEC », il a été décidé de maintenir « les prélèvements communautaires existants au niveau de la CEDEAO et de l'UEMOA sur une période transitoire de cinq (5) ans ». Cela montre une priorité accordée à ces taxes pour les besoins de la communauté et non aux problèmes de la lutte contre la dépendance aux énergies fossiles et contre les changements. Alors que pour le Sénégal, non seulement son environnement est menacé avec l'avancée de la mer et l'émission progressive des GES, mais surtout le manque d'efficacité énergétique grève l'autonomie énergétique du pays. Le TEC-CEDEAO reste pour autant conforme aux règles de l'OMC qui, en 2015, dans le cadre du transfert de technologies pour la lutte contre le réchauffement climatique pour les pays en développement, a pris en compte de manière expresse les matériels réduisant les GES. Mais cette mesure ne s'est pas concrétisée dans la réalisation de leur libre circulation au sein de tous les pays.

d) Le coût élevé de la Taxe sur la Valeur Ajoutée sur les matériels énergétiques renouvelables à l'importation

La TVA s'applique aux produits importés et mis à la consommation dans le pays. La base de taxation est constituée par la valeur en douane majorée des droits et taxes liquidés par la douane, à l'exclusion de la TVA elle-même. Son taux est unique est égal à 18 %. Elle connaît des exemptions et des exonérations. La liste exhaustive des produits exonérés de TVA figure dans le *Code général des impôts*. Ces exonérations portent sur des produits de consommation dont les poissons, les viandes et abats, plantes, légumes, fruits, céréales, etc. les médicaments et produits pharmaceutiques, les matériels et équipements médicaux, les engrais, les semences, les livres et certaines

substances chimiques etc., Mais pas sur les matériels nécessaires à l'énergie solaire.

C'est bien entendu un problème que le coût élevé de cette taxe, alors que l'on est en face d'une urgence, celle de faire décoller le secteur de l'énergie, lequel dépend trop de la consommation d'énergie fossile. Au Sénégal, 90,8 % des centrales électriques sont thermiques.

e) L'objectif archaïque du prélèvement COSEC

Le prélèvement COSEC est une taxe qui n'a lieu que lorsque le transport des marchandises est effectué par voie maritime. Son taux est de 0,4 %.

Dans son dispositif, il comporte des exonérations pour certaines marchandises, comme les dons et aides destinés à l'État, les médicaments, les produits importés par les services de la santé et destinés à la lutte contre les grandes épidémies etc. Concernant le cas des matériels solaires et éoliens, si le transport des marchandises est effectué par voie maritime, le prélèvement se fera pour le compte de l'État.

Ce qui est sûr, c'est qu'au Sénégal, la plupart du transport des marchandises s'effectue via la voie maritime depuis les pays européens et américains. Le prélèvement du COSEC ne fait pas partie des taux du Tarif Extérieur Commun. Il est appliqué par l'État sénégalais et une partie de ce prélèvement est bien affecté au plan Takkal, un plan étatique d'éclairage en vue de relancer le secteur de l'énergie, via les énergies fossiles.

Alors que ce type de solution est aujourd'hui dépassé, car le contexte a beaucoup changé, et que les énergies du futur sont bien les énergies vertes comme le solaire...

f) Le tarif extérieur commun de la CEDEAO depuis décembre 2014 sous les mêmes auspices que celui de l'UEMOA

Les modifications du TEC UEMOA pour l'instauration de celui de la CEDEAO ont donné naissance à une tarification stagnante, sans aucune prise en compte des équipements énergétiques renouvelables (et notamment solaires). Le tarif extérieur commun initialement en vigueur au sein de l'UEMOA

depuis le 1^{er} janvier 2000 a été étendu à l'espace CEDEAO qui regroupe 15 pays, à savoir les huit pays membres de l'UEMOA (Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Guinée Bissau, Mali, Niger, Sénégal, Togo), plus sept autres pays d'Afrique de l'ouest (Cap-Vert, Gambie, Ghana, Guinée, Liberia, Nigeria, Sierra Léone).

Le TEC consiste à appliquer les mêmes droits et taxes aux marchandises qui entrent dans l'espace CEDEAO indépendamment de leurs points d'entrées et de leurs destinations au sein de l'espace. Ce tarif a essayé d'amener une harmonisation au sein de l'espace communautaire pour la cohésion économique mais, en dehors de l'introduction d'une « 5^e bande » (catégorie 4) pour les produits dont la taxation s'élève à 35 %, il n'a pas introduit de modifications réelles.

Il est possible de s'en étonner au vu par exemple de la mise en œuvre du livre blanc de la CEDEAO/UEMOA et de l'intégration des énergies renouvelables dans les documents stratégiques de réduction de la pauvreté suivant les pays. Le Burkina Faso, le Ghana, la Guinée, le Libéria ont élaboré un livre blanc stratégique comme celui de la CEDEAO pour l'accès aux services énergétiques modernes suivant les directives régionales. Le Mali et le Sénégal ont développé des outils et des politiques propres dans le but d'intégrer l'accès à l'énergie et l'utilisation de l'énergie renouvelable dans les principaux documents politiques.

Par exemple le Mali, en 2002, a stipulé par décret présidentiel que les droits fiscaux et taxes sont exonérés pour les matériels solaires et éoliens à l'importation. Et ce décret a pu fonctionner malgré le TEC de l'UEMOA, et permettre au Mali d'avoir une bonne avancée en matière d'énergies renouvelables.

Dans le cas du Sénégal l'intégration des ENR dans le cadre national politique et réglementaire a été effective dans les projets, comme pour le plan d'électrification rurale par voie solaire de la loi 2004-12 du 06 février 2004 portant réforme du code général des impôts et « permettant des exonérations d'impôts sur les investissements faits sur les ENR avec une réduction égale à 30 % sur le montant de l'impôt sur leurs bénéfices fiscaux ».

Il y a eu également l'élaboration d'une Lettre de Politique de Développement du Secteur de l'Énergie (LPDSE) signée en février 2008, qui fixe à 15 % la part des énergies renouvelables

dans le bilan énergétique national à l'horizon 2020. Malheureusement le suivi de ces dispositions n'a été que très partiel, notamment parce que les cadres réglementaires ne prennent pas encore en compte la possibilité pour des particuliers, des citoyens, de vendre leurs productions énergétiques aux compagnies d'exploitation du secteur énergétique sénégalais comme Kounoune, ou même à des ménages dans un but domestique. Le monopole du secteur de l'énergie reste l'apanage de la SENELEC qui, même si elle a un département « énergie solaire », ne semble pas manifester une grande vigueur dans ses projets de terrain. Ce qui fait que dans le cadre des modèles de gestion privée et formes d'interventions publiques, l'assistance de l'État en matière d'énergie renouvelable doit être plus présente.

En effet cela a été montré dans d'autres pays :

Les politiques influencent directement ou indirectement la planification du gouvernement et la politique de l'électrification rurale. Par exemple au Sri Lanka, le projet a poussé la compagnie nationale d'électricité et le gouvernement à reconnaître et incorporer plus explicitement les systèmes solaires dans la planification de l'électrification rurale, et à reconnaître que les promesses politiques peu réalistes et l'extension non coordonnée du réseau nuisent au marché des systèmes solaires domestiques (Gouvello et Maine, 2000, 238-239).

La SENELEC, pour qu'elle puisse gérer les problèmes de l'énergie, a besoin d'une assistance dans la planification et l'extension du réseau. Dans le contexte du Sri Lanka la priorité était le réseau rural, mais au Sénégal l'extension doit s'orienter d'abord vers les grandes entreprises qui consomment de l'énergie fossile. Selon les spécialistes en effet, « au Sénégal, 49 % des émissions de gaz à effet de serre proviennent du secteur énergétique » (Journal BIC, 2015).

B. Les recommandations relatives à la situation actuelle de la taxation douanière

Le Sénégal dans son processus de réduction des GES doit favoriser le développement des énergies renouvelables pour la lutte contre les changements climatiques selon certaines

conventions (a) et mettre en place des mesures fiscales incitatives afin de solutionner le problème de la taxation (b).

a) Le développement des énergies renouvelables (solaires) au Sénégal pour la lutte contre les changements climatiques en adéquation avec les conventions internationales

La marche vers un développement durable qui est une priorité pour les pays du monde entier astreint les États à respecter les accords conventionnels pour la lutte contre les changements climatiques. En réalité, il en est celle de la CCNUCC sur la prise en compte des énergies renouvelables (1), du protocole de Kyoto sur la réduction des GES (2), de Copenhague sur le financement pour les pays en développements (3) et de Paris sur les obligations contraignantes (4).

La prise en compte des énergies renouvelables selon la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUC)

La CCNUCC est la première convention qui a comme but de rendre l'environnement clément via la stabilisation des produits émetteur de gaz à effet de serre. Lorsque la température augmentera jusqu'à 2 °C, les conditions de la vie deviendront difficiles car le corps humain aura du mal à s'adapter à de telles chaleurs. À ce titre, le Sénégal, à l'instar de plus de 150 pays de la Communauté Internationale, a adopté le 9 mai 1992 au Siège de l'Organisation des Nations Unies (ONU) à New York cette convention. À son titre il est demandé aux pays consommateurs d'énergies fossiles de diminuer leurs consommations en fossile et d'introduire les énergies vertes, qui sont moins polluantes.

La ratification par le Sénégal du protocole de Kyoto

Le protocole de Kyoto a fait appel aux pays les plus riches de la planète, porteurs des grandes industries de production, et il fut l'une des vraies avancées environnementales du 20^e siècle. Signé en décembre 1997, il est entré en vigueur le 16 février 2005 dans une logique de continuité dans la lutte contre les changements climatiques. D'abord par la réduction des GES qui, devenant de plus en plus difficile, est aussi connu sous le nom de COP 3. Pour ce protocole l'objectif était de réduire, entre 2008 et 2012, d'au

moins 5,2 % par rapport au niveau de 1990 les émissions de six gaz à effet de serre : dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote et trois substituts des chlorofluorocarbones. Tout juste après son entrée en vigueur, au 90^e jour, date à laquelle au moins 55 parties à la Convention, incluant les annexes qui comptaient en 1990 un total d'au moins 55 % des émissions de CO₂ de ce groupe, avaient déposé leurs instruments de ratification. Au 14 janvier 2009, 184 États avaient fait de même.

Cependant le refus de ratification des États-Unis, deuxième émetteur mondial de GES, est demeuré un échec important (Vit et Lebrun, 2012), même si la présidence de Barack Obama a amorcé une évolution, aujourd'hui hélas remise en cause.

Au Sénégal, ce protocole de Kyoto a été ratifié tardivement, à cause de la forte dépendance aux énergies fossiles du secteur énergétique (90 %). En outre, à la différence des États-Unis qui ont la capacité de développer rapidement des matériels solaires pour miser sur les énergies renouvelables, le Sénégal ne peut le faire aussi vite. Sa seule possibilité est de favoriser l'investissement et de détaxer les matériels solaires.

La convention de Copenhague dans le processus de financement des projets de luttés contre les changements climatiques

Cette autre convention est entrée en vigueur en 2009 et a permis que les pays signataires envisagent une dotation de 100 milliards de dollars d'ici 2020 afin de lutter contre le réchauffement climatique. En effet, après Kyoto, la communauté internationale a décidé d'aider les pays les moins avancés dans la lutte contre les GES (Vit et Lebrun, 2012, 90).

Le Sénégal était concerné par ces financements, mais il est apparu que les financements venant des pays développés via les conventions ne suffiront pas à régler les problèmes du secteur énergétique, et que la détaxe à l'importation sur les matériels énergétiques renouvelables était un second pilier indispensable.

Il est à noter pour finir que les exigences de la COP 21 adoptées en 2015 à Paris sont venues à leur tour renforcer les précédentes conventions.

b) Les mesures incitatives au développement des énergies renouvelables

L'exploitation des énergies solaires et éoliennes nécessite des investissements importants, impliquant le coût global de l'outil technologique. Quand il est rentabilisé, les temps de retour varient de deux à quatre ans. Cependant, pour des entreprises, l'investissement solaire dans le but d'une production à usage professionnel doit compter un amortissement sur une durée plus longue (5 à 10 ans) pour justifier d'une économie réalisée par rapport aux énergies fossiles. L'État dans son rôle de promoteur des énergies renouvelables par des politiques réglementaires et législatives doit mettre en place de bonnes dispositions fiscales incitatives, par exemple un Droit de Douane égal à 5 % et une TVA de 10 % sur la valeur des matériels solaires importés.

Il faut aussi la mise en place d'un dispositif de réduction des taux de prélèvements communautaires vers un taux unique bas. Ces efforts doivent porter en priorité sur les énergies solaires et éoliennes vu que le Sénégal est un pays ensoleillé dans presque toutes les régions du pays 12 mois sur 12, et bien ventilé sur la petite côte et le nord.

L'application des mesures fiscales incitatives

Depuis l'entrée en vigueur du CGI en 2012, les exonérations n'atteignent que 30 % du bénéfice annuel réalisé par la société investisseur dans le domaine des énergies renouvelables. Ce niveau de déduction semble insuffisant pour attirer plus d'investisseurs. En effet, pendant la période d'exonération totale des bénéfices des matériels liés aux énergies renouvelables solaires, le développement avait été beaucoup plus considérable. En cette période où la demande continue de monter, et où les réalités du temps ont changé, vu que le monde entier est en lutte contre le changement climatique, faire une exonération totale contribuerait à la résolution des problèmes à la fois de l'énergie et des GES.

C. La publicité des avantages fiscaux dans un investissement sur les énergies renouvelables et la formation des administrateurs de l'État en développement durable

Cela étant, pour être efficaces, ces mesures nécessitent à la

fois une publicité, en direction des entreprises, des avantages fiscaux, et la formation soigneuse des administrateurs publics. La fiscalité est l'élément moteur qui en ce moment peut favoriser les ENR et cela n'est possible qu'avec moins de taxes et de droits fiscaux.

Le Sénégal doit favoriser les énergies renouvelables par les allègements fiscaux sur les importations de matériels solaires, sans lesquelles le pays aura du mal à faire face à la demande qui grimpe de plus en plus. Avec un pourcentage estimé de 54 % de la population qui a accès à l'électricité, le pays devrait renforcer sa sécurité énergétique autrement qu'en interdisant le gaspillage et les branchements électriques clandestins, et conseiller d'abord aux producteurs de mettre en place des produits moins émetteurs de GES et qui permettront d'équilibrer le rapport entre l'offre et la demande par l'intermédiaire des énergies renouvelables.

Si L'État met en place un système d'accompagnements pour les entreprises qui souhaitent miser sur les énergies renouvelables, il facilitera la tâche de leurs investissements, et respectera à ce titre « la CCNUCC (qui) exhorte, dans son article 4, les Parties Contractantes (PC) à encourager et soutenir par leur coopération l'éducation, la formation, mais surtout, la sensibilisation du public dans le domaine des changements climatiques » (Menioui, 2008, 25-26).

Le secteur public a donc un rôle de premier plan à jouer, y compris en termes d'investissements directs.

Conclusion générale

Les crises énergétiques de 1973 et 1979 qui ont secoué les pays d'Europe ont donné naissance à un premier bon en avant, y compris en Afrique, vers les énergies solaires et éoliennes. La crise de 2008 a accentué le développement de ces énergies vertes, surtout au Sénégal avec les plans RENES 1 et RENES 2, même si au final force est de constater que la place des ENR dans le bilan énergétique national est encore négligeable.

Pourtant, en vue de sortir de la crise énergétique, l'État du Sénégal avait en 1998 libéralisé les énergies renouvelables en mettant en place une Commission de Régulation du Secteur de l'Electricité (CRSE), une agence d'Electrification Rurale (ASER),

des politiques de développements énergétiques, avec un cadre législatif adéquat de 1992 jusqu'en 2000 pour les matériels liées aux énergies renouvelables comprenant une exonération du droit de douane et des autres taxes.

Cependant, avec l'arrivée du TEC de l'UEMOA, la réalité s'est trouvée transformée, car les droits fiscaux et taxes sur les matériels solaires ou éoliennes sont devenus plus nombreux, et leurs coûts ont empêché une importation régulière des matériels énergétiques dans l'espace CEDEAO alors même que la demande des consommateurs est restée toujours en croissance.

C'est pourquoi si des incitations fiscales pour les investisseurs ne sont pas très vite bien prises en compte, le secteur énergétique de l'Afrique de l'ouest va souffrir plus encore que celui des autres pays en voie de développement. Quelle que soit la cherté des investissements sur les énergies renouvelables, une double raison s'impose de miser sur l'énergie solaire, non seulement pour l'autonomie énergétique, mais aussi pour la lutte contre les changements climatiques qui sont néfastes à l'environnement.

Cela sera également la condition du respect de ses engagements internationaux par le Sénégal et des normes des conventions internationales portant sur les changements climatiques.

Faute de quoi les conséquences pourraient être difficiles sinon impossibles à gérer dans le futur.

Références

Code Général des Impôts et Domaines du Sénégal, 2012.

Code de l'Environnement du Sénégal, 2001.

Code des Douanes du Sénégal, 2014.

De Vit Caroline, Gagnon-Lebrun Frédéric, 2012. *Guide des négociations 7 : Conventions Cadres des Nations Unies sur les Changements Climatiques CDP-616 et CRP-6*, Institut de l'Énergie et de la Francophonie.

De Gouvello Christophe, Maine Yves, 2002. *L'électrification rurale décentralisée : une chance pour les hommes, des techniques pour la planète*, Paris, Systèmes solaires.

Ndiaye Wade Marie Delphine, Dieye Mohamed, 2007. *La*

pratique de la fiscalité sénégalaise, Dakar, Presses de la sénégalaise de l'imprimerie.

Menioui Mohammed, 2008. *Stratégie Nationale d'Education et de Sensibilisation à l'Environnement et au Développement Durable*, Maroc, Okad El Jadida.

Sénégal Énergies, 2017. « Financement ». *www.senegal-energies.com*. [En ligne] <http://www.senegal-energies.com/index.php/financement>

La réception des objectifs de développement
des installations solaires en droit de
l'urbanisme. Réglementation, application :
une approche comparée France-Sénégal

JEAN-FRANÇOIS JOYE, EN COLLABORATION AVEC BABA ALIOU THIAM

Le Sénégal et la France ont pour ambition commune le développement des énergies renouvelables depuis les années 2000. Atteindre cet objectif n'est cependant pas une simple question de discours. C'est aussi une question de réglementation, notamment de droit de l'urbanisme (Hégo Devéza-Barrau, 2011; Le Baut-Ferrarèse et Michallet, 2012). Celle-ci doit permettre le développement des installations solaires, c'est-à-dire des projets à établir sur des terrains (fermes solaires de production électrique qui utilisent la technologie photovoltaïque ou thermodynamique) ou sur des bâtiments (panneaux thermiques ou photovoltaïques). Si les intentions des législateurs en matière de production d'énergies renouvelables sont peu ou prou les mêmes, en revanche, la nature

des enjeux juridiques diffère entre ces pays. C'est notamment le reflet d'une approche distincte des conflits d'usage pour l'utilisation du sol. Tout d'abord, nous relaterons comment ces pays ont adapté leur législation et ensuite comment la règle d'urbanisme y est écrite en lien avec le développement des installations solaires.

Les rythmes d'adaptation du droit de l'urbanisme aux objectifs de développement des installations solaires

Si l'expression des objectifs énergétiques nationaux est assez proche entre la France et le Sénégal (A), en revanche la nature des enjeux juridiques diffère (B).

A. Expression des objectifs et enjeux juridiques en France

La promotion de l'utilisation de l'énergie solaire pour produire de l'électricité (1) a nécessité en parallèle de surmonter plusieurs défis juridiques pour se traduire en actes (2).

a) Les objectifs de promotion et de développement de l'énergie solaire

Le droit français ne manque pas d'objectifs destinés à engager la société sur la voie de la réduction des émissions de gaz à effet de serre. En corrélation avec le droit international et le droit européen, le *Code de l'énergie* détermine la plupart des objectifs généraux ou spécifiques. Dans sa version modifiée par la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 sur la transition énergétique, l'article L. 100-4 de ce code dispose en son I que la politique énergétique nationale a (notamment) pour objectifs :

1° De réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030 et de diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 (...), 2° De réduire la consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à la référence 2012, en visant un objectif intermédiaire de 20 % en 2030 (...), 4° De porter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32 % de cette consommation en 2030; à cette date, pour parvenir à cet objectif, les énergies renouvelables doivent représenter 40 % de la production d'électricité, 38 % de la consommation finale de chaleur, 15 % de la consommation finale de carburant et 10 % de la consommation de gaz, 5° De réduire la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % à l'horizon 2025 (...) 7° De disposer d'un

parc immobilier dont l'ensemble des bâtiments sont rénovés en fonction des normes « bâtiment basse consommation » ou assimilées, à l'horizon 2050, en menant une politique de rénovation thermique des logements concernant majoritairement les ménages aux revenus modestes (...).

Des objectifs chiffrés déclinent ensuite les objectifs généraux. Ils sont fixés par le ministre chargé de l'énergie en matière de répartition des capacités de production électrique par source d'énergie primaire et, le cas échéant, par technique de production et par zone géographique. Jusqu'en août 2015, la programmation pluriannuelle des investissements (PPI) fixait un objectif de puissance totale raccordée de 5 400 MW en 2020. Cette puissance a été atteinte fin septembre 2014.

La PPI française de production d'électricité prévoit actuellement un objectif de 10 200 MW de puissance installée pour fin 2018 et 20 200 (option haute, soit l'équivalent de 21 % de la production électrique française en 2016) (RTE-France, 2017) et 18 200 MW (option basse) pour fin 2023 (Arrêté du 24 avril 2016 « relatif aux objectifs de développement des énergies renouvelables »).

Toutefois, tandis que les textes législatifs ou réglementaires sont établis par l'État central celui-ci n'est pas l'acteur unique de leur mise en œuvre. De nombreuses agences nationales et locales prennent le relai et incitent aux bonnes pratiques, diffusent l'information ou rendent des expertises pour développer les énergies renouvelables et sensibiliser les populations aux enjeux de la transition énergétique. C'est le cas de l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) et des agences locales de l'énergie et du climat. Les collectivités territoriales sont également appelées à devenir des acteurs majeurs non seulement montrant l'exemple par l'apposition de panneaux sur leurs bâtiments mais aussi en prenant des participations dans le capital de sociétés développant les énergies renouvelables.

Par exemple, depuis la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 sur la transition énergétique, les communes et leurs groupements peuvent participer au capital d'une société anonyme ou d'une société par actions simplifiée dont l'objet social est la production d'énergies renouvelables par des installations situées sur leur territoire ou sur des territoires situés à proximité et participant à l'approvisionnement énergétique de leur territoire (*Code Général des Collectivités Territoriales*, art. L. 2253-1, L. 4211-1, L. 3231-6) (Fontaine, 2016).

Les personnes physiques sont aussi appelées à s'engager dans la transition énergétique. Cependant, une ambiguïté a longtemps subsisté en France s'agissant de l'autoconsommation de l'électricité produite. À part quelques dispositions allusives et éparpillées dans la réglementation, elle n'était pas explicitement reconnue (ni interdite non plus). Cela nuisait au développement des systèmes solaires sans objectif mercantile. Il fallut attendre 2016 pour que la France pose enfin un cadre juridique plus abouti pour clarifier le recours à l'autoconsommation d'électricité. L'ordonnance n° 2016-1019 du 27 juillet 2016, prise en application de l'article 119 de la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance, définit le régime de « l'autoproduction » et de « l'autoconsommation » et introduit aussi la notion « d'autoconsommation collective » lorsque plusieurs producteurs ou consommateurs finals participent à cette opération et sont regroupés au sein d'une personne morale (association, coopérative...) pour l'approvisionnement de logements collectifs ou de centres commerciaux :

Une opération d'autoconsommation est le fait pour un producteur, dit autoproducteur, de consommer lui-même tout ou partie de l'électricité produite par son installation (C. énergie, Art. L. 315-1); L'opération d'autoconsommation est collective lorsque la fourniture d'électricité est effectuée entre un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs finals liés entre eux au sein d'une personne morale et dont les points de soutirage et d'injection sont situés sur une même antenne basse tension du réseau public de distribution (C. énergie, Art. L. 315-2).

C'est ainsi que se développent des « centrales Villageoises » dont la personnalité morale permet de développer les énergies renouvelables sur un territoire en associant citoyens, collectivités et entreprises locales (Centrales villageoises, 2016).

b) Enjeux juridiques

En France, le droit de l'urbanisme, droit « clé » dans l'affaire en tant que police administrative spéciale de contrôle de l'utilisation des sols, a été tardivement adapté pour accélérer le développement de l'installation des ouvrages de production de l'énergie à partir du rayonnement solaire (Galan, 2010).

Depuis 2009, les textes en la matière sont cependant nombreux,

preuve d'une prise de conscience effective et d'une approche désormais globale de la réalisation des projets (Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, décret n° 2009-1414 du 19 novembre 2009 relatif aux procédures administratives applicables à certains ouvrages de production d'électricité, loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte).

En réalité, au moment du véritable démarrage comme mouvement d'envergure dans les années 2000 des projets d'installations solaires, le droit de l'urbanisme français ne permettait pas aussi facilement qu'espéré le développement de ces projets. Sans vouloir exclure la problématique de développement des énergies renouvelables dans l'espace urbain, le système français de contrôle de l'utilisation des sols n'avait cependant pas été édicté spécialement pour sa promotion.

La règle d'urbanisme poursuit en effet une multitude d'objectifs d'intérêt général (développement économique, protection du patrimoine, protection des terres agricoles ou de la nature etc.) qui peuvent conduire paradoxalement à neutraliser les projets d'implantation d'installations solaires (a). Le droit français a ainsi eu des difficultés à appréhender les formes nouvelles et parfois atypiques de « construction » que représentent les installations solaires (b).

Traiter les nouveaux conflits d'usage

À la fin des années 2000, suite à ce que l'on a appelé en France le « Grenelle de l'environnement », les projets d'ouvrages de production d'énergie solaire ont été encouragés (Bailleul, 2010; Joye et Guigue, 2010). Ils ont été motivés par l'État, lequel a subventionné le rachat de l'électricité par l'opérateur Électricité de France (EDF) et proposé des crédits d'impôts pour inciter les français à s'équiper de panneaux solaires photovoltaïques.

Mais l'euphorie a été de courte durée, car le gouvernement a rapidement calmé la surchauffe provoquée par l'emballement du marché. Dans un contexte de dégradation des déficits publics, il a diminué les tarifs de rachat et les crédits d'impôt (Décret n° 2016-691 du 28 mai 2016 fixant les catégories d'installations éligibles à l'obligation d'achat, dont les installations utilisant l'énergie solaire photovoltaïque implantées sur bâtiment d'une puissance crête

installée inférieure ou égale à 100 kilowatts) (Association Hespul – Agence de l’Environnement et de la Maîtrise de l’Énergie, s. d.).

Malgré tout, la production croît d’années en années, la France jouissant d’une bonne exposition aux rayonnements solaires, même si le Sud du pays concentre 70 % du parc total de la France métropolitaine grâce à un niveau d’ensoleillement jusqu’à 35 % supérieure aux régions du Nord. La puissance installée du parc solaire photovoltaïque français s’élevait à 6,911 MW fin juin 2016 (soit l’équivalent de 7,8 % du jour de plus haute consommation électrique de 2016 et 22,5 % du jour de moindre consommation), avec 375 205 installations.

La question des tarifs d’achat de l’électricité produite par les installations solaires (et des gains que les producteurs peuvent espérer) a en réalité occulté rapidement d’autres enjeux.

Il a fallu réaffirmer que l’enjeu de la performance énergétique ne peut pas être une question économique pure et qu’il devait nécessairement être corrélé à la performance écologique. Au risque de rappeler une évidence, le développement de la production d’énergie solaire n’est pas sans conséquence sur le cadre de vie. L’avènement d’une société utilisant massivement le soleil pour produire de l’énergie va modifier le paysage des villes et des campagnes. Ainsi, la liberté de créer une installation solaire est confrontée au besoin de maîtrise intelligente des sols, au besoin de préserver une certaine qualité des paysages, de la nature et des terres agricoles.

La performance technique des appareils de production de l’électricité dépend également pour partie du droit de l’urbanisme. Apposer des panneaux solaires sur des constructions dont les toits ne sont pas bien orientés ou sur des terrains ou des toitures que d’autres bâtiments ou des écrans végétaux masquent du soleil, ne permet pas une production optimale d’électricité. Certaines agglomérations (Brest), villes (Annecy) ou parcs (Haut-Jura) ont aussi rédigé en 2016 un « cadastre solaire » (sans valeur normative) afin d’identifier sur leur territoire les endroits propices à la production d’énergie renouvelable et mettre en valeur au plan cartographique le potentiel d’ensoleillement des toitures (<http://geoportail.annecy.fr>; http://www.parc-haut-jura.fr/fr/climatenergie/energies-renouvelables/cadastre-solaire.263-282-738__2046.php).

Ainsi, en France, il ne s’est pas simplement agi de promouvoir

fiscalement ou financièrement les énergies renouvelables mais aussi d'adapter le droit de l'urbanisme.

L'objectif du législateur français a été, sauf exception, de mettre à l'écart des règles d'urbanisme « hostiles » aux installations solaires (volontairement ou « malgré elles » car conçues pour poursuivre d'autres motifs d'intérêt général). Ainsi, un corps de règles cohérent a pris naissance pour faciliter les projets dans l'espoir de ne pas saccager par effet collatéral les paysages ou les terres agricoles (v. *infra* p. 2).

Appréhender en droit de nouvelles formes de « constructions »

Les ouvrages ou installations de production de l'énergie à partir du rayonnement solaire ont posé des difficultés de qualification juridique. Par exemple, derrière le vocable de « ferme solaire », quel type de construction a-t-on en réalité? Quel type d'autorisation d'urbanisme est-il alors nécessaire de demander?

La notion d'OPEESIS

Jusqu'en 2009, aucune disposition du *Code de l'urbanisme* français n'encadrait spécifiquement les ouvrages, fermes, centrales ou parcs photovoltaïques au sol tandis qu'ils ont un impact sur le paysage et l'environnement (impact visuel des couleurs des panneaux, surface occupée, érosion des sols sous les modules, perturbation du passage de la faune ou des élevages etc.). Pour leur implantation, il était possible de leur appliquer le régime des châssis ou des serres mais ce n'était pas très cohérent.

Depuis le décret n° 2009-1414 du 19 novembre 2009, les systèmes photovoltaïques sont explicitement qualifiés dans le *Code de l'urbanisme* et dans le *Code de l'environnement*. Ils sont désormais dénommés « ouvrages de production d'électricité à partir de l'énergie solaire installés sur le sol » (OPEESIS).

La notion de puissance watt-crête pour déterminer les autorisations d'urbanisme

Afin de déterminer les catégories d'autorisations d'urbanisme nécessaires pour implanter des OPEESIS, le gouvernement a retenu en 2009 la notion de puissance-watt-crête (pWc)¹. Les critères habituels de hauteur ou de surface occupée au sol par les projets de construction se sont révélés malaisés à manier s'agissant d'installation au format peu classique, du moins ne ressemblant pas à un

1. La pWc désigne la puissance électrique maximale pouvant être délivrée par l'installation. On l'exprime notamment en kilowatts-crête kWc.

« bâtiment » classique. Cela étant, la notion de pWc est discutable également car adosser la typologie des autorisations à un seuil de puissance énergétique fait passer au second plan l'impact physique et matériel du projet. L'étalement au sol des projets de fermes solaires est en effet important. Il résulte de la pose successive des panneaux et des espaces à laisser entre eux afin d'éviter qu'ils se fassent de l'ombre. Cet étalement reste une difficulté en l'état des techniques de production sachant qu'en France la production journalière moyenne de 20 m² de panneaux photovoltaïques se situe entre 5 et 8 kWh. Sauf exception, ces installations sont soumises à permis de construire (*V. infra PII*).

La corrélation entre l'intégration des systèmes au bâti et le tarif d'achat de l'électricité produite

Lorsque les systèmes photovoltaïques sont installés sur des bâtiments (maisons individuelles, logements collectifs, bâtiments tertiaires ou équipements publics) ou arrimés à une structure (parkings, murs antibruit, passages piétonnier), ils n'ont pas d'impact important sur l'environnement autre que la modification visuelle d'une partie de l'enveloppe du bâtiment support et, par conséquent, du paysage plus ou moins urbanisé dans lequel ce bâtiment se situe. Les panneaux ou modules photovoltaïques étant appelés à devenir un composant banalisé de l'environnement bâti, le gouvernement français a choisi d'inciter tout porteur de projet à avoir recours aux techniques d'installation des panneaux les moins visibles. Il a prévu des tarifs avantageux au profit des installations intégrées au bâti pour compenser le surcoût de l'investissement initial et une maintenance plus onéreuse. L'arrêté du 4 mars 2011 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil distingue ainsi les tarifs d'achat de l'électricité en fonction de critères d'intégration au bâti (IAB) et d'intégration simplifiée au bâti (ISB). Les tarifs sont ajustés tous les trimestres.

B. Expression des objectifs et enjeux juridiques au Sénégal

Le Sénégal est un pays qui s'ouvre sur l'océan Atlantique, à l'Ouest du continent africain. Il appartient à la zone tropicale, fortement ensoleillée. Le « potentiel solaire » du Sénégal est important : environ 5,4 kW/m² de rayonnement pour 3 000 heures d'ensoleillement par an. Il y a plus de vingt ans, déjà, il était estimé

que le retour sur investissement pouvait être atteint en moins de deux ans pour le solaire thermique et en moins de sept ans pour le solaire photovoltaïque (Ministère de l'énergie, des mines et de l'industrie, 1994). Aujourd'hui, le Sénégal connaît une forte urbanisation, le taux d'urbanisation étant étroitement lié à l'augmentation de la population. Il compte près de 15 millions d'habitants dont plus de 60 % vit en zone urbaine. Le taux d'électrification est de 54 % au niveau national, dont 90 % en zone urbaine et seulement 24 % en zone rurale. La maîtrise de la consommation d'énergie pose donc un défi majeur pour atteindre les Objectifs du Développement Durable (ODD) du Sénégal d'ici 2030 (Thiam, 2016).

C'est pourquoi la production et la consommation de l'énergie solaire sont encouragées. Au regard de ces considérations, il importe de mettre l'accent sur les objectifs de promotion et de développement de l'énergie solaire (1) avant de voir comment la réglementation technique a évolué (2).

a) Les objectifs de promotion et de développement de l'énergie solaire

Au Sénégal, la forte dépendance énergétique vis-à-vis des énergies non renouvelables, comme le gaz ou le pétrole, a pour conséquence de rendre vulnérable le système de production économique. Fort de ce constat, le gouvernement du Sénégal a mis en place une politique visant à rechercher des solutions alternatives à ses problèmes d'approvisionnement en énergies, en favorisant le développement des énergies renouvelables par l'affirmation de la liberté de production (a) et la mise en œuvre de mesures incitatives (b).

L'affirmation de la liberté de production de l'énergie solaire

Autrefois réservées aux sites isolés ou éloignés du réseau de la Senelec (Société Nationale d'Électricité du Sénégal), les installations solaires ont désormais vocation à être créées sur l'ensemble du territoire. Il faut souligner que des installations solaires pour la consommation domestique ou industrielle existent depuis longtemps au Sénégal (en témoignent les travaux de Jean-Pierre Girardier dans les années 1960) même si aucune réglementation spécifique n'était prévue à leur égard (voir les autres textes du présent ouvrage) (Diop, 1960) (Caille, 2016). Bien qu'il y ait eu quelques tentatives après la crise pétrolière des années 1970 pour développer les énergies

renouvelables en allégeant la fiscalité et les droits de douanes pour les équipements photovoltaïques et thermiques (circulaire n° 10226/PM/SGG/EC5 du 21 décembre 1978 relative à la prise en compte de la variante solaire dans les marchés publics de fourniture d'énergie, loi n° 81-22 du 25 juin 1981 instituant des avantages fiscaux dans le domaine de l'utilisation de l'énergie solaire et éolienne, note de décision n° 0706/DGD/DERD/BE de 1992 portant exonération du droit fiscal et de la TVA pour le matériel solaire) (Niang 2012), c'est surtout dans les années 2000, avec l'alternance politique, que le gouvernement sénégalais a affiché des intentions plus ambitieuses en vue d'atteindre les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD).

Dans ce contexte, différents textes ont été adoptés ou actualisés. En particulier, la loi n° 2010-21 du 20 décembre 2010 portant loi d'orientation sur les énergies renouvelables apparaît comme la plus volontariste (voir notamment les art. 1, 3, 6, 7 de cette loi, *JORS* n° 6581 du 9 avril 2011). Avant même que la France en fasse de même, elle présente la singularité d'avoir encouragé clairement la production pour l'autoconsommation des énergies renouvelables.

Ainsi, son article 10 dispose que « toute personne physique ou morale peut, pour sa propre consommation, sur toute l'étendue du territoire national, produire de l'électricité à partir d'énergies renouvelables conformément aux dispositions de la loi n° 98-29 du 14 avril 1998 relative au secteur de l'électricité ».

Toutefois, une exception relative aux entreprises est apportée à cette liberté de production d'énergies renouvelables. En effet, « sauf dans le cas prévu à l'art. 10 ci-dessus, les activités de production, de distribution et de vente d'électricité à partir d'énergies renouvelables réalisées par une entreprise, sont subordonnées à l'obtention de titres (concession ou licence), conformément à la loi 98-29 du 14 avril 1998 portant loi d'orientation relative au secteur de l'électricité » (art. 11).

L'État du Sénégal a aussi créé un environnement institutionnel propice au développement des énergies renouvelables.

Tout d'abord, le ministère en charge des énergies renouvelables et une Agence Nationale de l'Énergie Solaire (ANDES) ont été créés en 2010 (Décret n° 2010-425 du 31 mars 2010, *JORS* n° 6539 du 7 août 2010). En 2013, c'est l'Agence nationale pour les Énergies Renouvelables (ANER) qui a vu le jour à son tour (Décret

n° 2013-684 du 17 mai 2013, *JORS* n° 6731 du 1^{er} juin 2013), cette création a engendré la dissolution de l'ANDES (Décret n° 2016-393 du 31 mars 2016, *JORS* n° 6936 du 28 mai 2016).

Le Sénégal a en outre décidé d'adopter en novembre 2012 une nouvelle stratégie de développement. L'ambition est de favoriser une croissance économique à fort impact sur le développement humain. La réalisation de cette ambition repose notamment sur la mise en œuvre d'un important programme d'investissements. À ce titre, le *Plan Sénégal Émergent* (PSE) a été constitué comme le référentiel de la politique économique et sociale sur le moyen et le long terme, avec un objectif d'émergence économique à l'horizon 2035². Son « Plan d'Actions Prioritaires – 2014-2018 » constitue le document de référence des interventions de l'État, des partenaires techniques et financiers, du partenariat public-privé et de la participation citoyenne en matière d'énergies renouvelables.

Dans le PSE, la résolution de la question énergétique est un objectif considéré comme vital. Il s'agit de permettre un accès large et fiable à une énergie bon marché. En application de ce programme volontariste, l'État sénégalais a lancé avec le soutien d'investisseurs privés la réalisation de grands projets industriels (voir par exemple Arrêté ministériel n° 4140 du 6 mai 2010 portant création d'un comité de Pilotage du Projet de construction de la centrale solaire de 300 MW, *JORS*, n° 6568 du 27 nov. 2010), tels que la centrale solaire de Bokhol d'une puissance de 20 mégawatts, inaugurée le 22 octobre 2016 et qui est censée fournir de l'électricité à 160 000 personnes. Elle s'étend sur 40 hectares avec près de 77 000 panneaux solaires.

Fin 2016 et début 2017, trois autres centrales solaires devaient démarrer leur activité (une de 20 MW à Malikounda et deux de 29 MW) (Maillard, 2016). Ces projets concourent à la réalisation de l'objectif d'atteindre 10 % d'énergies renouvelables en 2017, tel qu'affiché dans le *Plan Sénégal Émergent* (p. 93). De 573 MW en 2011-2012, la puissance totale du parc énergétique solaire aurait déjà atteint une puissance de 821 MW en 2016. L'objectif est d'atteindre 1264 MW en 2019 selon le SNDES³, ce qui malgré la progression ne correspondrait qu'à moins de 20 % de la puissance solaire (6772 MW) installée en 2015 sur le territoire français (RTE-France, 2017),

2. Il s'inscrit lui-même dans une Stratégie Nationale de Développement Économique et Social (SNDES), cadre principal de coordination des interventions publiques.

3. Propos du Président Macky Sall, voir note ci-dessus.

pourtant beaucoup moins favorisé du point de vue de l'ensoleillement.

Par ailleurs, des mesures incitatives sont prévues afin d'encourager le secteur.

Les mesures incitatives pour encourager la production

Les producteurs d'énergies renouvelables sont susceptibles de bénéficier de certains avantages accordés par la loi d'orientation du 20 décembre 2010.

L'article 8 de cette loi prévoit que les acquisitions de matériels et d'équipements destinés à la production, à l'exploitation et à l'autoconsommation des énergies renouvelables bénéficient de mesures fiscales incitatives. Dans le même ordre d'idées, les acquisitions de matériels et d'équipements destinés à la recherche-développement dans ce domaine bénéficient aussi de mesures fiscales incitatives. Mieux, les acquisitions de matériels et d'équipements destinés à la production d'énergie renouvelable pour l'autoconsommation domestique bénéficient d'une exonération totale de fiscalité. Des réductions d'impôts sur les bénéfices ou le revenu sont également prévues au code général des impôts sénégalais en contrepartie d'investissements réalisés dans le domaine de l'utilisation de l'énergie solaire (articles 241 à 248 du Code Général des Impôts).

On peut toutefois difficilement connaître l'intensité de ces aides et leur effectivité réelle.

De surcroît, toujours en application de la loi d'orientation de 2010, les conditions d'achat de l'électricité ont été fixées par deux décrets du 21 décembre 2011 (Décret n° 2011-2013 portant application de la loi d'orientation sur les énergies renouvelables et relatif aux conditions d'achat et de rémunération de l'électricité produite par des centrales à partir de sources d'énergie renouvelables ainsi que de leur raccordement au réseau et décret n° 2011-2014 portant application de la loi d'orientation sur les énergies renouvelables et relatif aux conditions d'achat et de rémunération du surplus d'énergie électrique d'origine renouvelable et résultant d'une production pour consommation propre, qui ne semblent pas faire l'objet d'une publication officielle). Ils sont de nature à favoriser l'utilisation des installations solaires en zone résidentielle connectée à un réseau domestique, en appoint, en secours ou en utilisation principale.

Par exemple, s'agissant d'une production pour consommation propre, les conditions de rachat sont fixées par les articles 5 et 6 du décret n° 2011-2013 du 21 décembre 2011, selon des principes qui rejoignent ceux établis en France et envisagés ci-dessus. Selon l'art. 5 al. 1 :

Le prix d'achat garanti du surplus d'énergie produite par les auto-producteurs est déterminé par la Commission de Régulation du Secteur de l'Électricité en fonction des différentes gammes de puissance et de la technologie utilisée. Le Ministère chargé des énergies renouvelables « fournit à la Commission de Régulation du Secteur de l'Électricité les éléments de référence nécessaires à la détermination des prix d'achat garantis » (al. 2). L'Exploitant de réseau achète et transporte le surplus d'électricité d'origine renouvelable produite par l'installation d'un auto-producteur conformément à l'article 24 de la loi 98-29 du 14 avril 1998 et dans la limite de la puissance maximale indiquée sous réserve de la nécessité de préserver le bon fonctionnement du réseau. L'énergie électrique d'origine renouvelable livrée à l'Exploitant de réseau par l'auto-producteur doit répondre aux critères techniques du réseau (art. 6 al. 1 et 2).

Les obligations de rémunération de l'électricité d'origine renouvelable sont également fixées par l'article 8 du même décret :

L'Exploitant de réseau est tenu de rémunérer l'électricité issue des surplus des auto-producteurs qu'il a achetée et prélevée sur la base des conditions techniques et financières définies dans le contrat d'achat d'électricité conformément aux tarifs arrêtés par la Commission de Régulation du Secteur de l'Électricité (al. 1). L'énergie livrée par l'auto-producteur est rémunérée par l'Exploitant de réseau sur la base des tarifs applicables à chaque filière d'énergie renouvelable et à chaque gamme de puissance (al. 2). La puissance et l'énergie électrique fournies par l'auto-producteur au point de livraison sont mesurées par un dispositif de comptage installé au point de livraison fixé d'accord partie (al. 3).

Également, les entreprises privées commencent à se structurer pour proposer des installations solaires. Certaines publient des guides méthodologiques expliquant les principes et la composition du système photovoltaïque ainsi que les démarches à suivre pour réaliser les projets (Rayon Vert, 2017). On notera enfin la création en 2009 au Sénégal d'une société à capitaux entièrement africains (*Sustainable Power Electric Company – SPEC*) dont l'activité principale est la

production de modules photovoltaïques (monocristallins et polycristallins) (Sow 2013).

b) Les évolutions inégales de la réglementation technique

Si la volonté de l'État du Sénégal de promouvoir le développement des énergies renouvelables est manifeste, en revanche la réglementation technique qui va encadrer les projets paraît incomplète.

On ne trouve concrètement des dispositions relatives aux installations solaires qu'à travers la loi d'orientation du 20 décembre 2010. On en trouve aussi, mais indirectement, dans le *Code de la construction* réformé en 2009-2010 avec des articles sur les caractéristiques énergétiques des bâtiments (Le code résulte de la loi n° 2009-23 du 8 juillet 2009 et du décret n° 2010-99 du 27 janvier 2010). Le *Code de l'environnement*, refondu par la loi n° 2001-01 du 12 avril 2001 pour tenir compte de l'évolution de la politique nationale de protection des ressources ainsi que des engagements internationaux du Sénégal (création de nouveaux instruments de planification stratégique tels que Plan National d'Actions pour l'Environnement (PNAE), Stratégie nationale de mise en œuvre de la Convention Cadre sur les Changements Climatiques, Programme d'action sur la diversité biologique, etc.), n'en fait pas état directement non plus, sauf à travers les études d'impact, dont il consacre d'ailleurs l'importance comme éléments du processus des décisions environnementales.

Quant au *Code de l'urbanisme*, bien qu'ancien (loi n° 64-60 du 25 juillet 1964, loi n° 66-49 du 27 mai 1966, loi n° 79-78 du 28 décembre 1979 abrogeant et remplaçant l'art. 12, loi n° 88-05 du 20 juin 1988), et ultimement réformé en 2008-2009 (loi n° 2008-43 du 20 août 2008, complétée par le décret n° 2009-1450 du 30 décembre 2009 portant partie réglementaire du *Code de l'urbanisme*)⁴, il n'aborde pas la question des installations solaires, à la différence du droit français de l'urbanisme (v. *infra* P2).

Ce silence limite certes en apparence l'émergence de politiques

4. Il a été nécessaire d'harmoniser certaines dispositions de la loi n° 88-05 du 20 juin 1988 portant sur le *Code de l'urbanisme* avec celles de la loi n° 96-07 du 22 mars 1996 portant transfert de certaines compétences d'urbanisme de l'État aux régions, communes et communautés rurales. L'article 68 de la loi n° 2008-43 a été par la suite modifié par la loi n° 2009-26 du 8 juillet 2009.

de planification volontaristes au niveau local. Mais, il n'est pas pour autant de nature à entraver le développement des installations solaires. Le code comporte ainsi moins de d'entraves réglementaires qu'en France, de quoi favoriser la réalisation des projets même si ce constat n'est pas forcément de nature à assurer la maîtrise urbaine que recherche aussi par ailleurs le législateur sénégalais.

Écriture de la règle d'urbanisme et développement des installations solaires

Tant en France qu'au Sénégal, il s'agit d'analyser comment la règle d'urbanisme est écrite en cohérence avec l'objectif de développement des installations solaires. S'agissant du cas français, on indiquera aussi comment le juge administratif interprète la réglementation afin d'opérer une conciliation des enjeux en concurrence.

A. L'incitation à la production d'énergie solaire par le droit de l'urbanisme français

Le législateur français a cherché à mettre à l'écart des règles d'urbanisme gênant le développement des installations solaires tout en invitant les planificateurs locaux à créer des servitudes d'urbanisme favorables au développement des projets.

a) La mise à l'écart des servitudes d'urbanisme gênantes

On ne peut manquer de citer l'article L. 111-16 du *Code de l'urbanisme*. Il a été établi par l'article 12 de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 après le constat des difficultés de la réglementation d'urbanisme à favoriser la production des énergies renouvelables. Il fait partie du règlement national d'urbanisme. Sa vocation est d'écarter les règles d'urbanisme freinant le développement des énergies renouvelables :

(...) le permis de construire ou d'aménager (...) ne peut s'opposer à l'utilisation (...) de matériaux ou procédés de construction permettant d'éviter l'émission de gaz à effet de serre (...) ou la production d'énergie renouvelable correspondant aux besoins de la consommation domestique des occupants de l'immeuble ou de la partie d'immeuble

concernés. Le permis de construire (...) peut néanmoins comporter des prescriptions destinées à assurer la bonne intégration architecturale du projet dans le bâti existant et dans le milieu environnant.

Cet article est d'application générale sauf en certains secteurs dont le patrimoine doit être absolument protégé (C. urb. art. L. 111-17, R111-24). Néanmoins, dans ces secteurs protégés toute règle nouvelle qui interdit ou limite l'installation des dispositifs produisant de l'énergie « propre » doit faire l'objet d'une motivation particulière (C. urb. art. L. 111-18).

b) Rôle nouveau de la planification d'urbanisme

Longtemps sous-estimé, le rôle des planifications d'urbanisme commence à émerger comme cadre de la transition énergétique et comme facilitateur des projets. Les planifications d'urbanisme sont contraignantes en droit du fait qu'elles génèrent des servitudes administratives. En cela, elles sont plus opérationnelles que d'autres planifications stratégiques destinées à développer les énergies renouvelables et que l'on trouve dans le *Code de l'environnement* ou le *Code de l'énergie*⁵.

Les dispositions que prévoit le *Code de l'urbanisme* restent toutefois à l'état théorique et sans effet si les collectivités compétentes (communes, intercommunalités) ne font pas le choix de les édicter. L'article L.101-2 précise ainsi que l'action des collectivités publiques vise notamment à « la lutte contre le changement climatique et l'adaptation à ce changement, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'économie des ressources fossiles, la maîtrise de l'énergie et la production énergétique à partir de sources renouvelables ».

On ne s'attardera pas sur les Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT), dont le rôle moteur est relatif s'agissant de stimuler les installations solaires. On mentionnera simplement que l'article L.

5. Par exemple, le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE), élaboré par le préfet de région et le président du conseil régional, définit des objectifs et des orientations aux horizons 2020 et 2050 en termes de développement des énergies renouvelables (v. C. env. art. L. 222-1). Les Schémas Régionaux de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables (S3REnR) définissent les ouvrages à créer pour permettre le raccordement de la production d'énergie renouvelable fixée par le SRCAE. Ils sont établis par le gestionnaire du réseau public de transport (RTE) et soumis à l'approbation du préfet de région (v. C. énergie art. L. 321-7). Les Plans Climat Énergie Territoriaux (PCAET) définissent des actions à engager par les collectivités locales et les acteurs socio-économiques (moyens et projets pilotes, publics concernés, partenariats...; v. C. env. art. L. 229-26).

141-22 du *Code de l'urbanisme* dispose que le Document d'Orientation et d'Objectifs (DOO) du SCOT, pièce opposable aux PLU par le truchement du rapport de compatibilité, peut définir des secteurs dans lesquels l'ouverture de nouvelles zones à l'urbanisation est subordonnée à l'obligation pour les constructions, travaux, installations et aménagements de respecter des performances environnementales et énergétiques renforcées.

Le rôle volontariste de la planification urbaine apparaît en revanche nettement plus affirmé à la lecture des dispositions du *Code de l'urbanisme* relatives à l'écriture du plan local d'urbanisme (PLU). Son règlement, qui est contraignant en droit (les autorisations d'urbanisme devant être délivrée en conformité avec celui-ci), peut être écrit de manière à favoriser le développement des énergies renouvelables et des bâtiments sobres au plan énergétique. Par exemple, l'article L. 151-21 dispose que règlement du PLU peut définir des secteurs dans lesquels il impose aux constructions, travaux, installations et aménagements de respecter des performances énergétiques et environnementales renforcées qu'il définit. À ce titre, il peut imposer une production minimale d'énergie renouvelable.

Si à ce jour de nombreux PLU ne favorisent pas encore les installations solaires, c'est surtout parce que leur rédaction est ancienne ou maladroite et qu'elle n'a pas intégré cet enjeu. Par exemple, une étude a montré que certains règlements incohérents imposent, sans pour autant interdire les panneaux solaires, que les toits des immeubles soient couverts de tuiles ou que les installations solaires soient cachées par des végétaux pour limiter les effets sur le paysage... (Joye 2010, 177).

En revanche, les PLU de nouvelle génération développent une approche globale du développement des énergies renouvelables (Sablière, 2010). C'est ainsi que dans le PLUI de Brest, l'article 15 du règlement des zones urbaines et à urbaniser fait obligation d'intégrer les énergies renouvelables pour tout projet de construction neuve nécessitant une demande de permis de construire supérieur à 2000 mètres carrés de surface de plancher.

S'agissant des centrales ou fermes solaires en zones non urbanisées (agricoles ou naturelles), les PLU ont aussi pour objet de prévoir les lieux d'implantation des projets. Il a été jugé que la création par le PLU d'un sous-secteur solaire est régulière en zone

agricole seulement si le sous-secteur concerné porte une atteinte limitée à l'objectif de protection des terres agricoles. En proportion de la surface agricole utile totale de la commune, la superficie de ce sous-secteur doit demeurer faible (Cour d'Appel Administrative de Bordeaux, 04-04-2013, *Association pour la sauvegarde du patrimoine martiniquais*, n° 12BX00153 *Environnement*, 2013, n° 7, p. 31, comm. M. Sousse).

c) Bonus de constructibilité

Dans les zones urbaines (U) et à urbaniser (AU) du PLU, il est possible de dépasser les règles relatives au gabarit (de 30 % maximum hors secteurs protégés) pour les constructions faisant preuve d'exemplarité énergétique ou environnementale ou qui sont à énergie positive.

Cette majoration accordée à titre dérogatoire ne s'applique pas de plein droit. Il revient aux collectivités compétentes de décider de la rendre applicable et de l'encadrer dans le règlement de leur PLU (C. urb. L. 151-28, 3°, ce dépassement ne pouvant selon l'article L. 151-29 excéder 20 % dans un site patrimonial remarquable, sur un immeuble classé ou inscrit au titre des monuments historiques ou protégé au titre des abords des monuments historiques, dans un site inscrit ou classé, à l'intérieur du cœur d'un parc national).

Le législateur a prévu que dans le cas des majorations des droits à construire, le PLU peut être modifié par une procédure simplifiée sans passer par la procédure plus lourde de révision que prévoit par principe le *Code de l'urbanisme* (C. urb. art. L. 153-45 et L. 153-46).

La procédure de modification simplifiée ne peut toutefois pas être utilisée s'il s'agit d'autoriser des centrales solaires en zone naturelle dans laquelle s'appliquent des protections spéciales prévues par d'autres législations (c'est alors la procédure de révision de l'article L. 153-31 avec enquête publique qui s'impose, voir Tribunal Administratif Toulon, 02-07-2010, *Préfet du Var*, n° 0900421, *AJDA*, 2010, p. 1954, concl. Michael Revert).

d) Développer les études d'impact et les études de potentiel énergétique

Il est fait obligation pour tout Ouvrage de Production d'Électricité à partir de l'Énergie Solaire Installé sur le Sol (OPEESIS)

d'une puissance égale ou supérieure à 250 kWc (soit environ 1 000 m² de capteurs dans le nord de la France), peu importe le montant de l'investissement, d'établir une étude d'impact et de procéder à une enquête publique au sens du *Code de l'environnement*, les installations sur serres et ombrières d'une puissance égale ou supérieure à 250 kWc pouvant aussi faire l'objet d'une étude d'impact après examen au cas par cas (C. env. L. 122-2, R. 122-2 et son annexe pt. 30°).

L'étude d'impact est de nature à améliorer la qualité et donc la légalité du projet (voir par exemple Cour Administrative d'Appel de Bordeaux, 13-10-2015, *SASU PV Le Gour*, n° 14BX01130).

Par ailleurs, selon l'article L. 300-1 du *Code de l'urbanisme*, toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération.

e) Encadrer la délivrance des autorisations

Pour l'installation de panneaux sur des bâtiments existants, le principe est simple puisque les travaux ayant pour effet de modifier l'aspect extérieur d'un bâtiment existant doivent être précédés d'une déclaration préalable (C. urb. art. R. 421-17).

Pour les OPEESIS, aucune formalité n'est exigée au titre du code de l'urbanisme si la puissance crête est inférieure à trois kilowatts et la hauteur maximum au-dessus du sol ne dépasse pas 1,80 mètres (sachant toujours que 20 m² de capteurs correspondent environ à 5,8-8 kWc suivant si l'on est au nord ou au sud de la France) (C. urb. art. R. 421-2, c.)⁶.

La déclaration préalable est nécessaire pour les OPEESIS dont la puissance crête est inférieure à trois kilowatts et dont la hauteur maximum au-dessus du sol peut dépasser 1,80 mètres ainsi que ceux dont la puissance crête est supérieure ou égale à trois kilowatts et

6. Mais, les autorisations éventuelles au titre du *Code forestier* (défrichement) ou en application de la Loi sur l'eau restent applicables. Toutefois, dans les secteurs sauvegardés, les sites classés, les réserves naturelles, le cœur d'un parc national, les OPEESIS dont la puissance crête est inférieure à 3 kW doivent être précédés d'une déclaration préalable : C. urb. art. R. 421-11, b.

inférieure ou égale à 250 kilowatts quelle que soit leur hauteur (C. urb. art. R. 421-9, h.).

Au-delà de ces seuils, c'est le permis de construire qui s'impose.

Plus épineuse est la question de la pertinence de l'implantation des centrales solaires sur les terres agricoles ou naturelles. Le foncier y est certes disponible mais les projets portent atteintes à des terres dont le rôle est par ailleurs très important pour la collectivité (alimentation, biodiversité etc.).

D'un côté, un complément de revenu apporté par la production et la vente d'électricité peut asseoir ou aider la rentabilité d'une exploitation et donc sa pérennité. D'un autre, comme tout projet de construction, l'implantation accroît l'artificialisation des sols.

Dans un premier temps, le ministère français du développement durable avait proposé un principe d'incompatibilité tout en ouvrant la porte aux exceptions raisonnées (Rep. Min. à QE n° 02906, *JO Sénat*, 25 mars 2010, p. 751 et égal. Rep. Min. à QE n° 107779, *JOAN*, 5 juill. 2011, p. 7151).. Leur implantation était plutôt recommandée sur des terrains inutilisables pour l'habitat ou pour des usages économiques classiques (friches industrielles, abords d'infrastructures de transport...).

Mais, au fil des décisions pragmatiques et plus tolérantes du juge administratif, on s'aperçoit que c'est un principe inverse qui s'applique désormais, à savoir un principe de compatibilité relatif d'autant que le juge a admis le caractère « réversible » (car démontable) des projets (Par ex., Cour Administrative d'Appel Bordeaux, 13 oct. 2015, *précit.*). Cette tolérance n'est pas sans poser question et l'argument de la réversibilité est aussi louable que théorique : il pose problème si aucune obligation forte de démontage ne pèse sur le propriétaire ou le gestionnaire des biens.

L'instruction des demandes d'autorisation dépend étroitement de la manière dont l'écriture des PLU locaux encourage ou non les installations solaires. Elle dépend aussi de l'importance et de la nature des projets. En la matière, le contrôle du juge administratif est poussé et les refus d'autorisation doivent être soigneusement motivés (Tribunal Administratif Saint Denis de la Réunion, *Sté Aerowatt*, n° 0901171, *AJDA*, 2011, p. 696, concl. Isabelle Legrand).

Le juge vérifie que les autorisations d'urbanisme sont données

pour des constructions conformes aux exceptions que prévoit le *Code de l'urbanisme* pour les zones agricoles (Verdier Maillot, 2015). L'une des exceptions légales à l'inconstructibilité en zone agricole ou en zone naturelle ou forestière concerne les constructions et installations « nécessaires à l'exploitation agricole » (C. urb. art. R. 151-23 et R. 151-25). L'appréciation du caractère « nécessaire » du projet à l'exploitation agricole, au cœur des interprétations, est en partie subjective. Le juge s'attache à vérifier que toute nouvelle construction a bien pour objet de contribuer d'abord à l'activité agricole, avant la production d'électricité. Une construction qui a pour objet unique ou principal de produire de l'électricité ne rentre donc pas dans ce cadre. Sur les terres agricoles sont donc proscrits les « fausses » serres ou les « faux » hangars de stockage ou les hangars démesurés ou sans lien avec l'agriculture.

Il s'agit de rejeter les projets dont la vocation réelle, masquée par un apparent but agricole, serait l'accueil de panneaux solaires (Cour Administrative d'Appel Bordeaux, 02-04-2015, n° 13BX03485). Mais, on peut admettre les projets qui font « coup double » en assurant l'activité agricole tout en produisant de l'énergie renouvelable (Cour Administrative d'Appel Marseille, 03-04-2015, n° 13MA02539).

Le juge a admis que les panneaux solaires puissent être utiles à l'activité agricole (en abritant des cultures) tout en contribuant à la rentabilité de l'exploitation agricole (Cour Administrative d'Appel Bordeaux, 04-10-2012, *Ministre de l'écologie*, n° 11BX01853). Le fait que les panneaux solaires couplés à un projet agricole produisent une électricité qui n'assure pas uniquement l'autoconsommation de l'exploitation agricole (revendue à EDF et versée dans le réseau de distribution publique) n'est pas en soi un motif d'illégalité du projet. Le juge administratif a même accepté de manière surprenante que certaines installations puissent contribuer à la protection des milieux agricoles, de la biodiversité et de la ressource en eau.

Il a par exemple été jugé qu'un projet de ferme solaire qui prévoyait par ailleurs l'installation de trois cents ruches (apiculture) était ainsi de nature à permettre la continuation d'une activité agricole « douce ». Le projet a été jugé compatible avec la vocation agricole des parcelles en cause, l'espace nécessaire au projet étant considéré comme limité et l'activité agricole mentionnée au *Code de l'urbanisme* ne signifiant pas, en l'absence de précisions contraires dans le document d'urbanisme, le maintien des activités agricoles

préexistantes au projet ou l'obligation de transformer les parcelles concernées en zone d'élevage (Cour Administrative d'Appel Nantes, 23-10-2015, *Sté Photosol*, n° 14NT00587).

Dans une autre affaire, il a été jugé qu'un projet de ferme solaire situé dans le périmètre de protection rapproché de captages d'eau potable concourrait même à la protection de ces captages : le terrain d'assiette du projet faisait déjà partie d'un secteur laissé en jachère par la collectivité publique propriétaire afin de protéger la zone. Il était donc indisponible pour d'autres activités agricoles. L'étude d'impact versée au dossier prévoyait également d'importantes plantations de haies afin d'améliorer le niveau de biodiversité et ainsi la protection des abeilles et autres pollinisateurs. Il a été prévu l'enherbement du site et son entretien courant par pâturage ovin. Dans ces conditions, et compte tenu en particulier du caractère démontable des panneaux photovoltaïques et des mesures prises pour réduire les impacts de ce projet, l'implantation de panneaux photovoltaïques n'a pas été jugée de nature à porter atteinte à l'environnement naturel ni à affecter durablement la valeur agronomique du terrain du projet (Cour Administrative d'Appel Bordeaux, 13 oct. 2015, *précit.*).

Une autre exception à l'inconstructibilité en zone agricole ou naturelle ou forestière des PLU concerne les constructions et installations nécessaires à un équipement collectif dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière et qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages (C. urb. art. L. 151-11, ancien art. L. 123-1). Or, le juge administratif a qualifié « d'équipement collectif » les centrales solaires eu égard à leur importance et à leur destination, contribuant ainsi à la satisfaction d'un intérêt public (Cour Administrative d'Appel Nantes, 23-10-2015, *Sté Photosol*, n° 14NT00587)⁷. Le même raisonnement peut être peu ou prou tenu en présence d'un document de planification minimaliste comme la Carte Communale (C. urb. art. L. 161-4)⁸.

7. Dans une autre affaire, le juge a considéré le projet comme présentant « un caractère d'utilité publique ou d'intérêt marqué pour la collectivité au sens de l'article NC1 du plan d'urbanisme de la commune » (Cour Administrative d'Appel Bordeaux, 13-10-2015, *précit.*).

8. Mais légalité du refus par le préfet d'un permis de construire un hangar agricole équipé de panneaux solaires en zone naturelle d'une carte communale. Ces panneaux n'ont pas la qualité d'équipements collectifs : Cour Administrative d'Appel Bordeaux, n° 13BX01623 du 22-06-2015.

En revanche, le cadre juridique est plus corseté sur le littoral ou dans les zones de montagne. S'y appliquent des réglementations spécifiques.

Sur le littoral, les projets d'installations de fermes solaires sont considérés comme des extensions de l'urbanisation au sens de l'article L. 121-8 du *Code de l'urbanisme*. Ainsi, le projet étendant l'urbanisation doit être positionné par principe dans l'urbanisation existante ou en continuité de celle-ci (Tribunal Administratif Montpellier 24-02-2011, *Préfet de l'Hérault*, n° 1002299, (Sousse, 2011), Cour Administrative d'Appel Bordeaux, 04-04-2013, *Association pour la sauvegarde du patrimoine martiniquais*, n° 12BX00153) (Sousse, 2013).

Sur les espaces proches du rivage, l'extension de l'urbanisation devra être limitée et motivée ce qui ne facilite pas l'émergence des centrales (C. urb. art. L. 121-13). Enfin, il est impossible d'implanter une centrale sur les espaces remarquables du littoral ou encore dans la bande de cent mètres protégeant le rivage (C. urb. art. L. 121-16). Toutefois, la loi n° 2105-992 du 17 août 2015 a permis d'autoriser sur ces lieux naturels l'atterrage des canalisations et leur jonction lorsqu'elles sont nécessaires à l'exercice des missions du service public de l'énergie (C. urb. art. L. 121-25) (Sousse, 2016).

En zone de montagne, un parc solaire photovoltaïque sera également constitutif d'une opération d'urbanisation au sens de l'article L. 122-5 du *Code de l'urbanisme*. Par principe, il ne peut être installé en discontinuité de l'urbanisation existante.

Bien que le parc photovoltaïque soit assimilé à un équipement public au sens du *Code de l'urbanisme* et exploité par une société privée, son implantation n'est pas pour autant jugée incompatible avec le voisinage des zones habitées⁹. Elle ne peut donc faire l'objet de cette exception au principe de construction en continuité de l'urbanisation existante (exception de l'article L. 122-5 C. urb.)¹⁰.

9. TA Toulon, 01-12-2011, Ass. Défense de l'env. et du patrimoine forestier d'Ampus, C/ Commune d'Ampus, n° 0901233, AJDA, 2012, p. 1297, concl. Michael Revert; Conseil d'État 07-102015, SAS ECRCF, n° 380468. Egal, TA Marseille 02-04-2012 n° 0900689, AJDA, 2012, p. 1538 et concl. Philippe Grimaud. La solution est, en général, différente pour les parcs éoliens en montagne, considérés comme des équipements publics incompatibles avec le voisinage des zones habitées (Conseil d'État 16-06-2010, Leloustre, n° 311840, AJDA, 2010, p. 1892, note Isabelle Michallet).

10. Cependant, d'autres exceptions à l'urbanisation en continuité sont susceptibles d'être activées pour créer une ferme solaire en montagne mais elles sont strictement encadrées afin de préserver

En l'absence de toute planification et en dehors du littoral et des zones de montagne, tout projet de centrale solaire sera apprécié en application des dispositions du règlement national d'urbanisme (RNU).

Par principe, les constructions ne peuvent être autorisées que dans les parties urbanisées de la commune. La centrale solaire peut être autorisée sur les terres agricoles uniquement si l'on peut appliquer les exceptions à ce principe de constructibilité limitée. Parmi les exceptions qu'énonce l'article L. 111-4 du *Code de l'urbanisme*, on retrouve les constructions et installations nécessaires à l'exploitation agricole ou à des équipements collectifs. De plus, en dehors des parties urbanisées des communes, un projet peut être refusé s'il est de nature à favoriser une urbanisation dispersée incompatible avec la vocation des espaces naturels environnants ou à compromettre les activités agricoles ou forestières (C. urb. art. R. 111-14).

L'article R. 111-2 du *Code de l'urbanisme* permettra en outre de refuser un projet s'il est de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publiques. Il peut être utilisé en cas de risque d'incendie surtout si l'installation solaire est installée à proximité ou sur des bâtiments agricoles.

Il en va aussi de l'article R. 111-27 qui permet de refuser des constructions qui sont de nature à porter atteinte au caractère ou à l'intérêt des lieux avoisinants, aux sites, aux paysages naturels ou urbains ainsi qu'à la conservation des perspectives monumentales (ces deux derniers articles du RNU sont également applicables en présence d'un PLU)¹¹.

Pour la délivrance des autorisations, une distinction est opérée pour connaître l'autorité compétente.

Le préfet (c'est-à-dire l'État) est compétent pour délivrer les autorisations pour les ouvrages de production, de transport, de distribution et de stockage d'énergie lorsque cette énergie n'est pas destinée principalement à une utilisation directe par le demandeur (C.

les terres agricoles ou la nature. Ex. C. urb. art. L. 122-11 (illustration : Conseil État 07-02-2013, Min. écologie, n° 354681) ou C. urb. art. L. 122-7 (étude préalable réalisée pour justifier dans le PLU la construction en discontinuité : Rep. Min. à QE n° 49222, JOAN, 05-07-2016, p. 6332).

11. Un projet d'installation photovoltaïque sur maison peut être refusé s'il n'est pas en cohérence avec l'architecture et les paysages avoisinants. Mais le juge peut aussi estimer que la seule proximité de zones naturelles sensibles ou protégées ne justifie pas un refus de permis de construire des serres agricoles (Cour Administrative d'Appel Marseille, 03-042015, Sarl Art Solar, n° 13MA02539).

urb., art. L. 422-2, R. 422-2). C'est le cas des centrales solaires en tant que systèmes industriels de production d'électricité.

En revanche, le législateur français a disposé que les installations solaires « accessoires » à des constructions, notamment les panneaux photovoltaïques sur toit ou façade, ne constituent pas des ouvrages de production d'énergie relevant de la compétence du préfet (C. urb. art. R. 422-2-1 et Cour Administrative d'Appel de Bordeaux 25-04-2013, *Min. égalité des territoires* n° 11BX03399, AJDA, 2013, comm. n° 84 par Xavier Couton). Il a été jugé que le permis de construire une maison comprenant une toiture-terrasse équipée de panneaux photovoltaïques peut être délivré par le maire (si la commune est couverte par un document d'urbanisme) même si l'électricité produite est destinée à être vendue, car la destination de l'immeuble reste celle d'une construction à usage d'habitation individuelle et non à usage industriel (Cour Administrative d'Appel Marseille, 12-06-2015 n° 13MA03118).

f) Régime de faveur pour la prorogation des délais de validité des autorisations

Le droit commun des autorisations permet de proroger le délai de validité d'une autorisation d'urbanisme deux fois pour une durée d'un an si les prescriptions d'urbanisme et les servitudes administratives de tous ordres auxquelles est soumis le projet n'ont pas évolué de façon défavorable à son égard. Mais, pour les ouvrages de production d'énergie renouvelables, la demande de prorogation peut être présentée tous les ans dans la limite de dix ans à compter de la délivrance de l'autorisation (C. urb. art. R. 424-21).

g) Les sanctions

Le défaut d'autorisation d'urbanisme est sanctionné par des peines d'amende comprises entre 1 200 euros et un montant qui ne peut excéder, soit, dans le cas de construction d'une surface de plancher, une somme égale à 6 000 euros par mètre carré de surface construite, démolie ou rendue inutilisable, soit, dans les autres cas, un montant de 300 000 euros (C. urb. art. L. 480-1 et s.). En cas de récidive, outre la peine d'amende, un emprisonnement de six mois pourra être prononcé. L'absence d'étude d'impact est également sanctionnée par le juge administratif. Outre la suspension

systematique d'une autorisation de travaux de construction, d'installations ou d'ouvrages en l'absence d'étude d'impact par le juge des référés, l'absence d'étude d'impact constitue un vice de légalité externe conduisant à l'annulation de la décision administrative (C. env. art. L. 122-2).

En revanche, les inexactitudes, omissions ou insuffisances d'une étude d'impact ne sont susceptibles de vicier la procédure, et donc d'entraîner l'illégalité de la décision prise au vu de cette étude, que si elles ont pu avoir pour effet de nuire à l'information complète de la population ou si elles ont été de nature à exercer une influence sur la décision de l'autorité administrative (Conseil État, 14-10-2011, *Sté OCREAL*, n° 323257).

B. L'encadrement juridique de la production d'énergie solaire au Sénégal

Il faut rappeler que la loi d'orientation du 20 décembre 2010 vise de façon générale à promouvoir toutes les énergies renouvelables. Du point de vue technique ou procédural, le droit de l'urbanisme ou le droit de l'environnement sénégalais ne contiennent pas de dispositions spécifiques à l'énergie solaire (1). Néanmoins, la liberté de produire de l'énergie renouvelable est encadrée par l'exigence d'un contrôle technique (2). Des sanctions sont également prévues en cas de non-respect des dispositions prévues en matière d'utilisation d'énergies renouvelables (3).

a) *Les outils du droit de l'urbanisme et du droit de l'environnement sénégalais*

La réglementation d'urbanisme du Sénégal est basée comme en France sur l'édition de servitudes administratives et le contrôle préalable des travaux. Les outils de planification du *Code de l'urbanisme* sénégalais sont cependant, à ce jour, plutôt théoriques du fait d'un manque de moyens pour les mettre en œuvre. Par ailleurs, la jurisprudence n'est pas abondante comme en France.

Toutefois, un processus progressif d'affirmation des collectivités locales a été amorcé par la dévolution de certaines compétences de l'État en matière de planification d'urbanisme et de délivrance des autorisations¹². Actuellement la loi n° 2008-43 du 20 août 2008

portant sur le *Code de l'urbanisme* prévoit l'approbation des schémas directeurs d'aménagement et d'urbanisme (SDAU) par la région, l'élaboration des plans directeurs d'urbanisme (PDU) ou les plans d'urbanisme de détail (PUD) par la commune ou la communauté rurale. Mais, le *Code de l'urbanisme sénégalais*, à la différence du *Code de l'urbanisme français*, ne comporte guère de dispositions dédiées au développement des énergies renouvelables.

Comme en France jusqu'à une période récente, les planifications poursuivent en réalité d'autres buts d'intérêt général (sécurité, salubrité, circulation etc.). Toutefois, si aucune disposition ne promeut expressément le développement des installations solaires, aucune ne les dissuade non plus. C'est du contenu des schémas et plans que dépendra l'incitation à l'implantation des installations solaires, les collectivités compétentes disposant en la matière d'une grande latitude pour écrire le droit applicable.

L'incitation à développer les installations solaires peut donc résulter de nombreuses dispositions des schémas et plans directeurs à vocation d'orientation ou des plans d'urbanisme de détail plus précis. Tous ces plans sont élaborés pour une période de vingt ans ce qui en fait des documents assez figés même s'ils peuvent faire l'objet d'une procédure de révision (art. 6 à 9, R. 37 à R. 57, R. 75 du *Code de l'urbanisme*). De manière générale, les documents graphiques des planifications font apparaître la répartition et l'organisation du sol en zones suivant leur affectation, le tracé des voies, les zones préférentielles d'extension, les principaux sites urbains ou naturels à protéger, les zones de protection spéciales visées par le *Code de l'environnement*, les schémas directeurs des réseaux divers, etc. Le règlement des plans ou schémas fixe quant à lui les règles et servitudes relatives à l'utilisation du sol.

Les articles 68 et 195 du *Code de l'urbanisme* disposent que :

Nul ne peut entreprendre, sans autorisation administrative, une construction de quelque nature que ce soit ou apporter des modifications à des constructions existantes sur le territoire des communes, ainsi que dans les agglomérations désignées par arrêté du Ministre chargé de l'urbanisme.

12. L'Acte III de la décentralisation engagé depuis 2013 afin d'organiser le Sénégal en territoires viables, compétitifs et porteurs de développement durable à l'horizon 2022, propose une « communalisation intégrale ». Le Conseil rural n'existe plus même si certains textes en font mention. La région est appelée à disparaître aussi.

Les installations solaires entrent donc *a priori* dans le champ ordinaire des autorisations de construire si on les assimile à des « constructions de quelque nature que ce soit », puisqu'elles ne semblent pas entrer dans la liste des exemptions que fixe l'article R. 215 du *Code de l'urbanisme*.

Il conviendrait peut-être, comme en France, de qualifier davantage la nature des installations solaires pour lever toute ambiguïté. Selon l'article 71 du *Code de l'urbanisme*, l'instruction de l'autorisation de construire est faite sur la base des règles et servitudes fixées par les plans d'urbanisme applicables (prospect, coefficient d'occupation du sol, hauteur, localisation, nature, volume, aspect architectural et intégration dans l'environnement). Les travaux doivent être compatibles avec le plan d'urbanisme (C. urb. art. R. 68)¹³.

L'instruction se fait aussi au regard des normes en vigueur en matière d'espaces verts, de parkings, d'équipements collectifs privés ou publics, mais aussi en appliquant les dispositions législatives et réglementaires en matière de sécurité, de santé, d'hygiène et d'environnement. Ces dernières dispositions sont les plus efficaces en pratique pour pallier le manque de planifications, d'autant que les autorisations ne peuvent être accordées que si les constructions sont conformes à ces dispositions (C. urb. art. R. 209).

Par exemple, l'article 212 du *Code de l'urbanisme* sénégalais, à la manière du Règlement National d'Urbanisme français, dispose qu'une autorisation doit être refusée si la construction est de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique ou au caractère ou à l'intérêt des lieux avoisinants, aux sites, aux paysages naturels ou urbains ainsi qu'à la conservation des perspectives monumentales ou à caractère historique d'un quartier.

L'autorisation de construire est délivrée par le maire ou le président du Conseil rural dans le cadre de leur ressort territorial, après instruction par les services du ministère chargé de l'urbanisme. L'autorisation devient exécutoire après approbation par approbation du représentant de l'État (C. urb., art. 70 et art. R. 197)¹⁴. Mais, pour

13. Toutefois, les lotissements et les plans directeurs d'assainissement, d'adduction d'eau, d'électrification et des télécommunications doivent être conformes avec les dispositions des plans d'urbanisme : C. urb. art. R. 67, R. 72.

14. D'autres autorisations sont parfois nécessaires au titre de législations parallèles : par ex. art. L. 4 C. constr. : « Nul ne peut élever une habitation, restaurer ou augmenter un bâtiment existant ou

les services publics et les concessionnaires de services publics de l'État, l'autorisation est accordée par le ministre chargé de l'urbanisme, les maires concernés étant informés (C. urb., art. R. 195). Il en va de même pour la délivrance des autorisations de lotir (C. urb., art. R. 148).

Le *Code de l'environnement* sénégalais adopté en 2001 impose de son côté des études d'impact (C. env. art. L. 48 à L. 54). Est concerné tout projet de développement ou activité susceptible de porter atteinte à l'environnement.

L'étude d'impact sur l'environnement comporte au minimum une analyse de l'état initial du site et de son environnement, une description du projet, l'étude des modifications que le projet est susceptible d'engendrer, et les mesures envisagées pour supprimer, réduire ou compenser les impacts négatifs de l'activité ainsi que le coût de celles-ci avant, pendant et après la réalisation du projet. Les différentes catégories d'activités et les ouvrages dont la réalisation ou l'exploitation nécessite une étude d'impact ont été définis par le décret n° 2001-282 du 12 avril 2001 portant partie réglementaire du *Code de l'environnement*.

Sont notamment concernées les installations classées pour la protection de l'environnement de première classe (art. R. 9) et les projets selon leur impact potentiel, leur nature, leur ampleur et leur localisation (art. R. 40). L'annexe 1 de l'article R. 40 liste les projets et programmes pour lesquels une étude d'impact sur l'environnement « approfondie » est obligatoire dont « les projets et programmes susceptibles de provoquer des modifications importantes dans l'exploitation des ressources renouvelables », « les ouvrages d'infrastructures », « les activités industrielles », « les projets entrepris dans des zones écologiquement très fragiles et les zones protégées » etc.

L'annexe 2 liste les projets et programmes qui nécessitent une analyse environnementale seulement « initiale » et concernent les travaux de « réhabilitation ou modification d'installations industrielles existantes de petite échelle » « lignes de transmission électrique », « énergies renouvelables (autres que les barrages hydroélectriques) »,

encore creuser un puits distant de moins de 100 mètres des nouveaux cimetières transférés hors des communes sans obtenir préalablement une autorisation délivrée par le Maire ou le Président du Conseil rural ».

« électrification rurale », « efficacité énergétique et conservation d'énergie ».

Les installations solaires sont donc concernées à divers titres.

b) Le contrôle technique

En vertu du *Code de la construction*, les installations produisant de l'énergie renouvelable de manière industrielle sont en principe soumises à un contrôle technique qui se cumule avec les vérifications menées au titre du *Code de l'urbanisme* (C. urb. art. R. 369 et s.).

Le contrôle technique est en effet obligatoire pour les constructions qui, en raison de leur nature ou de leur importance, présentent des risques particuliers pour la sécurité des personnes (C. constr. art. L. 27, R. 53). Lorsque le contrôle technique porte sur la faisabilité, la conception, l'exécution, la maintenance et l'état des ouvrages et fournitures dans le domaine de l'énergie, il ne peut être effectué que par des personnes physiques ou morales préalablement agréées pour l'exercice de cette activité (C. constr. art. L. 24, R. 46 et s.).

L'article R. 54 al. 1 du *Code de la construction* dispose que « le contrôle technique obligatoire porte sur la solidité des ouvrages de viabilité, de fondation, d'ossature, de clos et de couvert et des éléments d'équipement qui font indissociablement corps avec ces ouvrages, ainsi que sur les conditions de sécurité des personnes évoluant dans les constructions ».

Par ailleurs l'édification des bâtiments collectifs ou à usage collectif peut devoir répondre à des caractéristiques énergétiques prévues par des arrêtés pouvant inciter à la pose d'installations solaires (C. constr. art. L. 10.), dès lors que les caractéristiques énergétiques « peuvent être rendues applicables aux locaux existants qui font l'objet de travaux donnant lieu à autorisation ou déclaration préalable ou réalisés avec l'aide financière de l'État, d'une collectivité locale ou d'un organisme assurant une mission de service public » (C. constr. art. L. 9 et L. 10.).

c) Les sanctions prévues

Au Sénégal, les sanctions prévues à l'encontre des installations

irrégulières en matière d'utilisation d'énergies renouvelables sont des peines d'emprisonnement et d'amende.

C'est dans la loi d'orientation sur les énergies renouvelables qu'on trouve les principales sanctions. Ainsi, son article 18 indique que « sera puni d'un emprisonnement d'un à trois ans et d'une amende de 5 à 20 millions de francs CFA sans préjudice des autres sanctions légales en vigueur, tout dirigeant de droit ou de fait d'une entreprise qui, sans avoir obtenu au préalable la licence ou toute autre autorisation requise, aura exercé une activité de production et de commercialisation d'énergie renouvelable ».

Dans la même logique, il est établi que « sera puni des mêmes peines tout dirigeant de droit ou de fait d'une entreprise qui aura violé des dispositions de la licence, s'imposant à elle en vertu de la présente loi et des dispositions législatives et réglementaires en vigueur ».

Par ailleurs, et à la différence du droit français, l'article L. 94 du *Code de l'environnement* puni d'une amende de 2 à 5 millions de francs CFA (3 à 7 500 euros) et d'une peine de six mois à deux ans de prison ou de l'une de ces deux peines, toute personne ayant réalisé un projet sans recourir à une étude d'impact préalable lorsqu'elle est exigée des textes, ou réalisé un projet non conforme aux critères, normes et mesures énoncés dans l'étude d'impact.

Le non respect des règles d'urbanisme est aussi sanctionné. Les infractions sont prévues par les articles 80 à 87 du *Code de l'urbanisme*. Notamment, le fait d'entreprendre, réaliser ou modifier des constructions ou installations sans autorisation administrative ou en violation des dispositions législatives ou réglementaires en vigueur, est punie d'une amende de 100 000 francs CFA à 10 millions de francs CFA.

Enfin, dans tous les cas où le contrôle technique est obligatoire, tout manquement entraîne une sanction. Selon l'article L. 148 al. 1 du *Code de la construction*, l'exécution de travaux ou l'utilisation du sol en méconnaissance des obligations imposées notamment par l'article L 9, par les règlements pris pour leur application ou par les autorisations délivrées en conformité avec leurs dispositions, est punie d'une amende de 1 à 2 millions de francs CFA¹⁵.

L'art. R. 199 al. 1 du même code précise que « sera puni d'une

15. En cas de récidive, la peine d'amende sera portée à 3 millions de francs et un emprisonnement d'un an pourra en outre être prononcé (C. constr. art. L. 148 al. 2).

amende de 500 000 francs CFA à 1 million de francs CFA et d'une peine de un à deux mois d'emprisonnement le maître de l'ouvrage ou son mandataire qui aura entrepris ou poursuivi des travaux sans avoir fait procéder au contrôle technique dans le cas où celui-ci est obligatoire ».

En cas de récidive, la peine d'amende sera portée à deux millions de francs CFA et l'emprisonnement à deux mois (al. 2). Le contrôle technique peut aboutir à des sanctions en cas de non-respect des exigences prévues par la réglementation en vigueur. Précisément, l'article L. 144 du *Code de la construction* prévoit que les infractions aux dispositions de certains articles énumérés (dont l'art. L. 9 portant sur les caractéristiques énergétiques du bâtiment) sont constatées par tous officiers ou agents de police judiciaire ainsi que par tous les fonctionnaires et agents de l'État et des collectivités locales assermentés et commissionnés à cet effet par le Ministre chargé de la Construction. Les procès-verbaux dressés par ces agents sont transmis sans délai au Ministère Public.

Conclusions : quelques perspectives croisées sur les énergies renouvelables

Que ce soit en termes de capacité installée ou d'investissement, la croissance des différentes sources d'énergies renouvelables est désormais constante dans le monde. Plusieurs technologies de production sont devenues concurrentielles sur le plan des coûts, à l'instar du solaire. À l'avenir, l'offre mondiale d'énergie devrait s'appuyer en grande partie sur ces technologies.

Plus de la moitié des scénarios du GIEC prévoient que les énergies renouvelables devraient contribuer pour plus de 17 % de l'approvisionnement en énergie primaire en 2030 et pour plus de 27 % en 2050. Les scénarios les plus optimistes font état de 43 % en 2030 et de 77 % en 2050, le potentiel technique de l'énergie solaire étant le plus élevé parmi les sources d'énergies renouvelables (Edenhofer, *Intergovernmental Panel on Climate Change et Working Group III*, 2011).

Mais cette tendance doit être confortée par des politiques publiques adaptées, et en ce sens il apparaît « impératif de réorienter le système énergétique sur un modèle plus décentralisé (...). Il faudra adopter une conception des marchés de l'énergie axée sur la souplesse

pour faire face aux changements attendus du système » (Lins et Chawla, 2013, 39-40).

Dans le cadre de la mise en oeuvre de sa politique, la France ne connaît pas les mêmes difficultés que le Sénégal. Pays riche, il est surprenant de constater que l'un des freins au développement rapide des énergies renouvelables est la longueur du temps d'attente des porteurs de projets pour pouvoir raccorder leur installation au réseau général (voir le décret n° 2016-399 du 1^{er} avril 2016 qui tente de rationaliser le délai de raccordement des installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable, *JORF* du 3 avril 2016). La puissance des projets en attente est stable, avec 2141 MW comptabilisés fin juin 2016 pour 21634 installations (Commissariat Général au Développement Durable, 2016).

Au Sénégal, le cadre juridique et institutionnel reste perfectible malgré les réformes. Les incitations financières ou fiscales, qui peuvent apparaître insuffisantes au regard du niveau de vie de la population, sont par ailleurs critiquées par le FMI en ce qu'elles dégraderaient les finances publiques (critiques que subit aussi la France avec la commission européenne).

Un autre problème est le transport de l'électricité issue des centrales solaires, dès lors que sont privilégiés des projets de grande dimension et non une décentralisation des petites unités de production.

En outre, les projets sont encore souvent tributaires d'actions humanitaires ou de l'implication d'investisseurs privés étrangers *via* les PPP (Partenariats Public Privé). Cette dépendance altère l'autonomie de la stratégie de promotion de l'ensemble des filières propres, même si en misant sur une amélioration du rendement du photovoltaïque les énergies renouvelables devraient à l'avenir occuper une place prépondérante en Afrique (Trawaré, 2009).

Comme la France, le Sénégal cherche la voie de passage vers un nouveau modèle énergétique plus durable et plus juste.

La disponibilité d'un potentiel naturel en énergies renouvelables prédispose la zone à s'inscrire dans une autre trajectoire énergétique basée sur un mix énergétique différent, sur la sobriété et l'efficacité en vue de contribuer à la restauration des différents équilibres sociaux, économiques et écologiques. Cependant, leur exploitation à large échelle ne pourra se faire sans une volonté politique réelle et sans un

élan international de solidarité pour répondre aux préoccupations de développement adaptées au contexte spécifique de la lutte contre la pauvreté (Sarr, 2013, 45).

On le voit, s'affranchir de la dépendance aux énergies fossiles suppose de surmonter différents obstacles qui freinent le développement massif et rapide des installations solaires. La réglementation d'urbanisme est ainsi un facteur de réussite important parmi d'autres.

Références

- Association Hespul – Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. s. d. « Photovoltaïque.info ». [En ligne] <http://www.photovoltaïque.info>
- Bailleul, David, éd., 2010. *L'énergie solaire. Aspects juridiques*. Chambéry : Université de Savoie Lextenso éditions.
- Caille, Frédéric, 2016. « L'Afrique solaire | L'énergie solaire et le continent africain du XIX^e siècle à nos jours. Projets – Expérimentations – Imaginaires ». [En ligne] <https://afrisol.hypotheses.org>
- Centrales villageoises, 2016. « Centrales Villageoises Photovoltaïques ». [En ligne] <http://www.centralesvillageoises.fr>
- Commissariat Général au Développement Durable, Service de l'observation et des statistiques, 2016. *Tableau de bord : solaire photovoltaïque deuxième trimestre 2016*. Datalab.
- Diop, Cheikh Anta, 1960. *Les Fondements économiques et culturels d'un état fédéral d'Afrique noire*. Paris : Présence africaine.
- Edenhofer, Ottmar, *Intergovernmental Panel on Climate Change et Working Group III*, 2011. *Rapport spécial sur les sources d'énergie renouvelable et l'atténuation du changement climatique*. Genève : GIEC.
- Fontaine, Cécile, 2016. « Les nouveaux outils de la politique énergétique locale ». *Les Cahiers juridiques des collectivités territoriales*, no° 194 (septembre) : pp.30-32.
- Galan, Pierre, 2010. « Les installations photovoltaïques et le droit de l'urbanisme ». *AJDA*, 2147.
- Hégo Devéza-Barrau, Alexandre,, 2011. *Droit et intégration des énergies renouvelables : les règles juridiques relatives au développement*

- et à l'utilisation des énergies renouvelables dans le bâtiment. Paris : Harmattan.
- Joye, Jean-François, 2010. « L'énergie solaire dans l'espace urbain ». In *L'énergie solaire. Aspects juridiques*, 173-210. Université de Savoie Lextenso éditions.
- Joye, Jean-François et Alexandre Guigue, 2010. « La promotion de l'énergie solaire au plan national ». In *L'énergie solaire. Aspects juridiques*, 61-128. Chambéry : Université de Savoie Lextenso éditions.
- Le Baut-Ferrarèse, Bernadette, et Isabelle Michallet, 2012. *Traité de droit des énergies renouvelables*. Paris : Éditions Le Moniteur.
- Lins, Christine, et Kavika Chawla, 2013. « Énergie renouvelable : enjeux et perspectives de développement ». *Liaison Énergie-Francophonie*, no 93: 34-40.
- Maillard, Matteo, 2016. « Senergy 2, la plus grande centrale solaire d'Afrique de l'Ouest, inaugurée au Sénégal ». *Le Monde.fr*, octobre 25. [En ligne]
http://www.lemonde.fr/afrique/article/2016/10/25/senergy-2-la-plus-grande-centrale-solaire-d-afrique-de-l-ouest-inauguree-au-senegal_5020110_3212.html
- Ministère de l'énergie, des mines et de l'industrie (MEMI/DE), 1994. *Statistiques énergétiques : énergies renouvelables*.
- Niang, Gora, 2012. « Études de cas de cadre réglementaires des EnR, présentation de l'exemple du Sénégal ». présenté à Atelier de formation régional du CEREEC (Centre pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest) 2012, Praia, Cap Vert, avril 9. [En ligne]
http://www.ecreee.org/sites/default/files/event-att/5._ii_etudes_de_cas_de_cadre_reglementaire_des_enr.pdf
- Rayon Vert, 2017. « Conseils pratique. Prévoir le solaire dans la construction ». [En ligne] <http://www.rayon-vert.pro/Conseils-pratiques-5.html>.
- RTE-France, 2017. « Blan électrique 2016 (Synthèse presse) ». [En ligne]
http://www.rte-france.com/sites/default/files/2016_bilan_electrique_synthese.pdf
- Sablière, Pierre, 2010. « Les énergies renouvelables et les plans locaux d'urbanisme ». *AJCT*, 13.

- Sarr, Sécou, 2013. « L'Afrique de l'Ouest face aux enjeux de la transition énergétique ». *Liaison Énergie-Francophonie*, no 93 : 41-45.
- Sousse, Marcel, 2011. « Implantation de centrales solaires photovoltaïques et extension en continuité de l'urbanisation ». *Environnement et développement durable*, no 7 : n° 90.
- , 2013. « L'implantation de champs de panneaux photovoltaïques à proximité du rivage constitue-t-elle une extension de l'urbanisation en continuité au sens du I de l'article L. 146-4 du Code de l'urbanisme ? » *Environnement et développement durable*, no 7 (juillet) : 31.
- , 2016. « L'implantation de champs de panneaux photovoltaïques dans les communes littorales ». *AJDA*, no 9 : 469-78.
- Sow, Mamadou Saliou, 2013. « Maîtriser la production photovoltaïque en Afrique: exemple de la société SPEC de production de kits solaires ». *Liaison Énergie-Francophonie*, no 93 (trimestre) : 47-48. [En ligne]
https://www.ifdd.francophonie.org/media/docs/publications/542_LEF93_web.pdf.
- Thiam, Baba Alou, 2016. « La contribution du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) à la mise en œuvre des mécanismes juridiques et institutionnels pour la protection de l'environnement au Sénégal ». *Droit public*, Dakar : Université Cheikh Anta Diop.
- Trawaré, Ismaïla, 2009. « La SENELEC face aux énergies renouvelables ». *Vie*, no 14 Dossier Énergies renouvelables pour l'électrification rurale/ASER (décembre) : 44-45.
- Verdier Maillot, Armelle, 2015. « Le contentieux des permis de construire de « serres agricoles photovoltaïques ». *AJDA*, 740.

Unités de production électrique et propriétés privées : aperçu des questionnements juridiques en droit privé français

JEAN-FRANÇOIS DREUILLE

La politique énergétique de la France encourageait initialement la production d'électricité d'origine photovoltaïque sur des terrains privés et pour des productions limitées. Les particuliers, mais également les entreprises, procédèrent donc à l'installation de panneaux solaires, le plus souvent en toiture, intégrés au bâti, largement encouragés, en cela, par le prix de rachat de l'électricité, plus avantageux. Dès lors, dans un premier temps, les grandes exploitations au sol restèrent assez limitées. On l'aura compris, la France n'a clairement pas fait le choix des très grandes centrales, telles que celles installées, par exemple, en Espagne, notamment, pour limiter les risques de spéculations foncières.

La promotion de la production d'électricité d'origine solaire a été encouragée par de multiples incitations fiscales (taux réduits de

TVA, crédits d'impôt sur le revenu, exonérations, amortissements, réductions et dégrèvements) (Joye et Guigue 2010). Cette incitation, très forte dans un premier temps, a contribué à créer de véritables niches fiscales très couteuses pour l'État. La réaction ne s'est pas fait attendre : à partir de 2010, le législateur a réduit le crédit d'impôt et il l'a supprimé dans la loi de finance de 2014¹. L'effet est immédiat pour les particuliers et l'équation est très simple : moins d'incitations fiscales et de crédits d'impôts, moins de raccordements, ce qui tend à relativiser la fibre écologique des citoyens français.

Depuis le quatrième trimestre 2015, le nombre de raccordements a diminué et ce sont les grands projets qui prennent le relais (Commissariat Général au Développement Durable 2016). Cette tendance s'est confirmée en 2016 : plus de 50 % de la puissance raccordée en 2016 provient d'une puissance supérieure à 250 kW, alors que la puissance moyenne des installations est de 18 kW. À titre d'exemple symbolique de cette orientation nouvelle, la plus puissante centrale photovoltaïque d'Europe a été inaugurée, au cours de la COP 21, près de Cestas en Gironde. D'une puissance de 300 MW, cette centrale pourrait satisfaire aux besoins électriques d'une ville de 300 000 habitants². De plus si l'on s'intéresse aux projets solaires photovoltaïques en cours d'instruction et encore non raccordés, au 31 décembre 2016, on constate que plus de 73 % de la puissance des nouvelles installations sera issue d'installations supérieures à 250 kW³.

Pour autant, beaucoup de particuliers ont installé des panneaux solaires et continuent à le faire, notamment en toiture. Observons, pour l'année 2016, les chiffres de répartition des installations solaires photovoltaïques par tranche de puissance : 74,36 % des installations ont une puissance inférieure ou égale à 3 kW. Cette proportion monte à 90,75 % si on inclut les installations entre 3 et 9 kW selon les chiffres de 2016, non définitifs à ce jour (Commissariat Général au Développement Durable, s. d.). C'est dire que la grande majorité des

1. Toutefois, le crédit d'impôt reste en vigueur pour les panneaux solaires thermiques.
2. L'intérêt de ces centrales au sol est le coût de revient de la production : profitant de la baisse des panneaux solaires et pouvant jouer sur le nombre, le coût est moindre qu'en toiture, par exemple. Paradoxalement, cela ne va pas sans poser d'autres problèmes d'ordre écologique : la société Neoen (déjà exploitant de la centrale de Cestas, notamment) est confrontée à l'annulation du permis de construire d'une centrale solaire à Larçay, au sud de Tours, à la demande de deux associations environnementales (Tribunal Administratif Orléans, 27 janvier 2017).
3. Au cours de l'année 2016, la production d'électricité de la filière solaire photovoltaïque s'élève à 7,7 TWh, en hausse de 14 % par rapport à 2015. Elle couvre 1,6 % de la consommation électrique française.

installations sont de petites installations exploitées principalement par des particuliers (347 046 installations de cette nature), d'où l'intérêt de se pencher sur les questionnements juridiques soulevés par l'implantation d'une unité de production électrique sur une propriété privée.

Ces problématiques ont été abordées, dans le détail, dans l'ouvrage collectif rédigé sous la direction du professeur David Bailleul (Bailleul 2010). En s'appuyant sur cet ouvrage et avec l'accord des auteurs concernés (Quezel-Ambrunaz et Lebourg 2010) (Claret et Dreuille 2010), cette contribution a pour objet de présenter, dans les grandes lignes, les notions juridiques de droit privé que l'on peut mobiliser pour sécuriser juridiquement les installations et la production d'électricité par des personnes privées.

La principale difficulté consiste à opérer des processus de qualification juridique afin de déterminer le régime juridique applicable. D'emblée, on peut donc affirmer que le thème de l'énergie solaire ne présente, pour le juriste, aucun particularisme d'ordre méthodologique. Les qualifications juridiques soulevées n'en sont pas moins complexes et certaines ne sont pas définitivement tranchées (Partie I). Un constat similaire peut être dressé lorsque l'on se penche sur les contrats les plus fréquemment mobilisés pour l'implantation de panneaux solaires sur une propriété privée (Partie II).

Énergie solaire et qualifications juridiques

Les panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques, en captant le rayonnement solaire, produisent de l'énergie. Juridiquement, ce processus soulève deux enjeux : il s'agit, avant tout, de tenter de trancher la qualification juridique du rayonnement solaire (A), puis de proposer les qualifications juridiques les plus adaptées en ce qui concerne l'implantation des panneaux solaires (B).

A. Rayonnement solaire et qualification

L'intérêt n'est pas purement théorique : le régime juridique du rayonnement solaire va dépendre de cette qualification. Dès lors, il convient impérativement de trancher cette première difficulté : le rayonnement solaire relève-t-il en droit français de « la chose commune » ou du « bien » ?

La réponse à cette question implique d'appréhender, en se référant aux débats doctrinaux classiques, les différences entre « la chose » et « le bien » juridiques.

Pour certains auteurs, la « chose » peut devenir un « bien » si elle peut être appropriée; pour d'autres, la « chose » peut devenir un « bien » si elle fait l'objet effectivement d'une appropriation.

Pour autant, au terme de ces deux raisonnements, l'appropriation apparaît décisive dans la qualification. Or, c'est très difficilement concevable s'agissant du rayonnement solaire : on peut utiliser le rayonnement solaire, mais on ne peut pas se l'approprier, pour la bonne et simple raison qu'il n'est pas envisageable de se conduire à son égard en propriétaire.

Ainsi, personne n'a la faculté de détruire le rayonnement solaire : l'*abusus* fait donc défaut. La qualification de « bien » juridique doit être écartée et il convient donc de privilégier la « chose », ce qui soulève immédiatement une autre interrogation : une « chose », certes, mais quelle « chose »?

Il ne s'agit pas d'une « chose » abandonnée, elle n'a jamais appartenu à quelqu'un. La qualification *res derelictae* doit donc être écartée.

Il ne s'agit pas davantage d'une *res nullius*, qui sont des choses appropriables selon l'article 713 du *Code Civil*. Il s'agit donc plus certainement d'une *res communis*, relevant de l'usage commun, au même titre que l'air.

Pour autant, le processus de qualification n'est pas achevé : il convient de tendre vers un « bien appropriable », en passant d'une « chose commune » à une « chose appropriée » et enfin, en quelque sorte, pour finaliser le processus, de passer d'une « chose appropriée » à un « bien » juridique, un « bien » susceptible d'entrer dans le commerce. Or, ce cheminement juridique se fait en deux temps.

Dans un premier temps, le panneau solaire, qu'il soit thermique ou photovoltaïque, est fondamental dans ce processus : il va transformer le rayonnement solaire en énergie thermique ou électrique. Or, c'est le propriétaire du panneau solaire qui va bénéficier de la propriété de cette énergie, par un droit d'accession, en application des articles 547 et suivants du Code civil.

Dès lors, le schéma semble très simple : le propriétaire du

panneau solaire devient, par la règle de l'accession, le propriétaire de l'énergie produite.

Pour autant, les facteurs de complexification juridique sont très nombreux. Sans déflorer la seconde partie de la contribution, il est important de préciser, à ce stade, que le propriétaire de l'immeuble n'est pas nécessairement l'exploitant.

En effet, un tiers, le plus souvent une société, peut disposer d'une partie de l'immeuble pour y implanter une centrale solaire afin de l'exploiter. Il peut encore s'agir d'un usufruitier, ou du propriétaire d'un immeuble en indivision, mais dans ce dernier cas il conviendrait de déterminer si l'achat est fait en commun par tous les indivisaires, ou par l'un d'entre eux. Le propriétaire du panneau solaire peut également être le locataire de l'immeuble, s'il a lui-même procédé à l'installation. Le propriétaire peut enfin être le vendeur des panneaux solaires, qui a très bien pu se réserver la propriété des biens, jusqu'au complet paiement, une clause de réserve de propriété présentant d'indéniables avantages, sous réserve toutefois que les panneaux n'aient pas été intégrés au bâti.

Pour en revenir au rayonnement solaire, la « chose commune » est donc désormais appropriée. Or, cette appropriation est de nature à produire des effets de droit. On peut ainsi songer aux règles de responsabilité civile, en cas d'électrocution ou encore d'incendie : le responsable est le gardien de la chose (*Code Civil*, art. 1241, al. 1^{er})⁴.

Toutefois, l'énergie appropriée et issue de l'installation solaire n'est pas, ce stade, un « bien » juridique dans le commerce.

Dans un second temps, l'énergie appropriée peut devenir un « bien » juridique si elle est transformée pour devenir utile. Elle doit servir effectivement à chauffer l'eau de l'habitation ou encore, s'agissant de l'énergie électrique, il est nécessaire qu'elle transite par un onduleur, transformant le courant continu en courant alternatif, avec une tension et une fréquence adaptée au réseau de distribution.

L'énergie doit donc être utile et, de plus, elle doit pouvoir être cédée pour entrer dans le commerce.

À ces conditions, la « chose appropriée » devient un « bien » juridique que l'on va pouvoir qualifier en usant des catégories

4. On pourrait également songer à la responsabilité pénale, l'électricité produite pouvant faire l'objet d'un vol pénalement sanctionné.

classiques : bien consommable, chose de genre, bien de première nécessité, bien qui peut être mis à disposition à titre gratuit ou à titre onéreux, etc...

On constate donc que les hypothèses juridiques d'implantation sur une propriété privée sont multiples et que, pour chacune d'entre elles, un régime différent est applicable. Un raisonnement similaire peut être tenu s'agissant de la qualification des panneaux solaires dont le régime juridique va dépendre des conditions matérielles d'implantation.

B. Implantation des panneaux solaires et qualifications juridiques

Le type d'implantation matérielle des panneaux solaires est décisif. Une installation complètement intégrée au bâti, notamment lorsque les panneaux solaires assurent l'étanchéité de la toiture de l'immeuble, a des conséquences juridiques différentes d'une installation en surimposition, c'est-à-dire lorsque les panneaux solaires sont simplement posés sur la toiture. Les règles sont encore distinctes lorsque les panneaux sont installés au sol.

Dans toutes ces hypothèses, la principale difficulté consiste à déterminer s'il s'agit de biens « meubles » ou « immeubles », puisque, naturellement, le régime juridique varie selon la nature du bien.

Avant son installation, il ne fait pas de doute qu'un panneau solaire constitue un bien meuble. Qu'en est-il une fois le panneau installé? Tout va dépendre de son installation matérielle.

Raisonnons, en premier lieu, sur le type d'installation privilégié par le législateur au moyen d'incitations d'ordre financier (coût de rachat de l'électricité avantageux), c'est-à-dire sur les panneaux solaires qui sont intégrés au bâti. Il peut être soutenu que ces panneaux solaires deviennent des immeubles par nature une fois qu'ils sont intégrés au fonds (Voir Conseil d'État 20 mai 2016, Inédit, n° 384395)⁵.

5. Question préjudicielle posée par le Conseil d'État à la Cour de Justice de l'Union Européenne pour connaître les limites de l'opération immobilière en matière de pose de panneaux solaires, la qualification d'immeuble ne semblant pas être contestée : « Article 1^{er} : Il est sursis à statuer sur le pourvoi présenté par la société Solar Électric Martinique jusqu'à ce que la Cour de justice de l'Union européenne se soit prononcée sur la question de savoir si la vente et l'installation de panneaux photovoltaïques et de chauffe-eau solaires sur des immeubles ou en vue d'alimenter des immeubles en électricité ou en eau chaude constituent une opération unique ayant le

En toute logique, la solution devrait être différente lorsque les panneaux solaires ne participent pas à l'étanchéité de la toiture, mais sont simplement posés sur le toit : la nature mobilière doit l'emporter pour des panneaux installés en surimposition.

Quand aux installations au sol, là encore les hypothèses sont si variées que l'on peut soutenir que les qualifications, meubles ou immeubles, sont concevables.

De ces qualifications vont découler des règles juridiques, sachant que le droit privé français ne contient pas de règles particulières : il n'existe pas de droit privé de l'énergie solaire.

Les problèmes juridiques soulevés par l'implantation de panneaux solaires sur une propriété privée se règlent à l'aide des outils juridiques que l'on trouve principalement dans le code civil.

Cette analyse est très largement confortée lorsque l'on se penche sur les relations contractuelles susceptibles de se nouer lors de l'exploitation de l'énergie solaire.

Énergie solaire et relations contractuelles

Comme indiqué précédemment, la qualité de l'exploitant est essentielle. Sans aucune prétention exhaustive, le raisonnement portera sur deux hypothèses distinctes.

Dans la première, en apparence la plus simple, le propriétaire des panneaux est également le propriétaire de l'immeuble, c'est-à-dire que les qualités d'exploitant et de propriétaire de l'immeuble sont réunies sur la même tête. Dans la seconde hypothèse, plus complexe, l'exploitant n'est pas le propriétaire.

A. L'exploitant propriétaire de l'immeuble

Le propriétaire d'un immeuble passe un contrat pour implanter sur ce bien des panneaux solaires, afin de vendre l'électricité produite. En apparence, l'hypothèse ne soulève guère de difficultés. Pour autant, les questionnements juridiques demeurent nombreux. En

caractère de travaux immobiliers au sens de l'article 5, paragraphe 5, et de l'article 6, paragraphe 1, de la sixième directive du 17 mai 1977 en matière d'harmonisation des législations des États membres relatives aux taxes sur le chiffre d'affaires, devenus l'article 14, paragraphe 3, et l'article 24, paragraphe 1, de la directive du 28 novembre 2006 relative au système commun de la taxe sur la valeur ajoutée. »

effet, la qualité du propriétaire doit également être prise en considération.

Ainsi, s'agissant d'un particulier qui passe un contrat d'implantation sur sa propriété d'une installation solaire, doit-on lui appliquer le droit de la consommation, afin de retenir les règles relatives au démarchage ou aux clauses abusives?

Au contraire, doit-on considérer qu'un particulier qui contracte dans le but de vendre de l'électricité ne peut être considéré comme un consommateur?

À priori, il devrait être traité comme un consommateur puisque le contrat n'intervient pas dans le cadre d'une activité professionnelle. Partant, qu'en est-il, par exemple, s'agissant d'un agriculteur qui fait équiper le toit d'un bâtiment agricole? Doit-il être traité juridiquement comme un consommateur ou comme un professionnel?

Cela pourrait dépendre : s'il s'agit de panneaux photovoltaïques destinés à la production d'électricité pour la vente, il pourrait encore s'agir d'un consommateur, ce qui en soit ne s'impose pas, mais s'il s'agit de panneaux solaires thermiques destinés à alimenter la chaufferie de son exploitation, la qualité d'exploitant agricole devrait exclure la qualification de consommateur.

Le *Code Rural* prévoit que la production et la commercialisation d'électricité et de chaleur par la méthanisation relève de l'activité agricole (*Code Rural*, art. L311-1) :

Sont réputées agricoles toutes les activités correspondant à la maîtrise et à l'exploitation d'un cycle biologique de caractère végétal ou animal et constituant une ou plusieurs étapes nécessaires au déroulement de ce cycle ainsi que les activités exercées par un exploitant agricole qui sont dans le prolongement de l'acte de production ou qui ont pour support l'exploitation. Les activités de cultures marines sont réputées agricoles, nonobstant le statut social dont relèvent ceux qui les pratiquent. Il en est de même des activités de préparation et d'entraînement des équidés domestiques en vue de leur exploitation, à l'exclusion des activités de spectacle. **Il en est de même de la production et, le cas échéant, de la commercialisation, par un ou plusieurs exploitants agricoles, de biogaz, d'électricité et de chaleur par la méthanisation, lorsque cette production est issue pour au moins 50 % de matières provenant d'exploitations agricoles.** Les

revenus tirés de la commercialisation sont considérés comme des revenus agricoles, au prorata de la participation de l'exploitant agricole dans la structure exploitant et commercialisant l'énergie produite. Les modalités d'application du présent article sont déterminées par décret.

En revanche, aucune précision n'est donnée concernant la production d'électricité à partir de l'énergie solaire.

Il est possible juridiquement de contourner cette lacune mais cela oblige notamment l'agriculteur à créer une société, et encore cela ne lui confère pas la faculté d'exploiter une installation au sol.

Il convient également de s'interroger sur la nature du contrat passé. S'agit-il d'un contrat de vente ou d'un contrat d'entreprise?

Il semble bien que l'implantation de panneaux solaires s'inscrive dans une opération complexe : étude de l'ensoleillement, analyse des besoins du propriétaire, et donc d'une analyse spécifique. Dès lors et même si les biens installés, panneaux solaires et onduleurs, sont des produits standardisés, ce qui rapproche l'opération d'une vente ordinaire, c'est bien la qualification de contrat d'entreprise qui paraît la plus pertinente.

Pour autant, d'autres qualifications contractuelles peuvent être mobilisées : l'installation proprement dite relève-t-elle de la catégorie des contrats de construction, ce qui aurait pour conséquence l'application des règles spéciales de responsabilité du constructeur et des garanties qu'il doit fournir, à savoir la garantie de parfait achèvement ou encore la garantie décennale des articles 1792 et suivants du Code civil?

On le constate, les réponses aux questionnements juridiques, dans notre hypothèse, sont loin d'être évidentes. Compliquons encore un peu plus en réfléchissant cette fois à la situation dans laquelle l'exploitant n'est pas le propriétaire.

B. L'exploitant non propriétaire de l'immeuble

L'exploitant n'est pas le propriétaire de l'immeuble, notamment dans le cas où une société assure l'exploitation d'une centrale solaire, soit intégrée au bâti, soit au sol.

Ce sont alors des grandes surfaces qui vont être exploitées, par exemple sur les toits de bâtiments agricoles, industriels, commerciaux (supermarché par exemple). Naturellement, il n'y a pas grand intérêt

pour la société exploitante de devenir propriétaire de l'immeuble, de sa toiture, ou du sol.

Toutefois, on ne peut pas écarter totalement l'éventualité d'une vente, relevant alors d'une vente immobilière assez classique, mais contenant néanmoins des conditions suspensives particulières, liées notamment à la délivrance d'autorisations pour l'exploitation.

On peut également concevoir d'autres techniques de vente comme la convention de superficie ou alors, plus subtile, une division en volume, lorsque l'implantation de l'installation intervient sur un bâtiment existant. Dans cette dernière hypothèse, le propriétaire vend uniquement le volume nécessaire à l'exploitation, donnant lieu à une publication auprès des services de la publicité foncière.

Dès lors que les parties souhaitent éviter les lourdeurs inhérentes à une vente immobilière, un coût non négligeable de publicité foncière, mais encore si l'exploitant ne trouve aucun intérêt à devenir propriétaire, le contrat de bail apparaît, alors, comme une technique juridique adaptée : il va permettre, non pas d'obtenir un droit de propriété, mais plus simplement un droit de jouissance, plus simple et certainement plus adapté à la situation.

De plus, les parties trouvent dans le droit français toute une gamme de baux qui peuvent répondre à leurs préoccupations et intérêts particuliers : il est ainsi possible d'avoir recours à un bail civil de droit commun ou encore à un bail commercial pour conférer temporairement au preneur, donc, dans notre hypothèse à l'exploitant de l'installation photovoltaïque, un droit de superficie (droit de propriété sur les installations construites, le bailleur renonçant à son droit d'accession).

Pour autant, un problème très pratique peut se poser, relatif à la durée du bail. En effet, un bail civil ne peut en principe dépasser la durée de 12 ans sans être publié. Or, l'amortissement de l'installation est plutôt calqué sur une période de 15 à 30 ans. Partant, il conviendra de reconduire un nouveau bail, mais sans aucune garantie, dès lors le bailleur n'est pas tenu de le renouveler.

Par conséquent, il peut être plus intéressant, pour l'exploitant, de se tourner vers le bail commercial, qui lui assure un droit au renouvellement.

Dans tous les cas, il faut impérativement que le contrat de bail ait réglé dès le départ le sort des constructions à l'échéance du contrat.

En effet, à l'échéance c'est le bailleur qui devient propriétaire des constructions, et donc de l'installation photovoltaïque, par le jeu de l'accession, ce qui paraît être tout de même très gênant pour l'exploitant.

En d'autres termes, les baux ordinaires ne sont pas parfaitement adaptés et l'on peut s'interroger sur l'opportunité de retenir d'autres techniques juridiques garantissant également un droit de superficie, mais sans les inconvénients qui viennent d'être énoncés.

La concession immobilière, prévue par une loi du 30 décembre 1967, présente l'avantage d'avoir une durée minimum de 20 ans sans pouvoir aller au delà de 99 ans (personnes privées).

L'inconvénient est qu'il faut un acte authentique et une publication auprès des services de la publicité foncière. Le concessionnaire va bénéficier de la jouissance de l'immeuble moyennant le versement d'une redevance, il sera le plus souvent chargé de l'entretien. C'est tout de même un contrat qui avantage plutôt le concessionnaire que le concédant.

Par ailleurs, le concessionnaire n'est pas titulaire d'un droit réel sur l'immeuble susceptible d'hypothèque. Or, la problématique des sûretés et des garanties ne doit pas être négligée.

En effet, alors même qu'il existe des formules d'emprunt à des taux attractifs ou éventuellement des crédits d'impôt et, partant, des mesures incitatives assez fortes, il n'en demeure pas moins que l'acquisition et l'installation des panneaux photovoltaïques représentent une dépense d'investissement conséquente. Il est donc très probable qu'un tel projet implique un concours bancaire. Or, l'organisme prêteur est en droit d'exiger que l'emprunteur lui fournisse des garanties, puisées dans le droit commun. Il n'existe pas, en effet, de modalités de garantie propres au financement d'une installation de panneaux photovoltaïques.

Pour autant, un tel projet peut susciter des interrogations en droit des sûretés, parce que toutes les sûretés ne sont pas adaptées. Là encore, le rôle du juriste est d'étudier les différentes techniques de sûretés concevables, de retenir les bonnes et d'écarter celles qui ne présenteraient pas d'intérêt pour les parties, et notamment, bien sûr, pour le créancier.

Donc il peut être aussi intéressant d'apprécier la nature du contrat qui doit être passé entre le propriétaire et le tiers exploitant,

en fonction des garanties que l'exploitant va pouvoir apporter à sa banque.

À l'évidence, si la banque veut une sûreté lui assurant un droit réel immobilier susceptible d'hypothèque, c'est-à-dire un droit sur l'immeuble permettant à la banque de le saisir et de le vendre avec une position préférentielle, il va falloir opter pour un contrat qui assure à l'exploitant un droit réel qu'il pourra offrir en garantie au banquier sous la forme d'une hypothèque, par exemple afin de garantir le remboursement de l'emprunt ayant servi à l'acquisition des panneaux solaires.

Par conséquent, il peut être préférable d'opter pour un autre contrat que la concession immobilière et lui préférer, par exemple, le bail à construction.

Précisément, le bail à construction confère un droit réel immobilier au preneur, susceptible d'hypothèque, et peut être consenti pour une durée de 18 à 99 ans, ce qui suppose sa publication.

À l'issue du bail, le bailleur devient propriétaire des constructions, sauf convention contraire.

On constate donc, d'une part, que la durée répond davantage aux objectifs de l'opération que les baux ordinaires de droit commun et, d'autre part, que l'exploitant est en mesure de proposer au prêteur une garantie satisfaisante, dès lors que le bail à construction confère au preneur un droit réel immobilier qui peut être hypothéqué.

Dans le cas particulier des centrales photovoltaïques au sol, le preneur est titulaire d'un droit de propriété temporaire sur le sol et les constructions, ce qui est de nature à conforter une demande de crédit, le prêteur pouvant alors exiger une hypothèque à la fois sur le tréfonds et sur les constructions.

Pour autant si on pousse un peu l'analyse, on constate que le bail à construction présente également des imperfections : la différence entre le bail à construction et les autres baux, particulièrement le bail emphytéotique, réside dans l'engagement que prend le preneur d'édifier des constructions sur le terrain du bailleur et de conserver ces dernières pendant la durée du bail, constructions qu'il aura aussi le droit d'exploiter.

Or la question se pose de savoir si la réfection d'une toiture

et l'installation de panneaux solaires répondent à cette exigence de construction, la construction devant être significative.

Cette problématique n'existe pas s'agissant du bail emphytéotique.

En effet, les obligations d'amélioration, de construction et d'entretien du fonds mises à la charge du preneur ne constituent pas un élément caractéristique de l'emphytéose, à la différence du bail à construction.

Conçu à l'origine pour permettre au propriétaire d'un fonds de le faire défricher et mettre en culture par un exploitant, le bail emphytéotique a connu un regain d'intérêt ces dernières années, au-delà d'ailleurs des zones rurales. L'implantation de centrales photovoltaïques, mais aussi d'éoliennes, est à cet égard de nature à lui conférer une utilité renouvelée.

Il est vrai qu'il apparaît comme l'instrument le plus approprié à l'implantation et à l'exploitation de telles installations, notamment en raison de sa durée adaptée, de 18 à 99 ans, en raison de sa souplesse et parce qu'aux termes de l'article L. 451-1 du Code rural :

« Le bail emphytéotique de biens immeubles confère au preneur un droit réel susceptible d'hypothèque; ce droit peut être cédé et saisi dans les formes prescrites pour la saisie immobilière ».

Par conséquent, le bail emphytéotique présente un double intérêt, non seulement il semble le plus approprié en vue de l'exploitation d'une installation photovoltaïque, mais encore il favorise le crédit en permettant une inscription hypothécaire.

Conclusion

On constate donc que les techniques du droit civil, ou encore du droit rural, peuvent être utilisées pour sécuriser juridiquement les implantations d'installations de panneaux solaires sur des propriétés privées.

Cette contribution n'épuise cependant, en aucun cas, le questionnement juridique. D'autres problématiques mériteraient d'être creusées : le bailleur peut-il installer une centrale solaire sur les lieux loués, et tout particulièrement en toiture, sans l'accord du locataire⁶? Le locataire peut-il installer une centrale solaire sur les

lieux loués? Le bailleur, à l'occasion de la réfection de la toiture du local loué, peut-il décider d'installer des panneaux solaires⁷?

Pour conclure, à défaut de règles juridiques spéciales, les parties contractantes doivent puiser dans le droit commun les techniques juridiques de nature à satisfaire aux intérêts de l'exploitant et éventuellement du propriétaire.

Celles qui sont concevables présentent des avantages et des inconvénients. Pour autant et globalement, ce n'est pas un obstacle majeur pour le développement de l'énergie solaire.

Bien au contraire, il convient simplement que les parties, usant de leur liberté contractuelle, fassent preuve d'un peu d'imagination.

Il n'a pas été évoqué la question de la commercialisation de l'électricité produite par l'installation. Cette commercialisation met en rapport plusieurs acteurs : le producteur, c'est-à-dire l'exploitant de l'installation, l'acheteur, pour la France, en principe EDF et le distributeur gérant le réseau (ERDF pour la très grande majorité du territoire métropolitain).

Il y a certaines contraintes qui pèsent sur l'exploitant, notamment des démarches préalables qui viennent s'ajouter aux exigences du droit de l'environnement ou encore du droit de l'urbanisme. Naturellement s'ajoute également le raccordement de l'installation : alors même que la distribution d'électricité relève d'un service public communal, le contrat de raccordement demeure régi par le droit privé.

Toutefois, ces contraintes juridiques et matérielles sont contrebalancées, dans une large mesure, par un prix d'achat de l'électricité, potentiellement très intéressant pour le producteur. En effet, après la question du raccordement intervient celle de l'achat de l'électricité, qui implique la passation d'un contrat de vente entre le producteur et l'acheteur, EDF, en France⁸.

6. Dans le cas d'une centrale solaire au sol, l'emprise de cette dernière diminue nécessairement la contenance des lieux loués et l'installation ne peut donc avoir lieu sans l'accord du locataire.

7. Une telle possibilité paraît bien résulter de la loi Grenelle 2. Cette loi permet en effet aux organismes d'HLM (Habitations à Loyers Modérés) d'implanter des panneaux solaires aux fins de les exploiter. Dans l'hypothèse de l'installation d'un chauffe-eau solaire et dans la mesure où cette installation s'inscrit dans un ensemble de travaux d'économie d'énergie dans un local à usage d'habitation, le bailleur pourrait d'ailleurs, sous certaines conditions, imputer une partie du coût au locataire bénéficiaire de cette amélioration.

8. Voir notamment, Arrêté du 9 mai 2017 « fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations implantées sur un bâtiment utilisant l'énergie solaire photovoltaïque, d'une

Il s'agit d'un contrat à la mesure, qui retarde le transfert de propriété au moment de l'individualisation, donc, au moment où l'électricité peut être quantifiée et livrée. Ainsi, le transfert de propriété est progressif et intervient au fur et à mesure que l'électricité produite est injectée sur le réseau. La principale caractéristique de ce contrat concerne le prix, qui n'est pas fixé librement par les parties. Or, l'attrait du prix d'achat est la principale mesure d'incitation au développement de l'énergie solaire, sachant que le prix est variable selon la nature de l'installation, ce qui, là encore, a permis au législateur de favoriser les installations intégrées au bâti.

Pour autant, ce qui est vrai en France ne l'est pas nécessairement dans un autre pays. Il est donc tout à fait envisageable de favoriser la production d'énergie d'origine solaire selon d'autres modalités d'exploitation répondant aux contraintes géographiques, environnementales, aux types d'habitat et à leur répartition sur un territoire donné.

À l'évidence, en présence d'un nombre trop faible de propriétés privées raccordées à un réseau de distribution d'électricité, le modèle français serait inadapté.

Références

- Bailleul, David, éd. 2010. *L'énergie solaire. Aspects juridiques*. Chambéry : Université de Savoie Lextenso éditions.
- Claret, Hélène, et Jean-François Dreuille, 2010. « L'implantation sur les propriétés privées ». In *L'énergie solaire. Aspects juridiques*, 215-63. Université de Savoie Lextenso éditions.
- Commissariat Général au Développement Durable. s. d. « Énergie et climat / Les différentes énergies/Énergies renouvelables/ L'essentiel en chiffres/ L'énergie photovoltaïque ». [En ligne] <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr>
- Commissariat Général au Développement Durable, Service de l'observation et des statistiques, 2016. *Tableau de bord : solaire photovoltaïque quatrième trimestre 2015*. Chiffres et statistiques 732.
- Joye, Jean-François, et Alexandre Guigue, 2010. « La promotion de l'énergie solaire au plan national ». In *L'énergie solaire. Aspects*

puissance crête installée inférieure ou égale à 100 kilowatts, telles que visées au 3° de l'article D. 314-15 du Code de l'énergie et situées en métropole continentale ».

juridiques, 61-128. Chambéry : Université de Savoie Lextenso éditions.

Quezel-Ambrunaz, Christophe, et Johann Lebourg, 2010.
« L'énergie en tant que bien ». In *L'énergie solaire. Aspects juridiques*,
131-71. Université de Savoie Lextenso éditions.

Un prolongement :
Abdou Moumouni
Dioffo, un autre
pionnier africain du
solaire

Présentation du texte « L'énergie solaire
dans les pays africains » : Abdou Moumouni
Dioffo, un demi-siècle solaire plus tard

FRÉDÉRIC CAILLE

Pourquoi, se demandera-t-on, reprendre dans un ouvrage de 2018 l'article « L'énergie solaire dans les pays africains » écrit par Abdou Moumouni Dioffo plus d'un demi-siècle plus tôt, en 1964, soit une « éternité » dans le domaine de la technologie? À qui et à quoi une telle reprise pourrait-elle donc servir quand de nouveaux experts, de nouveaux brevets, de nouvelles potentialités des cellules photovoltaïques ou de nouveaux dispositifs de stockage électrique semblent sortir des laboratoires chaque année, chaque mois, et presque chaque jour? Et plus encore, que pourraient bien y apprendre et y gagner les lecteurs non techniciens et généralistes, les historiens et les juristes?

Le texte d'Abdou Moumouni Dioffo, publié pour la première fois dans la revue *Présence africaine*, répondra sans doute de lui-même

à ces diverses interrogations. Les lecteurs en valideront facilement la qualité et la clarté qui se manifestent dès son introduction. Voici tout de même trois grands ensembles de raisons à l'origine de la présente réimpression (dont il faut d'ailleurs noter qu'elle est intégrale, à l'exception de quelques-uns des tableaux de comparatifs de mesures d'ensoleillement)¹.

Un Africain de l'Ouest

À un premier titre, il convient de situer l'auteur Abdou Moumouni Dioffo et le contenu de son article dans l'histoire de l'énergie solaire au Sénégal, telle qu'évoquée dans le présent ouvrage. Abdou Moumouni Dioffo a été activement lié aux travaux conduits au Sénégal par Jean-Pierre Girardier et la Sofretes. Comme l'article le montre et le défend, la question solaire en Afrique est un enjeu qui ne saurait être envisagé dans une perspective étroitement nationale, particulièrement en termes de recherche et de formation. Les idées et les hommes du solaire, dès cette époque, mais aujourd'hui encore également², circulent et échangent, partagent espoirs et convictions, se « transfèrent de l'énergie », pour ainsi dire, avant même de « transférer l'énergie » en tant que telle...

Nous manquons pour l'heure d'informations précises sur les personnes et les savoirs qu'Abdou Moumouni a pu rencontrer et découvrir au Sénégal. Mais ne serait-ce que par son parcours et sa formation, on sait qu'il en a été bien plus qu'un visiteur de passage : élève à l'École normale William Ponty et au lycée Van Hollenhoven de Dakar durant quatre années avant son départ pour Paris en 1948, puis professeur dans la capitale sénégalaise durant deux ans, de 1956 à 1958. Si l'on prend en compte ses séjours successifs en Guinée, au Niger, au Mali, puis son installation définitive au Niger à partir de 1969, avec l'intermède de l'Union soviétique de 1961 à 1964, on a conscience d'être face à un véritable « Africain de l'Ouest », ce qui permet sans doute de mieux comprendre certains de ses partis pris théoriques et politiques.

Sénégalaise, malienne ou nigérienne, l'énergie solaire d'Abdou Moumouni Dioffo est en effet une « physique des hommes », ou peut-

1. Nous remercions la fondation Abdou Moumouni Dioffo et surtout madame Aïssata Moumouni d'avoir permis cette réimpression.

2. Voir le chapitre du professeur Sissoko.

être « pour les hommes (et la société) », avant que d'être une forme de praxis des forces et de la matière. À rebours des moteurs d'action habituels de beaucoup de scientifiques, tels que succès de laboratoire ou prestige académique, son engagement dans la spécialité du solaire est d'abord pratique et concret, incluant dès le début des années 1970 le lancement au Niger de la première unité proto-industrielle de production africaine de chauffe-eau solaires, le travail sur l'optimisation bioclimatique de l'architecture vernaculaire traditionnelle pour les locaux de son laboratoire de l'ONERSOL de Niamey, ainsi que la finalisation de certains des tout premiers récepteurs solaires cylindro-paraboliques modernes³. On ne s'étonne guère, sur de telles bases, que ce soit lui qui, le premier, ouvrit de nouvelles portes à la pompe solaire Masson-Girardier mise au point à l'Institut de Physique météorologique de Dakar depuis presque une décennie, qui trouva dans le village de Bossey-Bangou, à 25 km de Niamey, sa première installation en conditions réelles. Au final, ces dimensions biographiques — une personnalité exceptionnelle et encore trop méconnue, des liens avec le Sénégal — justifient l'importance pluridimensionnelle de l'article d'Abdou Moumouni Dioffo.

Un scientifique précurseur

À un second titre, cependant, c'est le propos même de ce texte qui justifie sa réimpression : un propos sans doute très en avance sur son époque, en même temps que, pour l'essentiel, toujours parfaitement valide et stimulant.

La « fée énergie », commence en effet par souligner Abdou Moumouni Dioffo, n'est pas une pure donnée statistique, technologique ou économique. Elle est, en tant que moyen essentiel de « transformation de la nature », le vecteur décisif de modification des « conditions de vie et d'être (matérielles, comme spirituelles) de l'homme lui-même ». L'énergie, en un mot, conduit et construit nos « conditions d'être ».

On a presque envie d'écrire que, ne serait-ce que pour cette

3. Sur tous ces points, et notamment pour des images de l'ONERSOL et des autres travaux d'Abdou Moumouni Dioffo, avec de nombreux témoignages, on renverra au beau documentaire récent de Malam Saguirou *Solaire made in Africa. L'œuvre du Pr Abdou Moumouni Dioffo* (Dangarama, France-Niger, 60 min), sorti en mars 2017 (Saguirou, 2017).

phrase, « L'énergie solaire dans les pays africains », aurait mérité sa reprise. L'énergie, nous dit le jeune physicien nigérien à l'orée des indépendances, façonne nos conditions « en tant qu'êtres », nos capacités « à être des êtres », nos manières de vie et de vivre, nos horizons à la fois empiriques et existentiels. Et c'est la raison pour laquelle toute réflexion sur l'énergie est par nature une anthropologie et, en tant que telle, non seulement technique, mais culturelle, politique et juridique.

Abdou Moumouni Dioffo avait 35 ans en 1964. Ce fut au Laboratoire d'héliotechnique de l'Institut d'Énergétique de l'Académie des Sciences de Moscou qu'il écrivit son texte, c'est-à-dire dans l'un des États les plus avancés de l'époque en cette matière « héliotechnique », selon le nom que portent alors les technologies solaires⁴. Abdou Moumouni Dioffo a été le premier Africain francophone agrégé de physique à l'Académie de Paris en 1956, de trois ans le cadet de son contemporain sénégalais Cheikh Anta Diop (né en 1926), lui aussi chimiste et enseignant de physique en France. Se sont-ils rencontrés, appréciés, ont-ils échangé sur la science, l'éducation et la matière solaire? Il est pour l'heure impossible de répondre. Tout au plus peut-on supposer qu'Abdou Moumouni Dioffo savait, comme son aîné de conviction et d'expérience, que le « savoir » est l'autre nom de « l'émancipation », et que « l'instruction est comme la liberté : cela ne se donne pas, cela se prend » (Rancière, 1987, p. 177).

Vérité simple, vérité première, qui traversa tout son message pédagogique et scientifique, et pas seulement dans le domaine solaire.

Ouvrons ainsi *L'éducation en Afrique*, le seul livre écrit par Abdou Moumouni Dioffo, mais quel livre, célébré en son temps (bien que hélas difficile à trouver aujourd'hui), publié en cette même année 1964, dans la collection « Les textes à l'appui », série sociologique, de l'éditeur Maspero :

Ce serait s'arrêter à mi-chemin que de se contenter de l'étude des seuls aspects techniques d'une réorganisation complète du système de l'éducation en Afrique Noire. En effet, ici comme dans le domaine de toutes les transformations sociales, il ne peut et ne saurait y avoir de solutions purement techniques, n'en déplaise aux techniciens africains ou étrangers qui se retranchent derrière une prétendue objectivité ou

4. Voir pour la France le bilan proposé par Marcel Perrot dans Perrot, 1963.

neutralité de la science et de la technique pour éviter l'examen des conditions politiques, économiques et sociales requises pour la mise en œuvre effective et efficace de telle ou telle solution technique préconisée. C'est là, il est vrai, un procédé commode et excellent pour cacher les véritables intérêts que sert le technicien, car si en un sens la science et la technique sont neutres, le technicien lui ne peut l'être; mais la neutralité prétendue permet de servir l'impérialisme et le néo-colonialisme sous le couvert de l'aide technique aux pays africains, ou même plus banalement, de servir le maître du jour, se faire sa place sous le soleil, en attendant de pouvoir manger à d'autres râteliers. (Moumouni, 1964, p. 357)

Il n'est pas de sciences, de techniques, d'expertises totalement neutres ou désintéressées. Le diagnostic, rugueux, est à la mesure des attentes et des enjeux éducatifs qu'Abdou Moumouni Dioffo documenta et analysa sa vie durant (Moumouni, 1969). « Ce n'est qu'avec la maîtrise de la technique, et de la science, l'utilisation des procédés et dispositifs modernes que des changements rapides pourront s'effectuer, en même temps que s'élèvera la productivité du travail », écrit-il. Et de citer Frantz Fanon :

Il faudrait peut-être tout recommencer, changer la nature des exportations et non pas seulement leur destination, réinterroger le sol, le sous-sol, les rivières et pourquoi pas le soleil. (Cité dans Moumouni, 1964, p. 265)

Cheikh Anta Diop, presque à la même date, ne disait pas autre chose. Le soleil ne donne de réponses qu'aux questions qu'on lui pose. Et il est beaucoup de murs à franchir, scientifiques autant que géopolitiques, pour entendre sa voix. Il appartient aux Africains, à la jeunesse et aux écoles de les lui poser.

« Élucubrations d'intellectuels en mal d'occupations concrètes? », feint de s'interroger Moumouni au début de son article sur l'énergie solaire, avant que l'ensemble de son propos ne s'en déroule comme un démenti cinglant. Les mesures de rayonnement, le patient et bien pragmatique effort pour souder des tubes de collecteurs solaires, le plaidoyer et l'action en faveur de la démocratisation et de la massification de l'éducation technologique en Afrique furent, à n'en pas douter, sa réponse aux mécanismes constitutifs de l'hégémonie scientifique à l'échelle internationale ou, si l'on préfère, au grand défi du desserrement de ce que la nouvelle histoire des sciences à l'échelle globale a nommé les relations « entre domination politique,

circulation des savoirs et production d'espaces asymétriques de recherche scientifique » entre pays (Dumoulin Kervran, Kleiche-Dray et Quet, 2017, p. 427) : la recherche d'une « autre science », une « science ouverte », qui développe le pouvoir d'agir tant des chercheuses et chercheurs que des populations du Sud (Piron, Régulus et Dibounje Madiba, 2016).

De ce point de vue, comme le montre la note 6 de son article, Abdou Moumouni Dioffo fut indiscutablement très tôt vigilant. L'épisode évoqué dans cette note, à savoir la disparition à l'aéroport d'Orly d'une valise d'appareils de mesure destinées à l'Afrique, passerait presque pour rocambolesque si l'on ignorait la réalité des relations de pouvoir scientifique et les enjeux que pouvait dès cette période revêtir le développement ou non de technologies solaires proprement africaines. Au demeurant, légère exagération ou pas de la part du scientifique nigérian, on y verra d'abord la marque d'une « justice cognitive » dont il ne cessera sa vie durant de poser le diagramme et les exigences, une quête dont Jean-Pierre Girardier lui-même s'est souvenu devant la caméra de Malam Saguirou, en évoquant les conférences internationales auxquelles ils avaient pu participer de concert :

L'une des dernières auxquelles j'ai assisté avec lui, c'était à Cannes, une grande réunion où les scientifiques africains avaient la parole. Mais il n'y en avait pas beaucoup qui parlaient... Moumouni, lui, il prenait la parole. Je me souviens très bien ce qu'il a dit au ministre français de l'époque, qui lui demandait : « Vous avez besoin de quoi ? » Moumouni lui répond : « Ce que je souhaite déjà, c'est que vous me transfériez toutes les données scientifiques de nos pays que vous avez chez vous à Paris ». Cela m'avait beaucoup... complètement troublé. Mais ça, c'est Moumouni typique. (Saguirou, 2017)

Des technologies solaires africaines pour l'Afrique

Fallait-il, dès lors, ne pas reprendre dans cette réimpression de son article les observations liminaires les plus strictement liées à la « physique » solaire? Nous avons fait le choix de les conserver tant elles témoignent d'une rigueur et d'un effort de connaissance remarquables. Tant également elles font comprendre aux non-physiciens, aux non-spécialistes, que l'énergie solaire ne demande pas uniquement des matériels coûteux, des laboratoires climatisés et des ballets de blouses blanches. La patiente compilation des heures et

des intensités de rayonnements et les études localisées évoquées par Abdou Moumouni Dioffo peuvent suffire. Un crayon, du papier, de la méthode étaient les premiers outils sur lesquels il s'appuya.

Les conclusions

Pratiquement, on peut disposer, jusqu'à la limite de la zone forestière proprement dite, de 7 à 9 heures de soleil par jour pour faire fonctionner tel ou tel dispositif de conversion sans trop grande inertie, et en moyenne un jour sur deux il pourra fonctionner de façon continue.

Lisons, relisons : un jour sur deux, au moins, une énergie *continue*. Le Sahara : 1 kg de charbon par mètre carré et par jour :

La chaleur recueillie pendant une année équivaldrait, par mètre carré de surface horizontale, à celle fournie par la combustion de 156 à 364 kg de houille de qualité moyenne, soit environ 1/2 à 1 kg par jour.

Chaque jour un kilo de charbon, sans CO₂, sans fin, sans presque d'efforts, sans bruit, comme en « harnachant » les rayons du soleil... La démonstration d'Abdou Moumouni Dioffo rejoint celles d'Augustin Mouchot et de Frank Shumann, ses grands devanciers dans l'étude et l'expérimentation du potentiel énergétique saharien et sahélien (Caille, 2018). La cuisson, le séchage et la force mécanique sont donnés aux Africains du futur comme à l'infini. Mais, cela étant, une évidence : le même solaire ne vaut pas pour toute l'Afrique, ce qui signifie par exemple que « la valeur minimum, correspondant au mois d'août à Niamey, est de 220 kilocalories par mètre carré et par heure, soit presque autant que la moyenne annuelle de Léopoldville ».

Abdou Moumouni Dioffo pense certes une Afrique unie sous le solaire, unie sous la recherche et le développement de l'énergie solaire. Mais il pense également une Afrique diverse, à la fois cohérente et contrastée, en ce domaine comme dans tant d'autres. Avec un résultat général : en Afrique, avec peu de variations suivant les mois de l'année, et à l'exception des deux mois de pluie et de la zone dite « forestière », l'énergie solaire est bien un réservoir potentiel constant et fiable de force de vie et de travail.

« Une telle orientation en matière de politique énergétique nous semble être la plus intelligente, en même temps d'ailleurs que la plus spécifiquement africaine », peut-il alors légitimement conclure.

Mais avant de laisser à chacun le soin de découvrir ce texte, relevons pour finir l'humour et l'ironie discrète du physicien nigérien, si nécessaire, ainsi que son optimisme et sa volonté qui traversent tous ses écrits et que Jean-Pierre Girardier a bien soulignés :

La grande force de Moumouni, c'est d'être un optimiste dans la recherche. Il pensait qu'il faut continuer à chercher, continuellement à chercher, au profit de son propre pays. Son idée de base, qui a marqué, je crois, toute sa vie, c'était de faire des recherches qu'il était capable de mener lui-même, dans son propre pays, avec ses moyens. Il faisait quelque chose dont non seulement on pouvait maîtriser l'amont, au niveau scientifique, mais aussi l'aval, au niveau de la fabrication. Son leitmotiv c'était : où est-ce que je fabrique, comment est-ce que je peux fabriquer cela chez moi? [...] Il avait une grande foi dans la prise en charge par les Africains eux-mêmes de leurs propres recherches. C'est tellement facile d'acheter des trucs qui viennent de Chine, des États-Unis ou d'ailleurs... Mais ce n'est pas avec cela que vous faites progresser votre pays. (Saguirou, 2017)

Références

- Caille, Frédéric. 2018. « L'énergie solaire thermodynamique en Afrique. La Société française d'Études thermiques et d'Énergie solaire, ou Sofretes (1973-1983) ». *Afrique Contemporaine*, Premier trimestre (Numéro spécial « L'énergie en Afrique »).
- Dumoulin Kervran, David, Mina Kleiche-Dray, et Mathieu Quet. 2017. « Les STS ont-elles un Sud? Penser les sciences dans/avec les Suds ». *Revue d'anthropologie des connaissances* 11 (3) : 423-54. <https://doi.org/10.3917/rac.036.0423>.
- Moumouni Dioffo, Abdou. 1964. *L'Éducation en Afrique*. Paris : F. Maspero.
- Moumouni Dioffo, Abdou. 1969. « La conférence de Nairobi sur l'éducation scientifique et technique dans ses rapports avec le développement en Afrique ». *Présence Africaine*, no 69 : 178-87.
- Perrot, Marcel. 1963. *La Houille d'or ou l'énergie solaire*. Le bilan de la science. Paris : Fayard.
- Piron, Florence, Samuel Régulus, et Marie Sophie Dibounje Madiba, éd. 2016. *Justice cognitive, libre accès et savoirs locaux*. Québec : Éditions science et bien commun.
- Rancière, Jacques. 1987. *Le maître ignorant. Cinq leçons sur l'émancipation intellectuelle*. Paris, Fayard.

DU SOLEIL POUR TOUS

Saguirou, Malam. 2017. *Solaire made in Africa. L'œuvre du Pr Abdou Moumouni Diouf*. Documentaire. Dangarama.

L'énergie solaire dans les pays africains (1964)

ABDOU MOUMOUNI DIOFFO

Article publié en 1964 dans la revue *Présence africaine* (numéro 2, pp. 96-126), avec un sous-titre : « Les voies de son utilisation et les possibilités qu'elle ouvre au développement économique et social des campagnes africaines et à la mise en œuvre d'une politique rationnelle de l'énergie par les pays africains »

De l'importance et du rôle de l'énergie dans le monde moderne. Problèmes énergétiques des pays africains et les voies de leur solution

Le rôle et l'importance de l'énergie sous toutes ses formes (combustibles classiques, houille, hydrocarbures liquides et gazeux; électricité; combustibles nouveaux, uranium et autres matières premières de l'énergie « atomique ») dans la vie moderne découlent fondamentalement de ce fait que la « fée énergie » est devenue un

des moyens essentiels de la transformation de la nature par l'homme contemporain, transformation qui est aussi et simultanément celle des conditions de vie et d'être (matérielles, comme spirituelles) de l'homme lui-même. Il n'est donc pas étonnant qu'il soit devenu classique de caractériser le développement d'une société donnée, en tant que se rapportant précisément à l'ampleur de la transformation déjà réalisée de la nature par l'homme de cette société, et, parallèlement, des conditions de vie et d'être de ce dernier, par la consommation d'énergie par tête d'habitant. De fait, l'on sait que les pays développés se singularisent sous cet angle par l'importance, les pays sous-développés par la faiblesse de leur consommation respective d'énergie. Il n'est guère besoin de grands discours pour faire constater et comprendre que la progression de la production et de la consommation d'énergie est un impératif du développement; d'où la progression constante des besoins en énergie et de sa consommation dans le monde.

D'un point de vue tout à fait général, les sources d'énergie actuellement exploitées ou décelées (gisements de houille, tourbe ou lignite, réserves de pétrole et de gaz naturel, gisements d'uranium, etc.) sont non seulement toutes épuisables, mais même s'épuisent à un rythme rapide : témoin la mise en exploitation des anciennes réserves, la fermeture d'anciens puits et mines et la recherche effrénée et permanente de nouveaux gisements, accompagnée de la mise en œuvre de tous les moyens politiques et économiques susceptibles d'en assurer le contrôle par telle ou telle puissance ou groupe de puissances dans le monde. Et ce trait ne peut aller que s'accroissant au fur et à mesure de la croissance de la consommation d'énergie dans le monde, surtout si l'on tient compte des besoins des pays actuellement sous-développés qui se révèlent heureusement très souvent propriétaires – aujourd'hui encore théoriques – des gisements les plus importants parmi ceux actuellement connus. De plus, les combustibles classiques (houille, pétrole et gaz naturel) tendent de plus en plus à devenir le point de départ d'industries nouvelles : matières plastiques, fibres et résines synthétiques, etc., ce qui contribue à en augmenter très notablement la consommation à l'échelle mondiale. Les considérations qui précèdent suffisent à expliquer l'éveil de l'intérêt porté par les pays développés à l'utilisation de l'énergie solaire.

Quant aux pays africains et aux pays sous-développés, d'une façon plus générale, s'ils semblent aujourd'hui littéralement « gâtés »

par la Providence pour ce qui est des sources classiques et nouvelles d'énergie (hydrocarbures et minerais d'uranium en particulier), il vaut cependant d'être remarqué que la consommation ira en augmentant de façon très importante, compte tenu de l'exportation. Eu égard au rôle des hydrocarbures (pétrole et gaz naturel) comme matières premières d'industries aussi intéressantes pour nos pays que celles des plastiques et autres polymères, les pays africains n'ont évidemment aucun intérêt à consommer eux-mêmes (*a fortiori* faire consommer par d'autres) sans discernement leurs réserves pour les épuiser aujourd'hui ou dans un proche avenir. S'il est vrai que les réserves existantes d'énergie hydro-électrique (Niger, Congo, Nil, région des Grands Lacs, etc.) sont elles aussi importantes, l'on doit réaliser qu'elles seront à plus ou moins brève échéance insuffisantes pour couvrir tous les besoins en énergie d'une Afrique industrialisée : fourniture d'énergie aux agglomérations urbaines, aux différents complexes industriels et à une agriculture de plus en plus mécanisée. Par ailleurs, remarque à notre avis capitale, les caractéristiques géographiques et démographiques de notre continent : grande superficie (donc grandes distances), faible densité de population, prédominance de l'agriculture au départ et existence de conditions naturelles exceptionnelles pour un grand nombre de cultures, enfin abondance de matières premières indispensables à la mise sur pied d'ensembles industriels divers, tout montre qu'il faudrait un réseau de distribution exagérément développé si l'on envisageait la solution de l'électrification du pays par les voies classiques; il semble au contraire plus rationnel de s'orienter vers l'utilisation de réseaux électriques pour l'alimentation de grands ensembles ou complexes industriels judicieusement répartis et implantés en fonction des matières premières à traiter, pour le développement des agglomérations urbaines qui posent et poseront tant de problèmes, pour la mise sur pied enfin de zones de culture intensive et des industries qui en dépendront. Par contre, l'énergie solaire (et l'énergie « atomique ») disponible partout, et particulièrement dans les zones saharienne et sahélienne, où justement le développement de l'agriculture et de l'élevage est conditionné par la solution du problème de l'eau (problème qui se ramène à la fourniture d'énergie) pourrait devenir la source principale d'énergie pour les petites agglomérations de brousse et leurs activités diverses – agricoles, artisanales – sous la forme de stations de faible ou moyenne puissance. Dans l'immédiat, elle semble offrir une des voies les plus adaptées susceptibles d'être à la base

d'une progression rapide de la campagne africaine, du moins dans la zone sahélienne où elle est disponible dans les conditions les plus favorables.

Une telle orientation en matière de politique énergétique nous semble être la plus intelligente, en même temps d'ailleurs que la plus spécifiquement africaine; encore faudrait-il, pour qu'elle fût possible, que la Balkanisation actuelle des pays de l'Afrique Noire soit liquidée, préalable indispensable à tout progrès réel et à la mise en œuvre des potentialités immenses qui sont celles des pays africains¹.

Mais les ressources africaines d'énergie solaire permettent-elles de fonder de si grands espoirs? D'aucuns pensent peut-être déjà qu'il s'agit ni plus ni moins d'élucubrations d'intellectuels en mal d'occupations « concrètes ». Nous examinons cette question dans ce qui suit, sur la base des données actuellement disponibles.

Ressources africaines d'énergie solaire

A. Les différents facteurs qui déterminent l'importance et les possibilités d'utilisation de l'énergie solaire

Avant d'aborder l'examen et l'analyse des chiffres, nous passerons en revue les différents facteurs servant à caractériser l'importance de l'énergie solaire et les possibilités de son utilisation. S'agissant en fait de la chaleur déversée quotidiennement par le soleil en un point donné de la terre, il est facile de comprendre que trop de facteurs exercent une influence dans ce domaine pour pouvoir être analysés en détail ici : position géographique, conditions climatiques, voire microclimat du lieu d'observation, etc. On peut cependant retenir comme caractéristiques les plus essentielles :

- l'ensoleillement, soit que l'on considère la durée totale d'ensoleillement, soit que l'on s'intéresse plus particulièrement à l'ensoleillement continu;
- l'importance du flux du rayonnement solaire² sur la surface de

1. Ce qui ne veut nullement dire qu'il faille attendre ce jour pour s'engager dans les différentes voies d'utilisation de l'énergie solaire.

2. Il s'agit de l'énergie reçue par l'unité de surface pendant l'unité de temps, et qui sera mesurée en calories dans la suite de ce texte.

la terre (surface horizontale) ou sur une surface orientée perpendiculairement aux rayons solaires.

1. La durée d'ensoleillement est le nombre total d'heures par jour, semaine, mois, saison ou année pendant lesquelles les rayons du soleil atteignent la surface de la terre : plus cette durée est importante, et plus est grande la quantité de chaleur apportée par le soleil pendant le laps de temps considéré (jour, mois, saison, année). La durée d'ensoleillement elle-même dépend de facteurs géographiques et climatiques : latitude du lieu, son altitude par rapport au niveau de la mer, proximité ou non de cette dernière, régime de formation des nuages (nébulosité); ces facteurs déterminent avec d'autres – régime des vents, contexture du sol, présence ou absence d'agglomération industrielle – la transparence de l'atmosphère pendant la période envisagée; toutes choses intimement liées à la géographie physique et humaine du lieu intéressé. Bien entendu, la notion d'ensoleillement est elle-même relative : il y a toujours plus ou moins de soleil (de jour bien sûr) même en présence de nuages et une définition précise est en fait admise dès qu'on adopte un procédé de mesure déterminé.
2. D'un autre côté, et du point de vue des possibilités pratiques d'utilisation de l'énergie solaire, on peut comprendre la grande signification que revêt la durée d'ensoleillement continu, qui correspond, comme son nom l'indique, à un ensoleillement sans interruption dès qu'il s'agit d'utilisation pratique de l'énergie solaire, en fait de la transformation (on dit aussi la conversion) de cette énergie en d'autres formes d'énergie – électrique, mécanique, etc. Il n'est pas du tout indifférent que l'ensoleillement soit de dix heures séparées par des interruptions ou de dix heures ininterrompues; un moteur ou une batterie solaire travaillant dans les conditions de la première alternative devrait effectuer dix démarrages et dix arrêts (en supposant que son inertie soit négligeable, ce qui n'est pas forcément vrai) alors que la seconde alternative correspond à un seul démarrage; en d'autres termes, le consommateur serait soumis, dans le premier cas, à neuf coupures, et à zéro dans le second. Sans compter que la durée totale de fonctionnement est certainement nettement moindre dans le premier cas que dans le second. On saisit là, directement, l'importance de la durée d'ensoleillement continu.

En général, pour un laps de temps donné (jour, semaine, mois, etc.) la durée globale d'ensoleillement continu croît, pour un nombre donné d'heures envisagées (2, 3, 4, 6, 7, 8, ou 10 h par exemple), avec la durée totale d'ensoleillement; au contraire, pour un laps de temps et une durée d'ensoleillement total déterminés, le nombre total d'heures d'ensoleillement continu correspondant, diminue quand augmente la valeur de la durée d'ensoleillement continu envisagée.

3. L'utilisation de l'énergie solaire se ramenant en définitive à la transformation du rayonnement recueilli en d'autres formes d'énergie – mécanique, s'il s'agit d'un moteur solaire, calorifique s'il s'agit d'un four solaire, électrique dans le cas de batteries solaires –, pendant un laps de temps donné, on disposera, toutes choses égales par ailleurs, d'une quantité d'énergie d'autant plus grande que l'énergie du rayonnement solaire disponible par unité de surface et par unité de temps sera elle-même plus importante. Or, s'il est vrai que le rayonnement solaire apporte en moyenne 1/10 de watt par centimètre carré de surface orientée perpendiculairement aux rayons solaires, les valeurs effectivement observées en divers points de la terre oscillent autour de cette moyenne et peuvent s'en écarter très notablement. Précisons d'ailleurs que le flux d'énergie reçue dépend de l'orientation de la surface réceptrice : en particulier, une surface horizontale reçoit une quantité d'énergie variable avec la position du soleil dans le ciel, au cours de son mouvement apparent diurne; il en est de même pour une surface inclinée sur l'horizon ou orientée perpendiculairement aux rayons solaires. En même temps que de la position du soleil et de l'inclinaison de la surface réceptrice, le rayonnement reçu dépend également de l'état de l'atmosphère-nébulosité, humidité, poussières atmosphériques, etc.; bref, des conditions météorologiques.

Enfin, particularité qui mérite d'être signalée et soulignée, le rayonnement solaire qui tombe sur une surface donnée (horizontale ou inclinée sur l'horizon) comprend deux parties distinctes : une première correspond au rayonnement qui s'est propagé directement du soleil à la surface considérée (rayonnement direct); la seconde partie parvient à la surface de différentes directions du ciel et provient de la diffusion du rayonnement solaire par les particules matérielles de

l'atmosphère (air, vapeur d'eau, poussières atmosphériques, autres particules du rayonnement cosmique); cette dernière composante du rayonnement solaire porte le nom de composante diffuse (rayonnement diffus ou du ciel) et existe du reste aussi bien le jour que la nuit (rayonnement du ciel nocturne). L'importance relative de l'une ou l'autre des composantes du rayonnement solaire dépend de l'orientation de la surface, de l'état de l'atmosphère et de la position du soleil; par temps clair, le rayonnement diffus peut constituer une fraction du rayonnement total variant entre 1/10 et 1/5, alors que par temps couvert la proportion peut atteindre et même dépasser 50 % du rayonnement total.

B. L'ensoleillement dans les différentes régions de l'Afrique Noire

L'étude qui suit ne s'étend pas de façon égale à toutes les régions de l'Afrique Noire³ et n'a pas la prétention d'épuiser le sujet. Parmi les données disponibles, nous avons choisi celles relatives à des points géographiques situés dans les différentes zones climatiques (Sahara, Sahel, forêt claire, forêt dense) et présentant par ailleurs une assez grande diversité quant aux autres caractéristiques (altitude au-dessus du niveau de la mer, distance à la mer, latitude, etc.). Le but visé est avant tout de permettre de fixer les ordres de grandeurs, de dégager l'influence des facteurs les plus essentiels, enfin de donner la base d'une orientation correcte dans l'examen des problèmes soulevés par l'utilisation de l'énergie solaire en Afrique Noire (voir tableau I⁴).

a) En ce qui concerne la durée d'ensoleillement continu, les résultats des observations météorologiques, tels qu'ils sont actuellement présentés, ne sont d'aucun secours; il faut donc refaire le dépouillement des héliogrammes (bandes d'enregistrements des héliographes – appareils qui mesurent la durée d'insolation) pour disposer des données requises. Nous avons pu seulement faire ce travail pour sept stations de la République du Niger et sur une période de six années. Les résultats sont les suivants (voir tableau II⁵).

b) Conclusions générales

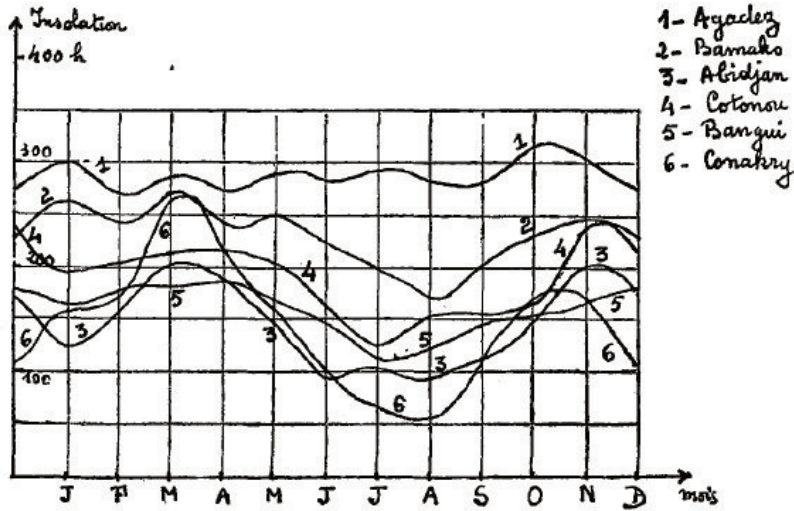
3. D'une part, réunir une documentation complète représente un travail au-dessus des forces et des moyens d'un chercheur, de l'autre, le travail d'élaboration nécessaire l'est aussi.

4. Note de la présente édition : le tableau n'a pas été reproduit.

5. Note de la présente édition : le tableau n'a pas été reproduit.

1. L'insolation est particulièrement importante pour les points des zones saharienne et sahélienne où, selon la latitude et la proximité de la mer, sa valeur quotidienne varie entre 7 h et 9 h 30, la somme annuelle oscillant entre 2 600 et 3 400 heures. Elle reste encore très appréciable dans la zone de transition entre la savane et la forêt, mais devient faible dans la zone forestière. Fait tout à fait compréhensible et familier à tous ceux qui ont assez parcouru les différentes régions de l'Afrique : l'évolution du régime des pluies (donc de la nébulosité) joue ici un rôle primordial. Il n'est pas sans intérêt de relever que les régions les plus favorisées à cet égard sont aussi celles qui, par contre, sont défavorisées sur le plan de l'abondance des précipitations atmosphériques, et où par conséquent, le problème de l'eau se pose avec une acuité plus ou moins grande, tant en ce qui concerne les besoins stricts de l'homme que vis-à-vis de ceux du bétail et de l'agriculture.
2. L'importance de l'insolation continue augmente effectivement avec la durée de l'insolation totale; de plus, la durée totale correspondant à l'insolation continue, pour tous les points considérés, est sensiblement stable pour des valeurs de l'insolation continue comprises entre 6 et 9 heures et représente environ la moitié de la durée d'insolation totale, atteignant même les deux tiers pour des durées d'insolation continue se situant entre 3 et 6 heures.
3. La variation de l'insolation avec le lieu d'observation n'est cependant pas simple, comme le montre une carte que nous avons établie, et sur laquelle sont figurées les lignes d'égale insolation annuelle d'après les données dont nous avons pu disposer.
4. Au total, de vastes régions de l'Afrique Noire présentent des caractéristiques très intéressantes sur le plan de la durée d'insolation : non seulement la valeur annuelle y est très grande, mais encore les valeurs mensuelles sont remarquablement stables en dehors de deux à trois mois de l'année (saison des pluies) pour lesquelles l'insolation est pourtant encore loin d'être négligeable. Pratiquement, on peut disposer, jusqu'à la limite de la zone forestière proprement dite, de 7 à 9 heures de soleil par jour pour faire fonctionner tel ou tel dispositif de conversion sans trop grande inertie, et en moyenne un jour sur deux il pourra fonctionner de façon continue (voir graphique ci-dessous).

Courbes d'insolation mensuelle



C. L'intensité du rayonnement solaire dans les différentes régions de l'Afrique Noire

Bien qu'un réseau assez important de stations d'observation météorologique existe dans la plupart des pays d'Afrique Noire depuis plusieurs dizaines d'années (certaines stations ont plus de vingt, d'autres plus de trente ans d'existence), on ne dispose, en fait de mesures relatives au rayonnement solaire, que de très peu ou pas de données; la quasi-totalité des stations étaient essentiellement chargées d'observations indispensables pour l'exploitation des lignes aériennes (régime des vents, nébulosité et visibilité, pluviométrie). Seules quelques stations ont été équipées d'héliographes (appareils permettant d'enregistrer quotidiennement l'insolation) : en moyenne une demi-douzaine par territoires de l'ancienne A.O.F., deux à cinq par territoire pour l'ancienne A.E.F., quelques unités au Nigéria, au Kenya, au Congo ex-belge, en Angola... Densité dérisoire, si on songe à l'immensité des espaces. Quant aux mesures quantitatives de rayonnement, on ne s'en est guère occupé, à de très rares exceptions

près (Nairobi au Kenya, Elizabethville et Stanleyville au Congo), pour la simple raison que les pilotes n'en ont point besoin.

Il a fallu attendre l'organisation de l'année géophysique internationale pour voir démarrer des mesures de rayonnement pour un nombre d'ailleurs très limité de stations en Afrique Noire; encore, ne s'étendent-elles que sur une période de quelques mois à deux années suivant le cas. D'ailleurs, dès la fin de l'année géophysique internationale, les appareils de mesure ont été remballés et réexpédiés en Europe et les observations interrompues de ce fait; la lacune reste donc à combler, et s'il faut en croire notre propre expérience, elle n'est pas bien près de l'être : les États africains ne se soucient guère ou bien peu de telles questions (les dépenses éventuelles n'ont pourtant rien d'exorbitant), qu'ils laissent volontiers entre les mains de ceux qui sont censés s'en occuper pour nous; ces derniers s'en occupent fort bien, témoin l'aventure qu'a connue une valise d'appareils de mesure que nous voulions amener en Afrique⁶. Quoi qu'il en soit, force nous est de nous en tenir aux seules données existantes, en attendant d'en disposer de plus étendues dans le temps et l'espace africain.

Intensité du rayonnement solaire sur une surface horizontale

Les données ci-dessous se rapportent au rayonnement total (direct plus diffus); de plus les calculs d'intensité moyenne ont été conduits en ne prenant en considération que les 10 heures de la journée (5 avant et 5 après midi, heure solaire du lieu) pour lesquelles l'importance du rayonnement justifie une utilisation éventuelle. Tous les résultats ont été rapportés à une surface de 1 mètre carré et à une durée de 1 heure.

a) Intensité du rayonnement solaire total (direct diffus) sur une surface horizontale en kilocalories par mètre carré et par heure : moyennes pour les différents mois de l'année (voir tableau III).

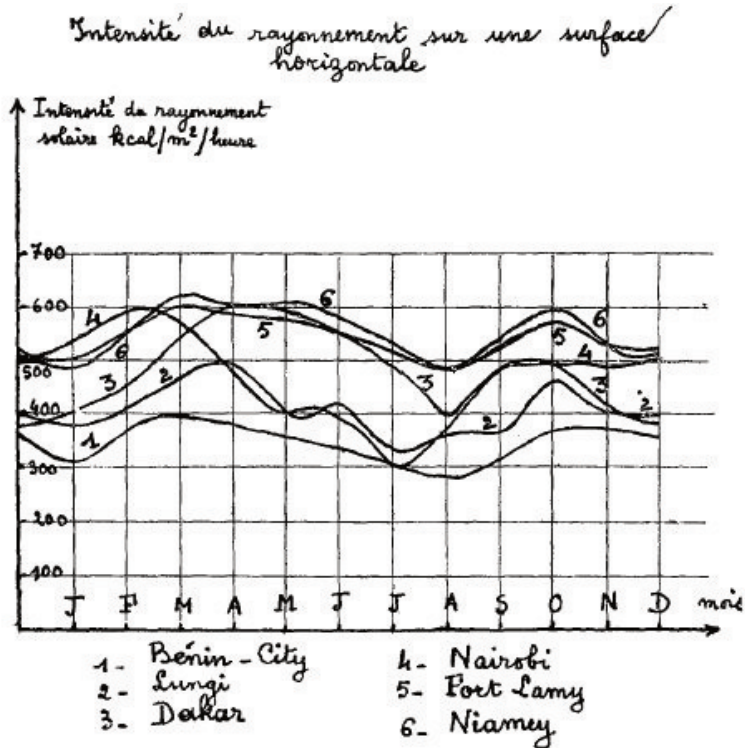
b) Conclusions d'ordre général

1. La remarque précédemment faite relativement à la variation de la durée d'insolation quand on passe d'un point géographique ou d'une zone climatique à l'autre reste valable en ce qui concerne l'intensité du rayonnement solaire : celui-ci, de valeur

6. Elle a en effet disparu sans aucune trace à Orly, sans que des démarches effectuées pendant trois mois aient eu le moindre résultat.

importante presque partout, est particulièrement élevé dans les régions sahéliennes et sahariennes.

- Les oscillations d'un mois à l'autre de l'intensité du rayonnement solaire total sur une surface horizontale sont relativement faibles en dehors des mois de la saison des pluies pour lesquels on observe cependant des valeurs qui sont loin d'être négligeables.



- Pour différents points situés dans la même zone climatique, l'amplitude des variations de l'intensité du rayonnement solaire total est assez faible en valeur relative : elle est de l'ordre de 10 % et peut, exceptionnellement, atteindre 20 % en valeur relative quand aux autres facteurs pouvant influencer sur la transparence de l'atmosphère (altitude, latitude, importance de l'agglomération, etc.) s'ajoute la proximité de la mer.
- On peut enfin noter que l'intensité du rayonnement solaire total sur une surface horizontale ne varie pas de façon proportionnelle à la durée d'insolation, ce qui indique une valeur assez notable du rayonnement diffus.

c) Portée pratique des ordres de grandeurs observées pour une surface horizontale.

L'intensité du rayonnement varie entre 300 et 400 kilocalories par mètre carré et par heure pour les régions à climat équatorial, 400–500 et 600 kilocalories par mètre carré et par heure pour la zone sahélienne et atteint même 700 kilocalories par mètre carré et par heure pour la zone saharienne. Du point de vue de la signification pratique de ces chiffres, rappelons que 100 kilocalories peuvent porter 1 kg d'eau de 0 °C à 100 °C ou encore 1,43 kg de 30 °C à 100 °C et transformer en vapeur environ 200 g d'eau (près de 200 litres de vapeur d'eau sous la pression atmosphérique).

C'est dire que la chaleur recueillie par mètre carré de surface horizontale pourrait porter une masse d'eau variant entre 4,30 et 10 kg de 30 °C (valeur moyenne de la température extérieure), à 100 °C (température d'ébullition de l'eau) en une heure, selon la situation géographique du lieu considéré. Si cette chaleur pouvait être intégralement transformée en travail, on pourrait faire monter 300 à 700 litres d'eau du fond d'un puits de 100 mètres de profondeur à la surface du sol en une heure. Utilisée intégralement à chauffer de l'eau de 30 °C à 80 °C, la quantité de chaleur recueillie par mètre carré de surface pendant une heure fournirait alors 6 à 14 kg d'eau chaude (6 à 14 litres). Indiquons enfin que la chaleur recueillie pendant une année équivaldrait, par mètre carré de surface horizontale, à celle fournie par la combustion de 156 à 364 kg de houille de qualité moyenne, soit environ 1/2 à 1 kg par jour.

En fait, toutes les conversions examinées de l'énergie du rayonnement solaire (en chaleur, en énergie mécanique — travail — ou même en électricité) se font avec un rendement inférieur à l'unité; dans le cas de la conversion en chaleur, ce rendement atteint habituellement 50 à 70 %, tandis qu'il plafonne (avec les moyens actuels) à 40 % et 10 à 15 %⁷, respectivement pour la conversion en énergie mécanique et en électricité. L'on voit que l'énergie disponible après conversion reste malgré tout importante.

7. Il s'agit de rendement de la partie « solaire » du dispositif de conversion pour ce qui est de ceux destinés à la production d'énergie mécanique.

*Intensité du rayonnement solaire sur une surface orientée
perpendiculairement aux rayons solaires*

Une des caractéristiques essentielles de l'énergie solaire est sa grande dispersion; cette particularité a pour conséquence d'imposer aux dispositifs de conversion une surface proportionnelle à l'importance de l'énergie — calorifique, mécanique ou électrique — qui doit être obtenue (toutes choses égales par ailleurs). Il en découle que les performances techniques des dispositifs envisagés (leur rendement en particulier) sont très rapidement limitées par une croissance simultanée des pertes de chaleur, du moins quand on ne concentre pas préalablement le rayonnement solaire, de façon à diminuer notablement la surface effective du dispositif de conversion; parallèlement à l'amélioration des performances techniques (rendement), on aboutit d'ailleurs également à celle des caractéristiques économiques du dispositif de conversion (dépense moindre de matériaux) du fait que le mètre carré de surface du miroir concentrateur revient moins cher que la surface correspondante du dispositif technique de conversion. Mais l'utilisation d'un miroir concentrateur implique que le dispositif suive constamment le soleil pendant son mouvement apparent diurne : de la sorte, ne peut être utilisé que le rayonnement direct qu'on peut caractériser par son intensité sur une surface dirigée perpendiculairement aux rayons solaires.

Aussi, partant des données relatives au rayonnement total sur une surface horizontale, nous avons déterminé l'intensité du rayonnement sur une surface orientée perpendiculairement aux rayons solaires. Dans certains cas, ne disposant pas de mesures du rayonnement diffus, nous avons procédé par comparaison et adopté comme valeur de ce dernier, une fraction du rayonnement total tenant compte des particularités climatiques.

a) Intensité moyenne du rayonnement solaire direct sur une surface dirigée perpendiculairement aux rayons solaires.

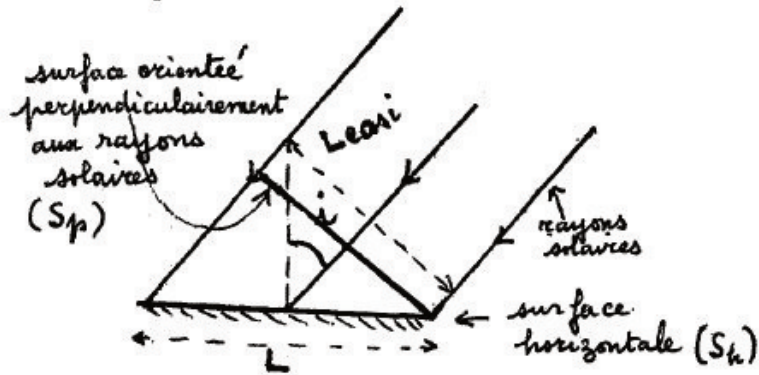
Les données ont été également rapportées à 1 mètre carré de surface et une durée d'une heure; comme précédemment, seules les cinq heures avant et après midi (heure solaire locale) ont été prises en considération pour le calcul des moyennes. Précisons enfin que les calculs ont été effectués en adoptant, pour chaque mois de l'année, les valeurs de l'incidence des rayons solaires sur une surface horizontale

aux différentes heures de la journée relatives au 15 du mois considéré, de même que la valeur de la déclinaison solaire à cette même date, comme valeurs moyennes valables pour tout le mois. Nous avons obtenu les valeurs consignées dans le tableau n° IV.

b) Conclusions générales

1. On constate une différence très nette (beaucoup plus accentuée que dans le cas du rayonnement total) entre les différents points géographiques examinés, selon qu'ils se situent dans les zones saharienne et sahéenne ou dans la région équatoriale ou subéquatoriale. Phénomène d'ailleurs prévisible *a priori* et tout à fait compréhensible si l'on ne perd pas de vue la nébulosité permanente et importante dans la zone forestière où il pleut pendant une fraction importante de l'année, et où le rayonnement diffus (indirect) constitue par conséquent une partie notable du rayonnement solaire total. De fait, les résultats de mesure montrent que le rayonnement diffus, qui est de l'ordre de 20 à 30 % du rayonnement total dans la zone sahéenne (à l'exclusion du mois d'août pour lequel il atteint la proportion de 66 %), est constamment de l'ordre de 50 % et plus du rayonnement total dans les régions à climat équatorial. Ainsi, la moyenne annuelle, qui est de 259 kilocalories par mètre carré et par heure à Léopoldville, est de 600 kilocalories par mètre carré et par heure à Niamey, soit plus du double. Il est en particulier remarquable que la valeur minimum, correspondant au mois d'août à Niamey, soit de 220 kilocalories par mètre carré et par heure, soit presque autant que la moyenne annuelle de Léopoldville. C'est évidemment là un fait dont il faudra tenir le plus grand compte dans la recherche et l'élaboration des moyens d'utilisation de l'énergie solaire en Afrique selon la zone climatique considérée.
2. On observe (du moins pour les zones saharienne et sahéenne) une augmentation importante de l'intensité moyenne du rayonnement solaire quand on passe d'une surface horizontale (rayonnement total) à une surface dirigée perpendiculairement aux rayons solaires (voir graphique ci-joint). Cette particularité est liée d'une part à la valeur relativement faible du rayonnement diffus dans ces régions, de l'autre au gain qu'entraîne le changement d'orientation de la surface : le rayonnement qui tombe sur une surface horizontale de valeur L^2 mètres carrés

correspond, pour une surface orientée perpendiculairement aux rayons solaires, à $L^2 \cos^2 i$, i désignant l'angle d'incidence des rayons solaires sur la surface horizontale, de sorte que l'intensité du rayonnement est plus grande dans le second cas (voir figure ci-dessous.). Nous donnons aussi à titre indicatif les valeurs de la surface orientée perpendiculairement à la direction des rayons solaires correspondant à une surface horizontale de 1 mètre carré et différents angles d'incidence.



i	0	30°	45°	60°	75°	85°
S_h (m ²)	1	1	1	1	1	1
S_p (m ²)	1	0,866	0,707	0,500	0,423	0,259

Ce qui précède souligne l'intérêt de l'utilisation de dispositifs suivant constamment le soleil (cas des miroirs concentrateurs).

3. Pour un point géographique donné, l'intensité du rayonnement direct ne présente, elle aussi, que peu d'écart d'un mois à l'autre, à l'exception d'un ou deux mois de l'année qui varient éventuellement avec la zone climatique considérée.

Les voies d'utilisation de l'énergie solaire et les possibilités qu'elles ouvrent aux pays africains

A. Considérations générales et remarques préliminaires

Avant d'examiner la question des voies d'utilisation de l'énergie solaire dans les conditions des pays d'Afrique Noire, il n'est pas sans intérêt de discuter un certain nombre d'aspects encore assez controversés relatifs aux perspectives d'utilisation de l'énergie solaire d'un point de vue tout à fait général.

1. La question de l'intérêt croissant pour l'énergie solaire dans le monde – Points de vue divers et leurs motivations

« La vie, écrit le Professeur américain Farrigton Daniels, était trop aisée avec l'énergie concentrée sous la forme de charbon, de gaz naturel et de la puissance de la vapeur. Nécessité est mère d'invention, et les savants et ingénieurs les plus capables de créer des dispositifs pour l'utilisation directe du soleil vivaient dans les pays industrialisés où il n'y avait aucune nécessité à développer l'énergie solaire. Le fait est qu'elle y est également peu importante en général (Abdou Moumouni), mais ces conditions sont en train de changer, et il y a plusieurs facteurs qui contribuent à notre intérêt nouveau pour l'énergie solaire. Nous réalisons, comme jamais auparavant, que nos combustibles fossiles — houille, pétrole, gaz naturel — ne dureront pas éternellement. Plusieurs études minutieuses ont été publiées ces dernières années, qui soulignent que l'épuisement de nos réserves viendra plus tôt que nous ne le pensions. Aux États-Unis, si riches en pétrole, le problème peut être celui de nos petits-fils, mais certains pays sentent déjà la gêne d'une diminution de charbon de haute qualité et d'exploitation facile. De plus, la population du monde augmente rapidement et les besoins en énergie abondante augmentent encore plus vite. Toute appréciation de la durée des réserves de combustibles basée sur une consommation au rythme du passé est absolument sans réalisme. » (Daniels, 1956 : 18-22).

Ces lignes expriment, à de rares nuances près, le point de vue et les motivations profondes qui sont ceux des laboratoires nationaux ou privés de la plupart des pays développés. Il est vrai qu'à ces considérations on joint souvent des déclarations du style « philanthropique » en direction des pays sous-développés qu'on affirme vouloir aider techniquement à utiliser l'énergie solaire; mais c'est un fait que de telles déclarations ne couvrent souvent que la

recherche de nouveaux marchés et se révèlent simples phrases creuses de circonstance. Une des meilleures preuves, s'il en est besoin, est que l'utilisation de l'énergie solaire la plus développée actuellement est celle relative aux chauffeurs d'eau et au chauffage, questions qui n'intéressent essentiellement que les pays développés. Bien que les problèmes de conversion de l'énergie solaire en d'autres formes d'énergie que la chaleur soient effectivement plus ardues à résoudre, il n'en reste pas moins que l'intérêt qu'on leur porte et les moyens financiers consacrés à la recherche dans ce domaine sont généralement faibles; encore faut-il remarquer que dans la plupart des cas, il s'agit en fait de moyens consentis dans le cadre de la « recherche spatiale » dont les objectifs militaires ou de prestige n'ont pas à être démontrés. On doit, pour le moment, certainement plus les progrès enregistrés dans la conversion de l'énergie solaire en électricité à la course pour la conquête du cosmos qu'à une quelconque intention d'aider les pays sous-développés.

2. Le point de vue des pays sous-développés et des pays africains en particulier vis-à-vis de l'utilisation de l'énergie solaire.

Les pays anciennement colonisés et actuellement sous-développés, en particulier ceux de l'Afrique Noire, ne doivent ni ne peuvent avoir, vis-à-vis de l'utilisation de l'énergie solaire, le même point de vue ni les mêmes motivations que les pays développés. Ce n'est certainement pas parce que nous nous effrayerions de l'épuisement prochain de nos réserves de combustibles — qui sont en fait pour le moment celles des autres — bien que ce soit là un aspect à ne pas perdre de vue, que nous nous intéresserions à l'énergie solaire. Mais plutôt parce que les pays sous-développés sont aussi ceux où les possibilités d'utilisation de l'énergie solaire sont incontestablement les plus grandes, et où, devant faire feu de tout bois pour accélérer le progrès économique et social, on ne peut négliger une source aussi importante d'énergie. De ce point de vue, l'énergie « atomique » devrait également retenir notre attention, surtout que tout compte fait, c'est en Afrique que se trouvent les gisements les plus importants d'uranium. En ce qui concerne l'énergie solaire, les conditions économiques et sociales, les caractéristiques démographiques des pays africains en font un des moyens les plus adaptés de progrès rapide. « L'énergie solaire, écrit encore le Professeur Farrington Daniels, est en premier lieu pour la campagne et non pour les villes; quand les gens sont empilés dans des appartements de plusieurs familles,

et quand il n'y a pas de terrain vacant, on ne peut satisfaire les besoins en énergie correspondant au mètre carré de surface exposée au soleil » (Daniels, 1956 : 22). Malgré tous ces facteurs, l'opinion communément répandue est qu'« il ne sera pas facile aux pays sous-développés d'utiliser immédiatement les ressources d'énergie solaire, quel qu'en soit l'intérêt économique. De tels pays auront besoin de l'aide des marchés financiers du monde » (Hobson, 1956 : 38). Tel serait effectivement le cas si, contrairement au bon sens le plus élémentaire, les pays sous-développés, en la personne de leurs dirigeants, continuaient à se laisser convaincre qu'ils doivent et peuvent laisser aux autres le soin de s'occuper de questions aussi importantes pour leur propre avenir que l'utilisation de l'énergie solaire, de l'énergie atomique pour ne citer que ces deux exemples. Il est en tout cas illusoire de penser que les pays développés, subitement touchés en vertu d'on ne sait quel miracle par l'ampleur de nos problèmes, l'urgence de nos besoins et les impératifs de notre développement, solutionneraient à notre avantage le problème de la création des outils les mieux adaptés à nos moyens et à nos conditions de développement. Tout ce qui semble être fait dans ce sens l'est bien plus par souci de conquête de marchés que par altruisme, et il faut s'en convaincre définitivement.

Pour revenir à la question de l'utilisation de l'énergie solaire, « une qualité qui est bienvenue de beaucoup de dispositifs solaires est leur simplicité; ils peuvent être fabriqués localement avec un peu plus que l'habileté manuelle. Une coopérative de villageois pourrait, avec un minimum d'encadrement, faire le projet d'une unité de chauffage solaire et la construire sans difficulté. Le coût des matériaux est souvent relativement bas; et si le travail doit vraiment être fait, ce serait la voie la plus économique pour le faire » (Hobson 1956, 38). Bien que ce ne soit sûrement pas par la construction de chauffeurs d'eau solaire que dans l'ordre des urgences les villageois de la campagne africaine auraient à commencer, l'appréciation précédente, d'ailleurs contradictoire avec une autre du même auteur cité plus haut, méritait d'être soulignée.

C'est dire qu'il dépend surtout de l'exigence de l'opinion publique des pays africains, des organisations politiques, syndicales et de jeunesse, des efforts des gouvernements et aussi du travail des cadres scientifiques et techniques, que dans le cadre d'une orientation vraiment profitable en matière de politique d'investissements, la

recherche scientifique et technique (même si elle doit se restreindre à un certain nombre de domaines au départ), occupe la place qu'elle mérite dans les préoccupations des pays africains. Certes, il faudra alors mettre en commun moyens matériels et cadres disponibles, car là comme ailleurs, la seule solution authentiquement africaine est celle de l'unité des pays africains. Est-il besoin de souligner que la recherche constitue aujourd'hui une forme d'investissement, dont la rentabilité n'est discutée par personne, et qu'il ne serait pas conforme aux intérêts des peuples africains de continuer à la considérer comme un « luxe » réservé aux seuls pays développés? Ce serait d'ailleurs faire preuve d'une incompréhension totale vis-à-vis des bases scientifiques et techniques du développement.

B. À propos des voies d'utilisation de l'énergie solaire dans les pays africains

Les différentes possibilités et la question de l'observation d'un ordre d'urgence

La conversion de l'énergie solaire en d'autres formes d'énergie peut être évidemment envisagée aussi bien dans le but de l'obtention de la chaleur, de l'énergie mécanique, que de l'électricité; ou bien être utilisée pour la réfrigération et la climatisation, la distillation de l'eau ou la production d'eau chaude, voire même le traitement de divers matériaux au four solaire, ou à une échelle plus petite, à la création de cuisinières solaires. Ces différents aspects présentent tous de l'intérêt à plus ou moins brève échéance; cependant, si l'on se réfère aux répercussions prévisibles de tel ou tel d'entre eux sur les conditions économiques et sociales, matérielles et spirituelles de vie dans les pays africains contemporains, il devient évident qu'on ne peut leur attacher une égale importance sociale, et qu'un ordre de priorité doit être respecté, sinon du point de vue de la recherche, du moins sur le plan du développement à plus ou moins grande échelle de l'utilisation de l'énergie solaire. Alors que la production d'énergie mécanique ou électrique, même limitée aux seules heures de la journée, fournirait la base de transformations importantes des conditions de travail et de vie dans la campagne africaine, et pourrait contribuer dans une large mesure à la solution du problème de l'eau dans la zone sahéenne (aussi bien pour la consommation des populations que pour l'agriculture et l'élevage), la réfrigération et la climatisation,

examinées du point de vue du rendement social, ne sont intéressantes que sous l'angle de leur utilisation dans des buts d'intérêt collectif : chambres froides pour les hôpitaux, la conservation de la viande, et à la limite, climatisation de certains établissements quand il est prouvé que la société (et pas seulement des individus) en tirera profit; de même, la distillation ou le chauffage de l'eau, bien qu'étant les formes d'utilisation les plus immédiates, ne présentent actuellement de l'intérêt que dans certains cas assez restreints certes, mais qui pourraient déjà donner lieu à un développement notable : eau chaude pour les besoins des hôpitaux et des internats, des grands hôtels; eau distillée pour les hôpitaux et dispensaires, etc. La production de cuisinières solaires, très tentante sous différents aspects et au demeurant susceptible elle aussi de conséquences importantes (économie de combustible, et surtout cran d'arrêt au déboisement) ne peut malheureusement être envisagée avec fruit (production à grande échelle) qu'avec une industrialisation minimum des pays africains, car il est pratiquement exclu que des appareils importés reviennent assez bon marché pour être à portée de la bourse de la moyenne des familles africaines. Les fours solaires ne semblent pas redevables des mêmes servitudes, soit qu'on les envisage sous l'angle de la recherche, soit qu'ils soient conçus comme faisant partie d'ensembles ou complexes industriels.

Nous examinons dans ce qui suit les différents modes de conversion de l'énergie solaire, les caractéristiques techniques et économiques des dispositifs actuellement utilisés et les perspectives de développement prévisibles.

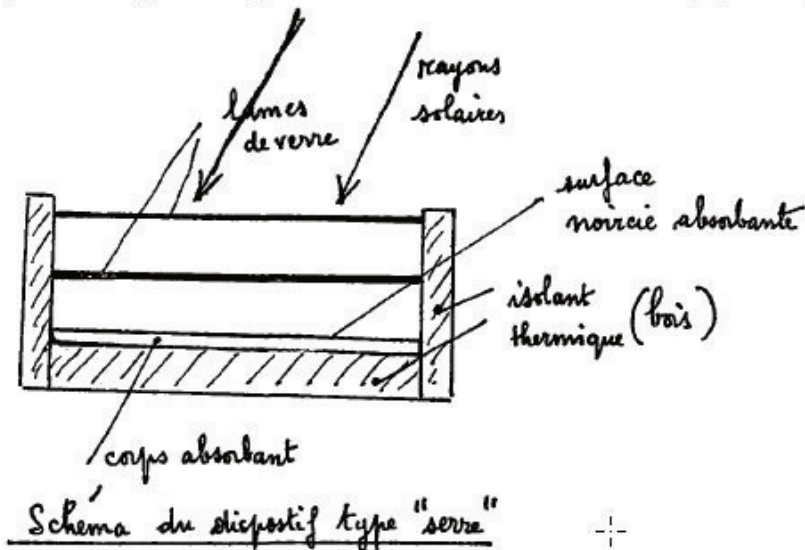
Conversion de l'énergie solaire en énergie mécanique et électrique

Obtention de l'énergie mécanique à partir de l'énergie solaire

Dans les dispositifs sans concentrateur, on utilise le phénomène bien connu appelé « effet de serre » dont l'illustration la plus courante est l'accumulation de la chaleur solaire à l'intérieur d'une voiture laissée vitres fermées au soleil, phénomène depuis longtemps mis en application dans la culture en serre, d'où son nom; une surface absorbante (surface métallique convenablement noircie) forme le « fond » d'une serre dont les parois sont en matériau ayant de bonnes qualités d'isolant thermique, tandis que le « dessus » est formé d'un certain nombre de lames de verre superposées et séparées par un

faible intervalle. On réalise ainsi une véritable « cage » — une sorte de prison si l'on veut — pour le rayonnement solaire. Selon les caractéristiques techniques, la surface absorbante pourra être portée à une température pouvant atteindre et dépasser 100 °C, ce qui permet de chauffer un liquide ou de le vaporiser (l'eau en particulier).

Le principe de base des dispositifs utilisés ou utilisables est bien connu : l'énergie calorifique est transmise à un fluide approprié (vapeur d'eau, autre gaz) de façon à lui communiquer une pression suffisante le rendant capable de fournir du travail mécanique; le rendement de la conversion suivant ce schéma dépend étroitement de la température de fonctionnement : le rendement maximum (rendement de Carnot) est en effet déterminé par les températures respectives des parties du dispositif qui jouent le rôle de chaudière (chauffage du fluide utilisé) et de condenseur (condensation de la vapeur s'il s'agit de vapeur d'eau ou de tout autre liquide, et dans tous les cas récupération d'au moins une partie de la chaleur encore disponible), suivant la formule : rendement mécanique = $(T2 - T1)/2 : T2$, où T2 est la température du fluide à la chaudière et T1 la température du fluide au condenseur.



On voit toute l'importance de la température de régime du

dispositif de conversion, d'où il découle qu'on doit distinguer le cas des dispositifs sans concentrateurs et celui des dispositifs avec concentrateurs.

Avec le premier type de dispositif la température de fonctionnement qui peut être réalisée plafonne actuellement autour de 250 à 300 °C, ce qui correspond à un rendement théorique maximum de l'ordre de 32 à 46 % et un rendement effectif éventuel de quelques pour cent seulement : en effet, et c'est là l'un des problèmes techniques ardues posés par ce type de dispositif de conversion, la limitation de la puissance qui découle simultanément de l'absence de concentration et de l'impossibilité technique d'augmenter à volonté la surface de captation du rayonnement solaire, conduit à faire appel à de petites machines à vapeur ou à de petites turbines qui sont caractérisées dans un cas comme dans l'autre (du moins dans l'état actuel de leur technique), par un rendement organique très bas, d'où un rendement global encore inférieur. Comme l'ont déjà souligné à plusieurs reprises de nombreux chercheurs⁸, le développement de l'utilisation de l'énergie solaire au moyen de dispositifs sans concentration et suivant le schéma classique est subordonné à la mise au point de turbines et machines à vapeur de petite taille et à rendement acceptable; c'est ce que prouvent par ailleurs les tentatives de réalisations effectuées dans ce domaine. Il vaut cependant d'être remarqué que la réalisation de dispositifs à température de fonctionnement située autour de 200 °C, sans faire appel à un concentrateur (notamment par l'utilisation de surfaces absorbantes sélectives) permet déjà de faire appel aux machines à vapeur de taille classique.

On améliore beaucoup la situation en utilisant un concentrateur : celui-ci est un miroir (sphérique, conique, parabolique cylindrique ou de révolution) et qui renvoie les rayons solaires qui tombent sur la totalité de sa surface (qui peut être très grande) dans une région de faible dimension (image ou tache focale). Avec cette concentration préalable, qui peut atteindre 5 000 dans le cas de bons miroirs paraboliques de révolution (type projecteur de D.C.A.) une des sources de difficultés techniques soulevées par l'utilisation de l'énergie solaire (sa faible densité) est pratiquement liquidée; alors que les dispositifs sans concentration ne permettent que difficilement de dépasser 300 °C, les miroirs cylindro-paraboliques

8. Le D^r Tabor (Israël) en particulier.

donnent couramment 700 °C et les miroirs paraboliques de révolution 1 000 à 3 700 °C selon le soin apporté à leur construction. On conçoit dès lors qu'il est possible d'envisager la production de vapeur à haute pression (un miroir de ce type, ayant 10 mètres de diamètre, a permis, en U.R.S.S. la production de 40 kg de vapeur à 5-7 atmosphères), ce qui permet d'aborder la production d'énergie mécanique – ou électrique – avec les machines classiques (turbines, machines à vapeur) et surtout, d'obtenir des rendements de l'ordre de 10 à 20 % pour la production d'énergie mécanique – ou électrique.

Si donc le recours à un miroir concentrateur complique le schéma du dispositif de conversion et exige sensiblement plus de dépenses, ces inconvénients sont très largement compensés par le gain énorme sur le plan du rendement, donc des performances de l'installation. La gamme des températures réalisables (selon le type et la perfection du miroir concentrateur) permet, par ailleurs des utilisations aussi variées que la production d'énergie mécanique ou électrique, la distillation ou l'ébullition de l'eau, la cuisine solaire ou à une échelle plus grande, le four solaire. Enfin, les matériaux utilisés dans la construction des miroirs (glace – verre argenté ou aluminé – , aluminium électropoli; feuille d'aluminium ou matières plastiques aluminées ou argentées, etc.) sont dès aujourd'hui disponibles à des prix abordables.

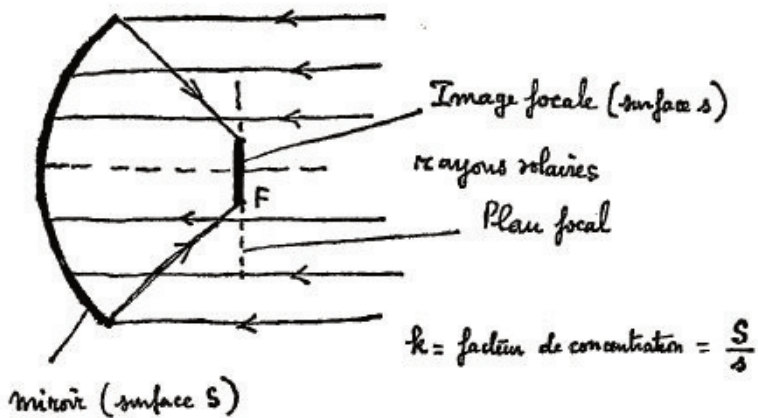


Schéma de principe d'un miroir concentrateur

Obtention de l'énergie électrique à partir de l'énergie solaire

Nous n'examinerons pas le cas de la génération de l'électricité à l'aide de machines du type alternateur ou dynamo, puisqu'il relève en fait de l'obtention préalable de l'énergie mécanique devant faire tourner la dynamo ou les alternateurs. Reste à considérer la génération directe d'électricité à partir de l'énergie solaire; les dispositifs correspondant à ce mode de conversion sont les générateurs thermo-électriques, thermo-ioniques et photo-électriques. Dans l'état actuel de la technique, les deux premiers types de dispositifs semblent être les plus immédiatement rentables économiquement, en raison du coût actuellement encore trop élevé des matériaux les plus intéressants pour la construction de photopiles solaires d'assez grande puissance : germanium, silicium et autres semi-conducteurs à pouvoir photo-électrique très élevé; il suffit de se référer aux prix actuels des photopiles utilisées comme accessoires en photographie pour se rendre compte que même des dispositifs à concentration préalable du rayonnement solaire reviendraient trop chers. Par contre, l'utilisation d'alliages semi-conducteurs à pouvoir thermo-électrique élevé (par rapport à celui des métaux et autres matériaux), jointe à la mise en œuvre d'une concentration préalable du rayonnement solaire, permet déjà la réalisation de dispositifs de conversion (batteries thermo-électriques solaires) dont le rendement théorique est de l'ordre de 10 à 20 % et le rendement effectif de l'ordre de 8 à 10 %. De plus, le prix de revient de ces alliages (surtout eu égard aux quantités nécessaires) est très abordable économiquement; ils peuvent d'ailleurs éventuellement être préparés sur place. En sorte que les batteries solaires thermo-électriques, particulièrement adaptées par surcroît à la réalisation de groupes de pompage de l'eau sont certainement parmi les dispositifs de conversion les plus intéressants à tous les points de vue pour les pays africains. Ce qui ne veut nullement dire d'ailleurs que les dispositifs utilisant l'effet thermo-ionique (émission d'électrons par les corps chauffés) ne soient pas dignes d'intérêt malgré l'avance relativement moins poussée de leur mise au point. Bref, les caractéristiques techniques et économiques des dispositifs de conversion directe de l'énergie solaire en électricité apparaissent comme étant actuellement (et il est très probable qu'il en sera encore ainsi pendant longtemps) les seuls susceptibles de permettre la réalisation d'installations pouvant

déjà, sur le plan du prix de revient de l'énergie produite, entrer en concurrence avec les procédés classiques.

Réfrigération et climatisation par utilisation de l'énergie solaire

La question de la réfrigération et de la climatisation par l'énergie solaire, même si actuellement elle ne présente pas le même degré d'urgence que l'obtention directe d'énergie mécanique ou électrique pour les pays africains, est cependant sur le plan des perspectives d'avenir une de celles qui doivent retenir l'attention parce qu'en dehors de la mise en œuvre de ce mode d'utilisation de l'énergie solaire pour des buts à caractère social, il est évident que dans les conditions climatiques qui sont celles de nos pays, l'amélioration du bien-être des populations, celle des conditions de travail devra nécessairement passer par le développement de la réfrigération et de la climatisation. Il se trouve que sur le plan technique, la réfrigération et la climatisation sont possibles aussi bien au moyen de dispositifs sans concentrateur qu'avec des dispositifs utilisant un miroir concentrateur qui, du reste, n'a nullement besoin d'avoir un coefficient de concentration élevé (un miroir parabolique cylindrique est amplement suffisant). Enfin, les caractéristiques techniques et économiques des dispositifs de réfrigération et de climatisation permettent d'envisager une exploitation rentable dans les conditions actuelles, du moins dans les conditions qui sont celles des pays africains et encore plus s'il s'agit d'une utilisation qui supporte un délai d'amortissement assez long comme c'est le cas pour celle envisagée plus haut (hôpitaux), ou justifiant les investissements correspondants (chambres froides dans les pays d'élevage, en vue d'une exploitation rationnelle du bétail).

L'ordre de grandeur du rendement des dispositifs de réfrigération et de climatisation (30 à 50 %) est déjà tout à fait acceptable et les appareils réalisés montrent qu'un développement immédiat est tout à fait possible.

Distillation et chauffage de l'eau

Ce mode d'utilisation de l'énergie solaire se classe parmi ceux actuellement susceptibles du meilleur rendement; malheureusement, à part les quelques cas d'espèce signalés plus haut (hôpitaux et dispensaires, internats, grands hôtels) il ne semble pas, si du moins

on est guidé par les répercussions sociales de sa mise en œuvre, que l'on puisse envisager dans l'immédiat une extension notable de la distillation de l'eau et de la production d'eau chaude par l'énergie solaire dans les pays d'Afrique Noire. Il est vrai que la satisfaction des besoins qui paraissent comme étant les plus urgents fournit déjà une base qui est loin d'être négligeable à la réalisation de ce type de dispositifs en Afrique; comme il s'agit par ailleurs d'appareils relativement simples, peu coûteux, faciles à construire, les possibilités qu'ils recèlent ne semblent pas devoir être négligées. Des rendements de l'ordre de 40 à 50 % sont couramment obtenus et on atteint même 60 et 70 %.

Enfin, particularité dont l'existence est d'un grand intérêt, ces dispositifs ne nécessitent aucun concentrateur (encore moins en Afrique tropicale où la température ambiante est assez élevée, ce qui limite les pertes de chaleur, et l'intensité du rayonnement solaire total toujours notable) et ne présentent pas de dimensions critiques, ce qui permet d'en réaliser de capacité répondant strictement à la consommation envisagée.

Fours et cuisinières solaires

a) En ce qui concerne les cuisinières, nous ne nous étendrons pas pour des raisons déjà indiquées : malgré leur intérêt, elles ne seront vraiment, à notre avis, à l'ordre du jour qu'après un minimum de réalisations industrielles en Afrique, qui permettraient la production et la vente massive de ces appareils. Car c'est seulement l'emploi généralisé des cuisinières solaires qui aura des incidences économiques et sociales importantes en Afrique Noire, et nous l'avons déjà vu, mais nous insistons sur ce fait, cela implique des prix de revient tels que seule une production nationale avec ce qu'elle doit comporter de prise en considération de facteurs économiques à portée strictement nationale (entre autres, économie de combustible, politique de reboisement, etc.) pourra effectivement s'y intéresser; cela d'autant plus que les matières premières ne manquent justement pas dans les pays africains (essentiellement aluminium).

b) Les fours solaires ne sont pas seulement ces appareils de recherche, «jouets» pour savants ou sujets d'étonnement et d'enthousiasme de visiteurs très officiels. On sait qu'en fait, à Mont-Louis, en France, le Professeur Trombe a réalisé au four solaire la

synthèse d'un certain nombre de matériaux (réactions chimiques à haute température, les fours permettant d'obtenir 2 000 à 3 500 °C) et leur production à l'échelle semi-industrielle; si dans les conditions de la France de tels procédés peuvent être dédaignés, il ne semble guère devoir en être de même pour les pays africains. En particulier, le traitement au four solaire de matériaux réfractaires, surtout dans le cas où les températures exigées ne nécessitent pas une construction très soignée qui pourrait être coûteuse, nous semble pouvoir et devoir être envisagé; quant à la synthèse chimique au four solaire, elle peut se révéler d'une très grande portée économique pour les pays africains.

Ce qui précède indique que l'utilisation de l'énergie solaire au moyen des fours présente un grand intérêt; si l'exploitation immédiate de grands fours n'est pas toujours possible, du moins est-il important que sur le plan de la recherche et des études préalables, l'on puisse disposer en Afrique d'un certain nombre de petits fours solaires.

Conclusions

1. Les pays africains disposent sous la forme de l'énergie du rayonnement solaire, d'importantes ressources restées jusqu'ici inexploitées et auxquelles ni les dirigeants politiques ni l'opinion publique ne semblent accorder l'intérêt qu'on pourrait attendre. Ceci, soit par ignorance, soit qu'on se laisse trop facilement convaincre qu'il s'agit soi-disant de « rêves » de savants sans réalité immédiate.
2. Il est possible, dès aujourd'hui, d'entreprendre l'utilisation pratique de l'énergie solaire dans les pays africains en se limitant au départ aux modes de conversion et aux dispositifs qui, par les répercussions économiques et sociales qu'ils entraîneraient à brève échéance, en feraient un placement très rentable. D'autant plus que, d'une part, les investissements correspondants (dont il ne faut d'ailleurs pas exagérer le volume) rentreraient tout simplement dans le cadre plus général de ceux déjà obligatoires si tant est qu'on veuille inaugurer un développement assez rapide de ces pays; d'autre part, sur le plan des prix de revient actuels de l'énergie, tels qu'ils ont cours dans les villes et la campagne africaine, l'utilisation de l'énergie solaire supporterait dès le départ et dans toute une série de domaines, la concurrence des procédés classiques de production de l'énergie.
3. Du point de vue des perspectives d'avenir, les pays africains

disposent des matières premières essentielles au développement à grande échelle d'une utilisation généralisée de l'énergie solaire (aluminium, autres métaux indispensables pour l'obtention d'alliages semi-conducteurs thermo-électriques, etc.) et d'un marché intérieur à capacité pratiquement illimitée en ce qui concerne la consommation de la production de dispositifs de conversion.

4. L'intérêt bien compris des pays africains exige, si l'on ne s'en tient pas à une politique au jour le jour au demeurant souvent orientée par le néo-colonialisme, que sur le sol africain soient jetées les bases non seulement de la recherche en vue de l'utilisation systématique de l'énergie solaire, mais aussi de la réalisation des dispositifs de conversion en commençant bien entendu par les plus simples et plus généralement ceux susceptibles d'être construits sur place, au besoin dans une première phase, à partir de produits bruts ou semi-finis importés. L'encombrement moyen des appareils destinés à l'utilisation de l'énergie solaire, la disparité des échelles de salaires, tout démontre qu'une telle production sur place reviendra souvent (pour ne pas dire toujours) moins cher que l'importation. Certes pour cela, il faudra accepter de faire les placements nécessaires (équipement d'au moins un laboratoire, développement d'ateliers de constructions mécaniques, équipement de stations météorologiques en appareils de mesure de l'insolation et du rayonnement solaire, etc.); les dépenses correspondantes sont selon le cas, soit à envisager à l'échelon des États respectifs, soit pour celles à caractère commun évident, à l'échelle d'un groupe d'États; enfin, remarquons que l'équipement industriel, du fait de son utilisation polyvalente, ne peut être considéré comme une dépense de poste déterminé. En dehors de l'aspect dépenses et investissements, une autre nécessité est que les scientifiques et techniciens africains s'intéressent effectivement, sous les divers aspects qu'elle revêt, à la question de l'utilisation de l'énergie solaire en Afrique; on pourrait d'ailleurs, plus généralement, en dire autant de toute une série d'autres domaines scientifiques et techniques. Il est particulièrement important, à cet égard, que disparaisse chez beaucoup d'intellectuels africains la tendance à se décréter dirigeants politiques (on pourrait dire de droit divin) pour faire place à une volonté de discerner et d'accepter leurs responsabilités d'intellectuels de pays encore trop souvent

mystifiés et exploités. Ce qui ne veut d'ailleurs nullement dire qu'ils aient à se désintéresser de la politique, mais signifie plutôt qu'ils doivent trouver les voies de le faire sans sacrifier l'accomplissement de tâches qui sont les leurs dans le cadre plus général de celles que, sous nos yeux, sont en train d'accomplir les peuples africains sur le plan de la prise en mains de leur destin et de ce « recommencement de l'histoire de l'homme » dont parlait Frantz Fanon.

Pour employer une expression hélas trop usée, c'est le moment, pour les uns et les autres, de « prendre leurs responsabilités ».

Références

- Daniels, Farrington. 1956. « The Sun Energy ». In *Proceedings of the World Symposium on Applied Solar Energy, Phoenix, Arizona, November 1-5, 1955*. Menlo Park, Calif.: Stanford Research Institute.
- Hobson, J. 1956. « The Economies of Solar Energy ». In *Proceedings of the World Symposium on Applied Solar Energy, Phoenix, Arizona, November 1-5, 1955*. Menlo Park, Calif.: Stanford Research Institute.

Albert-Michel Wright, un présent empêché
ou les quatre décennies de l'héliotechnique
ouest-africaine

FRÉDÉRIC CAILLE

Les deux chapitres qui suivent complètent et prolongent l'article d'Abdou Moumouni Dioffo sur l'énergie solaire repris dans ce livre. Ils sont de la plume d'Albert-Michel Wright, qui avait accepté et prévu de venir participer aux rencontres internationales Roger Decottignies de Dakar au mois de mai 2016, mais qui en fut empêché au dernier moment. Ils ont été publiés, il y a quelques années déjà, sur le site Internet de « Cri de Cigogne » (CDC), groupe de réflexion et de proposition indépendant sur le Niger¹.

- Le premier texte (Wright, 2010b), rédigé en avril 2009, est une évocation directe du parcours, des travaux et de la personne d'Abdou Moumouni Dioffo. Il met en perspective les éléments

1. Nous remercions Albert-Michel Wright d'avoir permis et soutenu cette réédition.

biographiques et le contexte sociohistorique des relations technoscientifiques internationales au lendemain de la Seconde Guerre mondiale.

- Le second texte (Wright, 2010a), préparé pour un séminaire tenu à l'Université Gaston Berger de Saint-Louis du Sénégal du 28 au 30 mai 2009, est une réflexion plus large sur les énergies renouvelables en Afrique de l'Ouest et sur les éléments qui empêchèrent la venue à maturité des projets élaborés dans les décennies 1960-1980.

Wright a été l'élève puis le collaborateur et le successeur d'Abdou Moumouni Dioffo à la tête de l'Office Nigérien de l'Énergie solaire (ou ONERSOL).

En termes clairs, parfois vifs et directs, il donne à voir certains des fils qui lient hier à demain, c'est-à-dire, notamment, les connexions entre les projets énergétiques durables des années 1970, les conditions d'une démocratisation de l'enseignement scientifique et technologique au Niger et en Afrique de l'Ouest et, plus largement, l'émancipation intellectuelle et économique des jeunes nations indépendantes.

Le témoignage d'Albert-Michel Wright est celui de la génération qui suit immédiatement celle des pionniers du solaire africain, celle des élèves directs et enthousiastes des premiers conquérants de la liberté scientifique et d'accès aux études supérieures, comme il l'évoque de manière touchante. À plus d'une reprise, on percevra le tison encore brûlant de cet engagement de jeunesse, après près de quatre décennies de recherche, d'enseignement et de pilotage scientifiques, prioritairement orientés vers les potentialités des énergies vertes africaines.

Mais le propos d'Albert-Michel Wright est aussi le témoignage, plus sombre, notamment dans le second texte, du « constat amer que nous tournons en rond ». Dans cette communication, on trouvera en effet un historique précis et réflexif de la structuration institutionnelle et scientifique des politiques pionnières de recherche du solaire africain jusqu'aux années 1980, un historique très complémentaire des analyses présentées dans le livre *Du soleil pour tous* (Caille et Badji 2018), orienté vers le bilan et la mesure des fausses-pistes et des chausse-trappes de l'histoire énergétique de la fin du XX^e siècle.

La question de l'autonomie énergétique n'est ni strictement « technologique », ni étroitement « économique », comme cela est dit à plusieurs endroits du présent ouvrage, comme l'a bien démontré Timothy Mitchell (2017). C'est aussi ce que pense Albert-Michel Wright qui l'illustre depuis son expérience de terrain de manière précise.

Albert-Michel Wright n'est pas de ceux qui abandonnent leurs convictions et leurs analyses parce que des rapports de force socioéconomiques les ont empêchées d'aboutir. Les lectrices et lecteurs, au-delà des deux chapitres qui suivent, pourront d'ailleurs le vérifier en visionnant le documentaire de Malam Saguirou consacré à Abdou Moumouni Dioffo dans lequel Wright apparaît à plusieurs reprises (Saguirou, 2017). Ils apprécieront la manière dont il s'efforce de transmettre son souffle solaire aux jeunes générations et « remet à sa place » un prospère entrepreneur nigérien au sujet de l'avenir de l'énergie nucléaire au Niger.

Car on n'a pas tort parce qu'on a été, pour un temps ou une époque au moins, vaincu, empêché, marginalisé, surtout en matière de développement énergétique, humain et civilisationnel.

Références

Caille, Frédéric et Mamadou Badji. 2018. *Du soleil pour tous. L'énergie solaire au Sénégal*. Québec : Éditions science et bien commun.

Mitchell, Timothy. 2017. *Carbon democracy. Le pouvoir politique à l'ère du pétrole*. Paris : La Découverte Poche.

Saguirou, Malam. 2017. *Solaire made in Africa. L'œuvre du Pr Abdou Moumouni Dioffo*. Documentaire. Dangarama.

Wright, Albert-Michel. 2010a. « Les Énergies renouvelables dans l'espace ouest-africain | Cri de Cigogne ». Cri de Cigogne. 10 septembre 2010. <http://www.cridecigogne.org/content/les-energies-renouvelables-dans-l-espace-ouest-africain>

———. 2010b. « Pr Albert Wright rend hommage au Pr Abdou Moumouni Dioffo | Cri de Cigogne ». 10 septembre 2010.

<http://www.cridecigogne.org/content/pr-albert-wright-rend-hommage-au-pr-abdou-moumouni-dioffo>

Pr Albert Wright rend hommage au Pr
Abdou Moumouni Dioffo

ALBERT-MICHEL WRIGHT

En juillet 1956, Abdou Moumouni Dioffo devient le premier Africain à réussir l'agrégation en Sciences physiques sous le régime colonial. La nouvelle explosa à la manière d'un bouquet de feux d'artifice, tant au Niger qu'ailleurs dans l'Afrique colonisée... Ceci d'autant plus qu'elle était renforcée par l'annonce simultanée de deux autres brillantes admissions d'Africains, le Burkinabé Joseph Ki Zerbo à l'agrégation d'histoire et le Nigérien Bâ Boubacar à l'École Normale Supérieure de Paris où il devait préparer l'agrégation de mathématiques.

Quel élogieux palmarès à l'actif de l'intelligentsia africaine en formation en France!

J'étais élève au Collège classique et moderne de Niamey (devenu Lycée National en 1960 et actuel Lycée Issa Korombé). La sensationnelle nouvelle suscita dans tout le collège fierté, admiration et émerveillement! Et voici que quatre ans plus tard, arrivent dans

notre lycée les deux premiers professeurs africains en sciences exactes : Christian Angelo, un Bénino-nigérien, qui prend en charge les classes de première et Abdou Moumouni Dioffo qui encadre les terminales scientifiques, notamment la classe de Mathématiques élémentaires.

Pour les élèves des séries scientifiques dont je faisais partie, ces deux personnages deviennent désormais le point de mire et tout simplement la légende vivante du lycée! Nous passons notre temps à singer leur façon de s'exprimer, de marcher, certains de leurs tics d'enseignants... Cela, sans méchanceté, parce que tout simplement nous les admirions comme des héros dont l'exemple devait raffermir notre volonté de réussite pour devenir, nous aussi, les prochains agrégés en sciences exactes!

Pour comprendre l'engouement et le respect qu'inspirait cette manifestation éclatante du SAVOIR qu'ils symbolisaient, il faut se rappeler que la domination coloniale directe vivait ses derniers moments sur le continent africain et qu'au Niger, les autochtones titulaires du baccalauréat de l'enseignement secondaire se comptaient encore sur les doigts d'une main! Alors, voir arriver tout d'un coup un licencié et un agrégé ès sciences physiques... quel phénomène!

Pendant l'année scolaire 1960-1961, Abdou Moumouni devint notre professeur de physique – chimie. Sa dévotion à la physique et le soin religieux qu'il a apporté à déclencher notre éveil de conscience et notre enthousiasme à poursuivre nos études dans des branches scientifiques nous ont tous marqués à des degrés divers.

Ma formation en sciences physiques s'est poursuivie en France, après l'obtention de mon « bac math-élem », comme on disait à l'époque. J'ai à nouveau rencontré Abdou Moumouni à Odeillo, en juillet 1968, dans les Pyrénées françaises, lieu d'implantation du premier et célèbre grand four solaire de 1 000 kilowatts de puissance thermique, construit sous la direction du Professeur Francis Trombe qui fut aussi l'un des examinateurs de la thèse d'État soutenue par Abdou Moumouni à Paris, en 1967. Cela a été ma première occasion de découvrir le formidable potentiel énergétique du soleil et de prendre conscience des possibilités de son exploitation pour les applications terrestres.

Devenu professeur de physique-chimie au lycée national en 1969 et plus tard conseiller pédagogique en sciences physiques dans

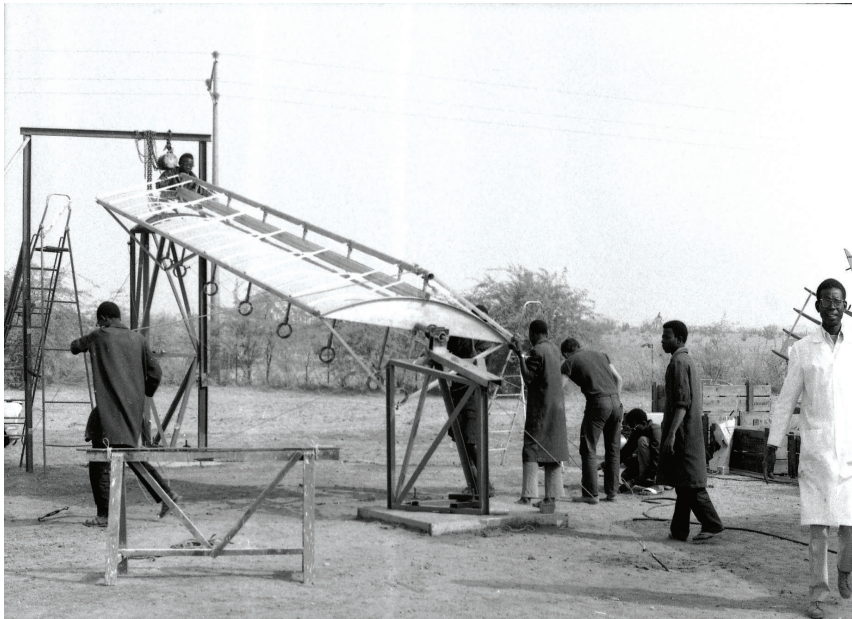
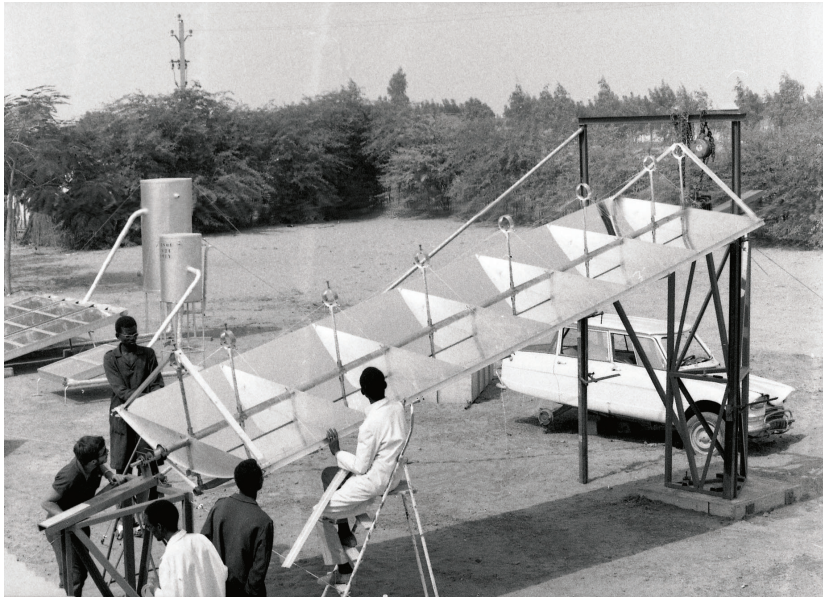
les CEG du Niger, j'ai pourtant continué à suivre avec intérêt les travaux entrepris à l'Office de l'énergie solaire (ONERSOL, actuel CNES), par Abdou Moumouni, devenu Directeur de ce Centre en 1969, après qu'il eût exercé, soit comme professeur, soit comme chercheur, d'abord au Sénégal, puis en Guinée et enfin au Mali, où il a créé le Centre d'énergie solaire de ce pays avec l'appui de l'équipe dirigeante RDA du Mali de l'époque présidée par Modibo Keita.

Intéressé par mon profil de formation intégrant des connaissances de base en phénomènes de transferts, hydrodynamique et thermodynamique, il m'a convaincu de venir m'associer à ses travaux, ce que j'ai fini par accepter, en renonçant à ma carrière d'enseignant, pour demander mon rattachement à l'ONERSOL, en octobre 1973.

Devenu à partir de ce moment et pendant 12 ans, le bras droit d'Abdou Moumouni, j'ai participé tant aux calculs, à la réalisation et au suivi expérimental des différents prototypes de systèmes mis au point à l'ONERSOL, mais aussi à la remarquable tentative d'implantation locale d'une capacité industrielle d'équipements solaires à des fins de vulgarisation et de commercialisation, qu'il a entreprise à partir de 1974.

Parmi les systèmes mis au point et commercialisés, on peut citer :

- Les capteurs plans à doubles vitrages utilisés comme sources chaudes de moteurs thermodynamiques SOFRETES : le moteur à deux pistons en ligne et de 1 kilowatt, expérimenté à Bossey-Bangou en 1969, pour l'hydraulique villageoise; le moteur à vis de 10 kilowatts, expérimenté à Karma en 1975 – 1977 pour irriguer une rizière, dans les environs de Niamey;
- Plus de 500 chauffe-eau solaires entièrement conçus en aluminium et construits localement par la SONIEN/ONERSOL, une des premières usines d'appareils solaires de ce type, en Afrique de l'Ouest. La qualité industrielle de cette production est aujourd'hui attestée par la longévité de ces appareils dont certains sont encore en service sur plusieurs villas à Niamey et à l'extérieur, après plus de 30 ans d'usage!
- Quelque 70 distillateurs solaires performants de capacités 10 litres et 25 litres/jour, pour la production d'eau distillée industrielle.



Le professeur Abdou Moumouni Dioffo (à droite et de face, deuxième image) au travail avec le personnel de l'ONERSOL et le coopérant militaire français Gérard Carbo, ingénieur des Arts et Métiers, au début des années 1970. En arrière-plan, les premiers chauffe-eau solaires réalisés à Niamey. Toutes les images sont issues de la collection privée de Marc Jacquet-Pierroulet (voir le portfolio photographique « Les ateliers du solaire » dans le présent ouvrage).

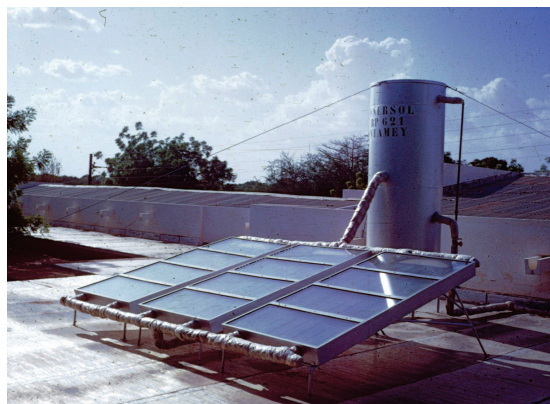
Parmi les systèmes dont les travaux de conception et de réalisation ont été avancés à différents stades de réalisation sans qu'ils aient pu être achevés, on peut citer de manière non exhaustive :

- Un moteur solaire thermodynamique à cycle de Rankine du fréon 11 ou du fréon 113 et à fort taux de détente, muni de son échangeur thermique pour permettre une production de puissance mécanique de 10 kilowatts; ce moteur, objet du brevet d'invention OAPI N° 5 408/04898 du 13 février 1975, a d'abord été construit en 1979/80 en collaboration avec l'industriel allemand Spilling de Hambourg, puis testé en usine pendant 1 200 heures en 1980/82 (ce qui équivalait à une année solaire de fonctionnement), avant d'être transporté au Niger où il est malheureusement remisé dans un local depuis mars 1984, sans que se soit manifestée la volonté de poursuite des efforts de recherche/développement. Et pourtant, la pertinence du choix de cette technique est maintenant confirmée avec la production d'électricité commerciale réussie dans les centrales thermiques à capteurs cylindro-paraboliques de Luz en Californie depuis les années 1988 et la programmation récente du projet DESERTEC, qui ambitionne de couvrir une partie des besoins européens en électricité, à l'horizon 2050, à l'aide de ce même type de centrales thermodynamiques, que les Européens projettent d'installer dans le SAHARA;
- Un four solaire à miroir réflecteur de forme parabolique, éclairé par deux héliostats mobiles, destiné à produire à son foyer une puissance thermique de 50 kilowatts avec l'atteinte d'une température de 1 500 °C. Plus de 100 millions de francs CFA ont été investis dans le début de réalisation de ce projet pendant la période 1978/81, avec notamment l'implantation sur site de la charpente support du parabolique, des deux héliostats et du local où devait être aménagé le foyer de cuisson des produits à traiter;
- Début de construction de la source chaude solaire du moteur

thermodynamique ONERSOL-SPILLING. Elle comporte des capteurs plans à doubles et triples vitrages en liaison avec des collecteurs cylindro-paraboliques orientés suivant l'axe du monde. Elle a fait l'objet de la délivrance par l'OAPI du brevet N° 55409/04899 du 13 février 1975. Elle devait constituer un générateur de vapeur de fréon 113 capable de maintenir dans l'échangeur, une température de 170 °C, avant admission dans le moteur¹.



Atelier de montage.



Chauffe-eau solaire produit par l'ONERSOL (vers 1971).

1. Note des éditeurs : tous ces projets et les infrastructures encore existantes sont bien montrés et évoqués par le fils d'Abdou Moumouni Dioffo dans le documentaire de Malam Saguirou cité en présentation.

Comme évoqué ci-dessus, Abdou Moumouni avait obtenu, tout comme auparavant au Mali, l'accord et l'appui des autorités politiques de l'époque pour construire une unité de production industrielle, la Section Fabrication de l'ONERSOL (SONIEN), implantée dans la Zone industrielle de Niamey en 1975. Cette entreprise a été équipée de machines-outils modernes et performantes lui assurant une capacité nominale de production de 400 chauffe-eau, plus 2 000 m² de capteurs plans thermiques par an. Première chaîne de production industrielle de cette qualité, dans cette partie du monde, elle devait par ailleurs servir de support au nécessaire travail de développement des systèmes solaires conçus par la Section Recherche de l'ONERSOL, en parallèle avec une production commerciale des systèmes dont la mise au point était achevée.

La Section Fabrication de l'ONERSOL concrétisait de la sorte un vieux rêve caressé par Abdou Moumouni, – démonstration de ce fameux et récent leitmotiv du jeune Président Obama, « Yes, we can! » –, celui d'implanter au Niger une capacité endogène de production industrielle de matériels solaires, y compris demain, de son moteur thermodynamique! Ce moteur d'ailleurs représentait lui aussi, son espoir d'apporter une réponse adéquate au besoin d'énergie des populations pauvres du Niger, elles qui se retrouvent disséminées dans plus de 13 000 villages à travers ce vaste territoire de 1 267 000 km²! En effet, des unités énergétiques autonomes de 10 à 20 kilowatts de puissance (comme escomptées par son moteur) répondent parfaitement à la demande d'énergie de villages peuplés de 1 500 à 2 000 habitants.

L'objectif de tous ces efforts de recherche-développement et sa motivation, c'était cela! En effet, on oublie souvent de dire, s'agissant de son œuvre dans le domaine des Énergies renouvelables (EnR), qu'elle a été le prolongement sur le terrain de son engagement d'étudiant africaniste des années 1950, à Paris. Homme de science, il fut aussi un militant engagé des luttes anticolonialistes en faveur d'une Afrique libre et présente dans le concert des Nations. Il le prouva en rejoignant dès 1950 l'Association des Étudiants du RDA (AERDA) qui venait à la rescousse de ce grand parti de masse, le RDA, victime récente d'une violente répression coloniale après les événements de Dimbokro, le 29 janvier 1950. Avec Cheikh Anta Diop, il baigna plus tard dans l'ambiance intellectuelle du Quartier latin, dans le sillage de

penseurs nationalistes aussi célèbres qu’Aimé Césaire, Frantz Fanon, Majhmout Diop ou aux côtés de camarades comme Amadou Mahtar M’Bow, Ossende Afana, Joseph Ki Zerbo, Jean Suret Canale, Samir Amin... pour ne citer que ceux-là.

Façonné dans le moule de la pensée alors développée dans les Assemblées de la Fédération des Étudiants d’Afrique Noire en France (FEANF), prêchant la nécessité d’établir une Afrique Fédérale indépendante et unie, il est resté imprégné des principes ayant guidé la conduite et influencé l’action de la plupart des étudiants africains formés en France entre 1950 et 1980.

C’est pourquoi il se retrouva impliqué dans les multiples tentatives de construction d’une Afrique véritablement indépendante parce qu’ayant réussi à se libérer progressivement de ce besoin maladif d’assistance perpétuelle, grâce aux efforts déployés par ses fils, en vue de maîtriser les sciences et techniques, seuls vrais outils d’accès au développement. C’est ainsi qu’il a apporté sa contribution aux réflexions ayant débouché sur l’élaboration de Plan d’Action de Lagos en 1980 ainsi qu’au projet de création d’une Académie des Sciences d’Afrique.

En 1986, avec son ami l’ingénieur Sall Khalilou du Bureau d’études ORGATEC, ils ont réalisé un important travail de consultants dans l’espoir de sauver le Centre Régional d’Énergie solaire (CRES) de Bamako². Ils proposaient la mise en place d’un programme coordonné de recherche qui serait sous-tendu par un dispositif de formation de ressources humaines d’une part, conforté par la mise en place d’une capacité régionale de production de matériels solaires d’autre part, le tout reposant sur une synergie d’exploitation solidaire de moyens identifiés et recensés, donc déjà disponibles dans les différents centres de R et D des États du CILSS et de la CEAO. Ce travail n’a malheureusement pas retenu l’intérêt ni l’attention qu’il méritait de la part des décideurs politiques des États de la CEAO et du CILSS. Il n’a donc pas produit les fruits attendus, tout comme ce merveilleux Plan d’Action de Lagos, à cause, hélas, des grippages politiques!

Force est de constater, 19 ans après la disparition d’Abdou Moumouni, que son œuvre reste inachevée surtout qu’il n’y a pas de

2. Note des éditeurs : ce centre sera mis en place sous la direction technique de Jean-Pierre Girardier.

successeurs..., s'agissant des ressources humaines compétentes! Il y a donc là un problème réel de reprise et de poursuite de certains de ses travaux qui restent pourtant d'intérêt et d'actualité. Mais cela ne peut se faire qu'en revivifiant les centres d'acquisition du savoir scientifique et en encourageant l'enrôlement de jeunes étudiants. À Niamey existe un cadre favorable à une relance, notamment en créant une synergie de collaboration entre la Faculté des Sciences, l'EMIG et le CNES. La difficulté subjective qui va persister restera celle de ressusciter chez nos jeunes cette soif d'apprendre, ainsi que l'acceptation du sacrifice au travail pour servir sa communauté, car il faut bien reconnaître que le travail de recherche scientifique n'est pas une sinécure! Mais cette difficulté est elle aussi surmontable en y mettant les moyens financiers à même de motiver une nouvelle promotion de chercheurs.

Les énergies renouvelables dans l'espace ouest-africain

ALBERT-MICHEL WRIGHT

Ailleurs dans le monde développé, l'histoire révèle les découvertes, les avancées et enfin les conquêtes scientifiques et techniques ayant, en seulement 50 ans, débouché en apothéose sur des réalisations impressionnantes, malgré la traversée de deux conflits mondiaux entre 1900 et 1950! Victoire sur la saleté avec l'hygiène, victoire sur la maladie en médecine, victoires de la mécanique dans les transports et l'aéronautique, victoire sur l'atome qui perfectionne l'armement, triomphe de la pétrochimie, de la photographie, des télécommunications... de quoi laisser rêveur tout observateur attentif!

Dans la sous-région UEMOA-CEDEAO, s'agissant de la seule filière des énergies renouvelables (EnR), il y a eu de nombreuses initiatives de mise en place d'une synergie efficace d'intervention de tous les acteurs, notamment en créant les institutions suivantes au début des années 1980, sous l'égide du CEA et de l'OUA :

- pour la formation des ressources humaines, le Réseau des Institutions scientifiques et techniques (RAIST), qui regroupe en son sein plusieurs institutions d'Ingénierie, identifiées comme pôles d'excellence;
- pour la R et D, la Société d'Énergie Solaire d'Afrique (SESA), cadre de concertation et d'échanges d'expériences entre spécialistes;
- pour implanter une capacité industrielle locale de production d'équipements, le Centre Régional d'Énergie solaire (CRES/UPS) à Bamako.

Il est déconcertant de devoir reconnaître que les résultats qui en ont découlé restent nettement en deçà des espoirs escomptés par leurs auteurs. Une analyse des causes profondes de cette situation peut seule permettre de trouver la meilleure voie de ressaisissement des acteurs du domaine et de redynamisation de la coopération afin que les EnR jouent leur rôle pourtant évident d'outil de développement véritable.

Rappel historique du développement des efforts en R et D dans le domaine des énergies renouvelables en Afrique subsaharienne

En septembre 1958, de Gaulle, Président de la République française, proposa à l'Afrique colonisée sous tutelle de la France, un référendum devant lui permettre d'accéder, soit à l'indépendance totale immédiate, soit à une demi-autonomie dans le cadre d'une Communauté franco-africaine. L'année 1958 marqua donc, en pratique, une rupture des États africains colonisés avec leur statut de domination coloniale en même temps que l'arrivée d'Africains à la pleine responsabilité de la gestion politique d'États dont ils allaient progressivement assurer les choix d'options de développement qui allaient en façonner les devenirs.

Dans le domaine des sciences et techniques l'acquis colonial de l'espace ouest-africain francophone était maigre, tant en matière d'infrastructures institutionnelles qu'en ressources humaines. En effet seulement deux pôles universitaires avaient pris leur essor : Dakar et, avec moins d'envergure, Abidjan. On retrouvait en France le plus gros contingent d'étudiants africains en formation jusqu'à des niveaux universitaires supérieurs du troisième cycle. Nombreux étaient ceux, notamment parmi les militants d'organisations étudiantes comme

l'UGEAO (Union Générale des Étudiants d'Afrique occidentale) et la FEANF (Fédération des Étudiants d'Afrique Noire en France), qui s'étaient résolument préparés à devenir des bâtisseurs engagés du développement en Afrique indépendante, car ils avaient déjà assumé une part non négligeable des luttes ayant conduit à la libération du joug colonial.

À Rome fut organisée du 21 au 31 août 1961 la première Conférence des Nations Unies sur les Énergies renouvelables (EnR). C'est elle qui alla servir de déclic au démarrage, dans plusieurs pays, des travaux de R et D dans cette filière, car elle permit aux chercheurs présents à cette rencontre de découvrir les potentialités offertes par l'utilisation pratique de l'énergie solaire à l'aide de systèmes appropriés de conversion : effet de serre et de corps noir mis en œuvre dans le fonctionnement de capteurs plans thermiques pour chauffe-eau et séchoirs, cuisson des aliments au moyen de cuisinières à concentration, distillation solaire de l'eau.

En particulier les travaux du Professeur Félix Trombe dans le domaine des hautes températures, grâce à l'usage de paraboloïdes réflecteurs à forte concentration, firent sensation.

À Dakar, le Professeur Masson, Doyen de la Faculté des Sciences, encadra dès 1963 les travaux de thèse de l'ingénieur Jean-Pierre Girardier sur la conception et l'expérimentation d'une des premières motopompes thermiques solaires utilisant du chlorure de méthyle comme fluide caloporteur. Le Burkinabé Toguyéni et les techniciens de laboratoire M'Bow et Sarr ont été associés à ces travaux de pionniers.

Au Niger, l'ingénieur coopérant antillais Bernard Bazabas créa l'Office de l'énergie solaire (ONERSOL), qui entreprend dès 1965 des recherches pratiques qui vont déboucher sur la construction et l'installation chez des privés de chauffe-eau solaires fabriqués à partir de matériaux locaux de récupération ainsi que de cuisinières à effet de corps noir et à concentration. Il apportait ainsi la preuve au public nigérien de la faisabilité de la cuisson solaire, tout comme celle de la transformation du gypse en plâtre, réalisée par la cuisson de ce minerai à 170 °C, au foyer d'un paraboloïde réflecteur à concentration.

À Bamako au Mali, le Professeur Abdou Moumouni inaugura le LESO, Laboratoire d'Énergie solaire, dont il orienta les travaux vers

le développement de systèmes de conversion thermique de l'énergie solaire.

C'est pourquoi dès la fin des années 1960, on trouvait déjà dans la sous-région CEAO quelques cadres de recherche travaillant dans la filière des EnR dans des centres spécialisés implantés à Dakar, Bamako, Niamey et un peu plus tard à Ouagadougou, Lomé, Abidjan.

D'autres travaux étaient également conduits dans certains laboratoires de facultés des sciences.

Très vite les chercheurs et ingénieurs embarqués dans cette aventure scientifique ressentirent le besoin de se regrouper afin de conjuguer leurs efforts au sein d'une organisation régionale. Saisissant l'occasion de la tenue à Paris du 2^e Congrès mondial d'Énergie solaire sur le thème « le Soleil au service de l'Humanité » en juin 1973 sous l'égide de l'UNESCO, les Africains participant à cette manifestation, après s'être concertés, ont adhéré à l'idée de création d'une Association d'Énergie solaire. Leur initiative a, un peu plus tard, reçu l'aval de l'OUA et du CEA si bien que ces deux organisations africaines ont désormais œuvré ensemble à sa réalisation, acceptant de parrainer la création de la SESA (Société d'Énergie solaire de l'Afrique) le 25 novembre 1983 à Nairobi.

Le besoin de disposer de ressources humaines compétentes en quantité suffisante et à même de conduire des travaux de R et D en EnR d'un bon niveau technique a, de prime abord, été compris par les spécialistes de la filière dans toute la sous-région. C'est donc à leur instigation, mais aussi dans la mouvance des efforts internationaux de développement d'énergies alternatives destinées à contrer la crise pétrolière de 1973, que les Chefs d'État des pays de la CEAO, réunis lors de la 4^e conférence de cette organisation en octobre 1978 à Bamako, ont pris la décision de créer un Centre Régional d'Énergie solaire (CRES), au service de la sous-région¹.

Au début des années 1980 fut adopté le Plan d'Action de Lagos, suivi par la Conférence des Nations Unies sur les énergies alternatives tenue à Nairobi en août 1981. C'est alors que le PNUD accorda son appui à la mise en place d'un Réseau africain des Institutions scientifiques et techniques (RAIST), dont le coordonnateur s'installa

1. Voir note 3 du chapitre précédent et la déclaration des chefs d'État d'Afrique de l'Ouest reproduite en annexe du chapitre de Jean-Pierre Girardier.

à Nairobi, sous le parrainage de l'UNESCO et avec l'appui financier de l'Allemagne Fédérale à travers la DAAD (Deutscher Akademischer Austausch Dienst ou Service allemand de coopération académique).

Ce réseau, dont la naissance avait été souhaitée par une majorité d'États africains consultés – et qui s'étaient d'ailleurs engagés à en assumer le financement après son lancement sur une période d'essai de trois ans – avait pour objectif la création et/ou le renforcement de pôles d'excellence chargés de promouvoir les sciences et techniques dans la région africaine. Le RAIST a pu regrouper dès le départ quelque 42 institutions scientifiques qui ont été structurées en 13 sous-réseaux dont 9 étaient axés sur les sciences de l'Ingénieur. Il en rassemble 105 aujourd'hui, réparties dans 35 pays.

Force est de constater, à l'évocation de cette solide ossature d'organisations scientifiques africaines englobant l'ensemble du continent, qu'au début des années 1980, les conditions favorables avaient été créées pour la mise en œuvre d'un plan d'action régional bien pensé et parfaitement structuré, apte à faciliter l'acquisition des savoirs scientifiques, techniques et technologiques, facteurs de développement du continent. En matière de ressources humaines, l'efficacité du réseau devait reposer sur l'implication de différents spécialistes africains, encouragés à travailler en coopération afin d'optimiser les résultats de leurs efforts.

C'est alors que fort malheureusement, la situation socioéconomique s'est brusquement dégradée dans la quasi-totalité des États ouest-africains. Ils ont dû, les uns après les autres, s'engager dans des programmes d'ajustements structurels draconiens qui avaient tous la curieuse particularité d'exclure le maintien et le développement d'un savoir scientifique et technologique endogène du champ des priorités identifiées et reconnues utiles, dans un objectif de relance de l'activité économique.

Quelle solution de correction ou de rechange pour une meilleure exploitation des ressources du potentiel scientifique et technique?

Ce rappel historique des expériences entreprises dans le passé en vue de créer une synergie des interventions en sciences et techniques destinée à mieux servir le développement, particulièrement en matière d'exploitation des EnR, est utile, si l'on veut éviter les écueils

du passé. L'état actuel du développement des capacités en S et T dans les États sud-sahariens, notamment ceux de l'ex AOF, n'est pas satisfaisant dans le contexte d'évolution du monde moderne vers une globalisation. Après cinquante ans de gestion autonome de nos affaires, nous restons lamentablement cantonnés dans la situation coloniale de pourvoyeurs de matières premières minières, agricoles, forestières (coton, café, cacao, bois précieux...), voire humaine et intellectuelle attestée par ce tragique et douloureux exode vers l'étranger de nos compétences pourtant formées à grands frais, tandis que nous nous complaisons dans notre situation de consommateurs de produits industrialisés venus d'ailleurs!

Quand on observe la marche du développement des sciences et technologies dans le monde développé de 1900 à 1950, on ne cesse pas d'être étonné par cette montée en puissance qui l'a graduellement fait progresser de victoire en victoire! Victoire sur la saleté avec la généralisation des soins d'hygiène corporelle, domestique et urbaine; victoire sur des maladies rebelles telles que la rage, la tuberculose, la syphilis; victoire encore avec la mise au point et la dissémination de vaccins contre plusieurs maladies virales; victoire de la mécanique dans les transports, illustrée par les progrès prodigieux de l'aéronautique et de l'automobile; victoire dans la domestication de l'atome, amplifiée par le redoutable perfectionnement de l'armement; triomphe de la pétrochimie; compréhension de l'origine et de la nature du rayonnement puis avancée fulgurante de la photographie et des télécommunications en 50 ans!

Dire que les pays auteurs de ces conquêtes merveilleuses ont traversé, pendant ce même laps de temps, deux guerres mondiales!

En Afrique de l'Ouest, en nous appuyant sur les deux pôles universitaires existants de Dakar et d'Abidjan puis sur ceux qui sont nés tout de suite après l'éclosion des indépendances, nous n'avons pas été capables de créer la moindre filière féconde de développement technologique autonome et indépendante. C'était pourtant là le rêve que nous caressions de matérialiser dans le domaine des EnR, convaincus que la présence et l'abondance d'un soleil si ardent sous nos latitudes devaient nous inciter à orienter prioritairement nos efforts vers la domestication de cette ressource à portée de main!

Hélas, dans ce domaine aussi, la volonté politique n'a pas été au rendez-vous afin de soutenir les initiatives louables lancées par des chercheurs et savants africains pourtant très engagés et motivés.

La vérité oblige à dire aujourd'hui que de nombreux dirigeants africains n'ont pas encore pris conscience de l'obligation d'acquisition et de maîtrise des savoirs scientifiques et technologiques comme moyen stratégique à la fois le plus sûr et le plus fiable d'implantation d'un développement solide et durable dans nos pays. On peut en effet observer que, dans la sous-région UEMOA/CEDEAO, les chercheurs en EnR avaient réussi à acquérir un certain savoir-faire endogène prometteur, notamment dans le domaine de la réalisation de systèmes de conversion de l'énergie solaire thermique (cuisinières à effet de corps noir et à concentration, chauffe-eau, séchoirs, distillateurs, miroirs concentrateurs cylindro-paraboliques, éoliennes, réfrigérateurs, digesteurs méthanogènes, foyers améliorés économiques en vue de la préservation de l'environnement...).

Néanmoins, toute cette activité créative endogène est restée dramatiquement dépendante d'intrants industriels importés tels que le verre plat, les tubes et profilés en fer, cuivre ou aluminium, les isolants comme la laine de verre ou le polyuréthane, les vis et câbles en acier, la tôle réfléchive en aluminium.

De tels besoins en intrants industriels importés, dont les coûts n'étaient par conséquent pas maîtrisables, réduisaient considérablement les possibilités de réalisation de plus-values consistantes sur les appareils fabriqués localement. C'est ce qui explique qu'en dépit des besoins réels de la sous-région en systèmes de ce type, les unités de fabrication locale de matériels solaires n'ont pas réussi à mettre sur des marchés par ailleurs ouverts à la concurrence extérieure, des systèmes répondant aux normes de bonne finition technique et d'esthétique, à des prix suffisamment attrayants pour captiver la clientèle.

Ce sont là quelques-unes des causes de déclin, voire d'échec de ces productions endogènes de matériels solaires dans les ateliers de différents pays.

À cela est venu s'ajouter le quasi-doublement des prix de ces intrants importés, après la dévaluation du franc CFA! Il nous arrive de penser que cette dernière opération a tué dans l'œuf les efforts d'industrialisation de la sous-région dans le domaine des systèmes solaires.

Paradoxalement ces intrants importés d'Europe, à base de fer, de cuivre ou d'aluminium dérivent du traitement industriel de

concentrés de minerais qui ont à l'origine été extraits de terres africaines, propriétés de pays indépendants depuis cinquante ans, mais qui ne se sont pas préoccupés d'apprendre et d'appliquer les techniques d'extraction et de transformation locale de leurs ressources minières!

L'organisation par le CILSS et l'UEMOA des premier et deuxième « Marché des Énergies renouvelables au Sahel et en Afrique de l'Ouest » à Niamey en 2006 et 2008 a été l'occasion pour le jury chargé d'attribuer des prix aux meilleurs produits exposés de relever, entre autres :

- Le nombre réduit de produits exposés fabriqués localement;
- Le manque de fini technique et d'esthétique de certains systèmes,

Parmi les recommandations du jury, il y a :

- Le besoin de soutenir la R et D afin de consolider le savoir-faire technologique dans la sous-région;
- La nécessité d'instaurer un véritable partenariat et une bonne complémentarité entre chercheurs, opérateurs économiques et institutions financières;
- La nécessité d'accorder une attention particulière à la technologie des produits, notamment dans leur finition afin qu'ils soient plus attrayants;
- L'intérêt de veiller à ce que les opérations de transfert de technologie favorisent mieux l'éclosion d'un savoir-faire local de manière à garantir une meilleure insertion sociale de la filière des EnR.

À travers cette récente et dernière expérience vécue se retrouve posée concrètement toute la problématique des obstacles qui freinent notre marche vers le développement.

Les mêmes constats avaient été faits lors de la tenue à Bamako les 12/13 mai 1994, de la quatrième réunion du Comité inter-africain de la CSTR/OUA (Commission scientifique, technique et de la Recherche de l'OUA). Nous faisons observer, dans le discours d'ouverture, « qu'après trois décennies d'efforts de R et D dans la spécialité des EnR, de nombreux laboratoires et unités de production

de la sous-région ont capitalisé des acquis qu'il reste malheureusement à valoriser sur le terrain des applications, de façon à les mettre au service des populations, rurales en particulier ».

Nous exprimions aussi et déjà le souhait, à l'issue des débats de cette rencontre, s'agissant des matériels importés pour des actions de développement, notamment les équipements photovoltaïques, que les pouvoirs politiques prêtent une grande attention, au moment de la négociation de tels projets, à prévoir :

- Une implication directe des cadres spécialisés et compétents dans les actions de terrain;
- La recherche systématique d'un transfert de savoir-faire technique dans leur mise en œuvre;
- La maîtrise des problèmes de maintenance, voire de production locale de tout ou partie des équipements.

Conclusion

Le présent exposé illustre le fait que les problèmes de R et D, de sciences et techniques ainsi que d'industrialisation, qui sont connus et répertoriés depuis plusieurs années au sein de nombreux fora, n'ont pas trouvé de réponses satisfaisantes. Il m'est désagréable, au moment où j'entame ma période de retraite qui fait suite à 38 ans d'implication dans ces questions relatives aux EnR, de devoir, non sans un certain pincement de cœur, faire le constat amer, que nous tournons en rond! L'expérience démocratique récente dans nos pays a débouché sur la mise en place d'institutions de gestion de l'ordre politique : une Présidence de la République, une Assemblée nationale et des Conseils spécialisés. Les animateurs de ces institutions sont bien installés dans leurs positions et revendiquent des moyens adéquats d'exercice de leurs activités alors que dans le cas de la reconnaissance et de la valorisation des savoirs, rien n'est encore prévu.

L'avènement dans notre environnement d'Académies des Sciences et/ou d'autres institutions savantes ne constituerait-il pas, d'un point de vue psychologique, pour la jeunesse africaine, une motivation, un encouragement à l'effort d'étude et de recherche! Cela réhabiliterait le prestige du savoir tout en redorant les blasons de ceux qui s'investissent dans l'approfondissement de ce savoir au service de leur communauté.

Comment ne pas évoquer, avec nostalgie, la disparition de ce respect autrefois témoigné au Maître d'école, dans nos villages, parce que l'auréole du savoir dont il était paré privilégiait sa position sociale! Sur le plan culturel et humain, il y a peut-être dans cette perte de valeur de l'importance du savoir, aujourd'hui confirmée par l'effondrement de l'école, l'explication du piétinement de nos pays. Il est du devoir des décideurs politiques de s'inquiéter de ce besoin de réhabilitation des mérites de la connaissance scientifique et technique qui constitue malgré tout, surtout en ce début de 21^e siècle et dans la mouvance de la globalisation d'un monde en évolution vers le village planétaire, les fondements de toute croissance socioéconomique!

Abdou Moumouni Dioffo : « Aime! Souffre!
Potasse! »

SALAMATOU DOUDOU

Prologue

Abdou Moumouni, qui ne parlait pas beaucoup, disait ceci peu de temps avant sa mort, dans une allocution prononcée à Niamey le 5 mai 1988 à l'occasion de la présentation officielle du diplôme et de la médaille d'or qui lui a été décernée par l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle :

« Mesdames, Messieurs,

Comme il est de tradition en pareilles circonstances, vous me permettrez de développer et exposer quelques réflexions qui me sont chères.

La première, découlant de l'expérience que j'ai vécue, est que nul n'est prophète en son pays, et qu'il est fondamental dans la vie d'un homme de s'attacher à un idéal et une vision de l'avenir de son pays, et plus généralement de l'humanité entière, plutôt que de se cantonner à une courte vue basée sur des calculs souvent sordides et conduits au jour le jour.

La deuxième est que seul le travail paie, et peut permettre de léguer un héritage à la postérité, et peut être un exemple à ceux qui nous suivent. Sur ce plan, comme j'aime à le dire à mes étudiants, la pensée d'Ibsen me semble d'actualité : Homme de la plaine, pourquoi grimpes-tu sur la montagne? Parce que je ne découvre la beauté de la plaine que du haut des sommets.

La troisième est que le travail ne vaut et n'est valorisé que s'il est conduit en équipe et avec un esprit d'équipe que peut-être les partenaires, dans le feu et les exigences de l'action, ne saisissent pas clairement, mais que le chef (puisque chef il doit y avoir) doit, lui, avoir constamment en vue. Et c'est peut-être le contexte adéquat pour rappeler "qu'il y a bien des sots, mais pas de sot métier".

Mesdames, Messieurs, je voudrais finir sur une note d'humour. Quand j'étais en maths spéciales à Paris, il y avait une devise encadrée de façon permanente au tableau : A. S. KOH qui, traduit du jargon qui était le nôtre, signifiait : Aime, Souffre et Potasse. L'amour est évidemment une composante de la vie d'un homme; de même la souffrance et le travail (potasser signifiait travailler).»

Introduction

Le professeur Abdou Moumouni fut l'un des intellectuels les plus célèbres de l'Afrique et du Niger en particulier. Son père Moumouni Dioffo, issu d'une famille aristocratique de Kirtachi (kollo), faisait partie de la toute première génération de commis d'administration. Né le 26 juin 1929 à Tessaoua (Niger), Abdou Moumouni décéda le 7 avril 1991 à Niamey et repose à Kirtachi, son village natal. Premier agrégé de sciences physiques de l'Afrique francophone, il fut l'un des grands spécialistes des énergies alternatives, notamment l'énergie solaire. Il est également connu pour son célèbre livre intitulé *L'éducation en Afrique*, publié chez Maspéro en 1964 à Paris. Selon Kimba Idrissa, « ce grand homme de la science et de la culture, ce militant engagé pour la cause africaine n'a pas attiré l'attention des chercheurs en sciences sociales » (Idrissa, 2016 : 106). Il est d'ailleurs plus connu et apprécié à l'étranger que dans son pays. Militant du panafricanisme, expert en éducation et spécialiste de renommée mondiale en énergie solaire, le parcours et l'œuvre d'Abdou Moumouni participent indubitablement d'une histoire intellectuelle de l'Afrique contemporaine.

Durant toute sa carrière d'enseignant et de chercheur, Abdou Moumouni n'avait qu'un but : servir son pays sans rien attendre de quiconque. C'est ainsi que pour immortaliser sa mémoire et pour lui rendre un hommage mérité, l'Université de Niamey a été baptisée le

21 août 1992 « Université Abdou Moumouni ». Cependant, beaucoup ignorent qui fut ce grand homme, car il n'existe pas de documentation le concernant. Ce chapitre couvre la vie et l'œuvre de ce grand scientifique. Il s'attache à retracer sa vie et ses œuvres en revenant sur ses inventions et réalisations majeures.

L'homme, sa vie et son parcours

Formation

Après de brillantes études scolaires à l'école régionale de Zinder (1936-1942) et à l'École primaire supérieure de Niamey (1942-1944), Abdou Moumouni Dioffo fréquenta l'École normale William Ponty de Sébikotane (Sénégal) de 1944 à 1947. Il entra en 1948 au Lycée Van Hollenhoven de Dakar où il obtint le Brevet de capacité colonial (mathématiques élémentaires) en 1949. Il fut admis en préparation aux grandes écoles au Lycée Saint-Louis de Paris (1949-1951). Ses études supérieures à la Sorbonne à Paris ont été couronnées par :

- une Licence ès sciences physiques en 1953;
- un Diplôme d'études supérieures de sciences physiques en 1954;
- une Agrégation de sciences physiques en 1956;
- un Doctorat d'État ès sciences physiques en 1967;
- une bourse de l'Académie des sciences de l'URSS de 1962 à 1964.

Étudiant militant et engagé, Abdou Moumouni fut membre fondateur de la Fédération des Étudiants d'Afrique Noire en France (FEANF) et membre fondateur du Parti Africain de l'Indépendance (PAI).

Carrière professionnelle

Abdou Moumouni fut d'abord un enseignant chevronné. Il servit successivement comme professeur :

- au Lycée Van Vollenhoven de Dakar de 1956 à 1958;
- au Lycée Donka de Conakry de 1958 à 1959 après le « Non » (aux accords avec la France) de la Guinée;

- au Collège classique et moderne de Niamey de 1959 à 1961;
- à l'École normale supérieure de Bamako de 1964 à 1969;
- au cours postuniversitaire en énergie solaire de la Faculté de Perpignan de 1974 à 1975.

Comme chercheur, il créa et dirigea, de 1964 à 1969, le Laboratoire de l'énergie solaire de la République du Mali. De retour au Niger à partir de 1969, il dirigea l'Office de l'énergie solaire du Niger (ONERSOL) jusqu'en 1985. Il fut recteur de l'Université de Niamey de 1979 à 1982, et professeur de sciences physiques à la Faculté des sciences de 1975 à 1991.

En raison de sa spécialisation et de ses compétences dans le domaine de l'énergie solaire, le Professeur Abdou Moumouni Dioffo était régulièrement sollicité en tant que consultant. C'est ainsi qu'il fut :

- Président du Conseil Scientifique du CRES, de la CEAO et du CILSS de 1989 à 1991;
- Consultant du gouvernement algérien en 1968;
- Consultant de l'UNESCO sur les problèmes de l'éducation en Afrique de 1967 à 1968;
- Consultant de la Société tunisienne d'Électricité et du Gaz (STEG) sur les possibilités d'utilisation de l'énergie solaire;
- Professeur au cours postuniversitaire en énergie solaire de la Faculté des sciences de Perpignan de 1974 à 1975;
- Membre du Comité scientifique du Congrès international « Le soleil au service de l'Humanité » de l'UNESCO;
- Consultant de la Fondation Internationale pour les Sciences (SUEDE) pour l'attribution de bourses d'études en énergie solaire;
- Consultant de la Banque africaine de développement sur les énergies renouvelables de 1988 à 1990;
- Consultant du Fonds monétaire international (FMI) et de la Banque mondiale en 1989.

Travaux et publications

Ouvrage et principaux écrits

- *L'Éducation en Afrique*, Paris, Maspéro, 1964, 400 pages
- « L'énergie solaire dans les pays africains », *Présence africaine*, 1964 (reproduit dans le présent ouvrage)

Thèses

- Étude théorique et expérimentale de la répartition de l'énergie du rayonnement concentré dans le plan focal de miroirs paraboliques précis, 1^{re} thèse de doctorat, Paris, 1967
- Étude théorique de caractéristiques optiques (réflexion, absorption, transmission) d'un système de lames diélectriques : application à l'étude de la captation du rayonnement solaire par des dispositifs utilisant l'effet de serre et à la polarisation de la lumière par réfraction dans le cas de lames à pouvoir absorbant non négligeable, 2^e thèse de doctorat, Paris, 1967

Articles et communications scientifiques

- Nouveaux résultats expérimentaux relatifs à la courbe de répartition de l'énergie du rayonnement concentré dans le plan focal de miroirs paraboliques précis de type projecteur de D.C.A.C.R., Acad. Sciences, Paris, 1966, Th., 263 pages
- « Justification théorique des résultats expérimentaux relatifs à la répartition de l'énergie concentrée dans le plan focal de miroirs paraboliques précis », *C.R. Hebdomadaire séance Académie de Sciences de Paris*, 1966
- « Analyse des particularités du fonctionnement des radiomètres thermoélectriques à disques récepteurs absorbants en régime permanent et variable », *Revue générale de thermique*, vol. VII, n° 74, février 1968
- « Étude théorique des caractéristiques optiques d'un système de lames électriques : application à la discussion de la polarisation de la lumière par réfraction (piles de glaces) dans le cas de lames à pouvoir absorbant non négligeable », *Revue d'optique théorique et*

expérimentale, T. 47, n° 2, février 1968, pp 49-68 et n° 3, mars 1968, pp 117-129, Paris

- « Contribution à l'étude d'un système thermoélectrique alimentant un réfrigérateur thermoélectrique », *Advanced Energy Conversion*, Philadelphia, É.-U.
- « Étude et expérimentation d'un chauffe-eau solaire adapté aux conditions du Sahel », communication au Congrès « Le Soleil au service de l'homme », UNESCO, Paris, 1973
- « Étude et expérimentation d'un miroir cylindro-parabolique », communication au Congrès « Le Soleil au service de l'Homme », UNESCO, Paris, 1973;
- « Le moteur solaire ONERSOL », conférence sur les applications de l'Énergie solaire. Toulouse, 1977
- « Le capteur solaire ONERSOL », conférence sur les applications de l'Énergie solaire, Toulouse, 1977
- « Les possibilités et limites des énergies renouvelables en Afrique », BAD, Banque Mondiale, PNUD, 1990
- « A solar energy utilization for developing countries », in *Solar Energy in Developing countries: perspectives and Prospects: a report of an ad hoc panel of the board on science and technology for international development*, National Academy of science, Washington, 1972, p. 32-39
- Brevet d'invention n° 55 407 04897 – Chauffe-eau solaire adapté aux conditions climatiques du Sahel et plus généralement de pays à climat tropical », février 1975, Yaoundé
- Brevet d'invention n° 55 408 04898 – « Moteur à vapeur de fréon et à taux de détente fonctionnant entre les températures de 180° et 230° à la chaudière et 30°-35° au condenseur », février 1975
- Brevet d'invention n° 55 409 04898 – « Ensemble capteur constitué par trois étages de collecteurs plans fixés et un miroir cylindro-parabolique tournant, réalisant une chaudière solaire produisant de la vapeur et de la température », février 1975 à Yaoundé

Autres distinctions

- Commandeur de l'Ordre national du Niger

- Officier des Palmes académiques du Niger
- Prix « Guinness Awards for scientific achievement »
- Diplôme de la médaille d'or de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle.

Abdou Moumouni au service de l'humanité

Le combat politique d'Abdou Moumouni ne s'est pas limité au mouvement associatif étudiant. Il a reçu de l'éducation de ses parents et de sa formation deux traits fondamentaux de son caractère qui furent une constante tout au long de sa vie : la rigueur et la mystique du travail. La mystique du travail renfermait chez lui deux aspects : le dépassement de soi et le travail comme action politique (Idrissa, 2016 : 141).

Abdou Moumouni était un visionnaire qui mettait sa créativité au service de l'humanité, c'est-à-dire de la femme et de l'homme les plus modestes. Les résultats de ses recherches leur sont destinés, comme la multiplication des applications domestiques portée par un engagement écologique et soucieux de lutter pour la protection de l'environnement et contre la désertification. Physicien internationalement respecté, il présida en 1973 l'option conversion thermodynamique de l'énergie solaire, au sein de la conférence scientifique de l'UNESCO intitulée « Le soleil au service de l'Humanité », devant d'éminentes personnalités.

Sur le plan social, Abdou Moumouni retournait régulièrement dans son village pour échanger avec les paysans et les artisans, s'asseoir au bord du fleuve Niger pour admirer la faune et la flore. Pragmatique et pédagogue, pour faire prendre conscience à son entourage de la consommation excessive de bois et des conséquences néfastes pour l'environnement, il arrivait qu'il se mette à compter pendant plusieurs heures le nombre de chargements de bois qui entraient dans la ville...

Sur le plan éducatif, son livre paru en 1964 sur la nécessité de réformer l'éducation en Afrique et de changer le système issu de la colonisation reste inégalé et toujours d'actualité. Il créa avec son épouse le Lycée Koira, toujours en activité, un lycée de la seconde chance pour les jeunes de famille modeste. Son ouvrage *L'Éducation en Afrique*, partant des spécificités de l'éducation traditionnelle

africaine et des besoins immenses du continent, recommande une éducation ouverte pour mettre en place un système éducatif innovant réconciliant tradition et modernité.

Il était un militant qui croyait à la capacité et à la grandeur de l'humain. Il a milité dans le syndicat des étudiants à Paris dans les années cinquante. Il fait partie des intellectuels africains qui ont soutenu la Guinée indépendante de Sékou Touré. Il est donc une figure de combat de gauche pour l'indépendance de l'Afrique.

Alors qu'à de multiples reprises on lui proposa de travailler dans des laboratoires occidentaux, il avait choisi de servir là où personne de son rang ne voulait aller : l'Afrique. C'est donc à partir de l'Afrique qu'il a voulu apporter sa pierre à la recherche au service de l'humanité.

À Niamey, il a pris en charge la construction et le développement de la jeune université qui portera son nom en 1992. Par ses relations, il fit venir à Niamey d'éminents savants mondialement reconnus dans le domaine de l'énergie solaire, notamment le professeur émérite américain John A. Duffie, directeur du laboratoire solaire de l'université du Wisconsin, l'académicienne russe Valentina A. Baum, chef du laboratoire solaire d'Askhabad en Turkménistan, le physicien français Félix Trombe, père du four solaire de Mont Louis et d'Odeillo, et le Turc Dr Kudret Selçuk, spécialiste en séchage solaire. Tous ces scientifiques animèrent à ses côtés un atelier de réflexion sur les perspectives du solaire afin de sensibiliser d'autres scientifiques africains invités à Niamey en cette occasion et susciter l'intérêt quant au déploiement de cette filière technologique au service du développement de notre région.

Il était persuadé que, contrairement au photovoltaïque, la concentration solaire allait permettre de produire de l'énergie en grande quantité. Ses recherches sont à l'origine des immenses fermes de production d'énergie électro-solaire qui ont été réalisées et implantées aux États-Unis et en Espagne, et qui commencent à se développer ailleurs dans le monde aujourd'hui.

Les principaux soucis d'Abdou Moumouni furent l'éducation et l'environnement. La soif de transmettre le conduisit à vulgariser et à diffuser les résultats de ses recherches à l'ensemble de l'humanité, du paysan à l'artisan, de la ménagère au lycéen. À propos du problème lié à l'enseignement des langues, Abdou Moumouni souligne dans son ouvrage *L'Éducation en Afrique* que :

[...] sa complexité découle du caractère artificiel des frontières des États africains actuels. Du fait du découpage arbitraire du continent africain entre les puissances impérialistes (Angleterre, Allemagne, France, Portugal, Espagne, Italie, Belgique), qui a précédé la conquête et la domination coloniale, les Territoires colonisés par ces différentes puissances ne correspondent à aucune unité linguistique. Cette situation a encore été aggravée dans bien des cas par le découpage ultérieur effectué par chaque puissance impérialiste pour les besoins de la conduite de la domination politique et de l'exploitation économique. Les États de l'Afrique Noire contemporaine, nés sur cette base, ont donc à faire face à des problèmes linguistiques qui ont généralement été aggravés du fait de la politique du *Diviser pour régner*, de l'étouffement systématique des langues africaines... (Moumouni, 1964 : 363).

Les autres problèmes liés à l'enseignement des langues africaines abordé par Abdou Moumouni concernent les publications et les diverses éditions en lien avec l'élaboration des programmes et manuels scolaires. Il considère qu'une fois surmontés les problèmes et difficultés liés aux langues, notamment au niveau méthodologique, se posent d'autres problèmes, au premier rang desquels l'élaboration des programmes complets de l'enseignement à tous les niveaux, et l'examen et la solution des problèmes pédagogiques posés par l'utilisation des langues africaines : élargissement du vocabulaire relatif à certaines disciplines, rédaction de manuels et de publications diverses à l'usage de l'alphabétisation, de l'enseignement, de la vulgarisation scientifique et technique, etc. (Moumouni, 1964 : 365).

Il ne s'agit là que quelques aspects liés au grand projet éducatif en Afrique d'Abdou Moumouni. Aujourd'hui, la loi d'orientation du système éducatif nigérienne (LOSEN) initiée par son épouse, madame Moumouni Aïssata, lorsqu'elle fut ministre de l'Éducation nationale en 1998 reprend le fil conducteur de sa perspective : accueillir à l'école toutes et tous, enfants handicapés comme les autres, et faire de la place aux côtés de l'enseignement académique à l'apprentissage et à l'acquisition de savoir par l'expérience, par la pratique.

Recherches appliquées : les réalisations

Au sortir du premier Congrès mondial sur l'énergie solaire organisé à Rome en août 1961, le Niger, tout comme certains pays de la sous-région, s'est engagé dans la recherche et le développement

orientés vers l'énergie solaire. À cet effet, une institution fut créée, en 1965, sous la dénomination de « Office national de l'énergie solaire » (ONERSOL). Amorcés dans le cadre d'une modeste entreprise de R et D et de production, avec les moyens limités de l'époque, les premiers efforts de production de systèmes fonctionnant à l'énergie solaire furent réalisés sous la conduite de l'ingénieur martiniquais Bernard Bazabas, à partir de matériaux locaux de récupération, le souci étant de minimiser les coûts.

En 1969, le Pr Abdou Moumouni fut nommé à son tour directeur de l'ONERSOL. Déjà connu par ses travaux sur la scène internationale, il apporta un souffle nouveau à l'institution à travers ses travaux sur la conversion thermodynamique de l'énergie solaire. L'ONERSOL est devenue en 1998 le Centre National d'Énergie solaire (CNES). Le Centre conçoit et perfectionne des procédés et des machines qui fonctionnent à l'énergie solaire ou autres énergies renouvelables. Tous les travaux se nourrissent de l'œuvre entreprise par le Pr Abdou Moumouni et son équipe entre les années 60 et 80, et la poursuivent.

Visionnaire et physicien passionné, Abdou Moumouni n'a eu de cesse d'imaginer et d'élaborer des prototypes, à l'échelle tant générale que domestique, basés sur l'énergie solaire. Vingt ans durant, il dialogua avec les chercheurs du monde entier, faisant du Niger un pays pionnier dans le domaine de l'énergie solaire. Après les Plans d'ajustements structurels qui ont contraint le Niger à diminuer ses ambitions en matière de recherche scientifique appliquée, fidèles à la devise de leur maître « Aime (M), Souffre (S), Potasse (KOH) », le Pr Moumouni et son équipe conçurent et fabriquèrent les panneaux solaires pouvant chauffer le gaz pour l'alimenter. C'est cette pompe qui fut installée en 1972 à Bossey-Bangou, ce petit village à quelques encablures de Niamey.

Confrontons sa pensée à la réalité d'aujourd'hui et au besoin cruel de développement. À quelques rares exceptions près, les machines imaginées et construites par le professeur Moumouni et son équipe sont remisées dans des hangars. Certaines des compétences acquises à l'époque n'ont pas été transmises. Aujourd'hui, dans le village où on installa la première pompe solaire thermodynamique, les femmes puisent à nouveau l'eau à la main. Comme l'a dit à cet égard le réalisateur Malam Saguirou : « Je veux faire un film en forme de question qui pointe et interroge cet inadmissible recul. Mais je veux

aussi un film en forme d'espoir, qui se fasse l'écho du combat de cette nouvelle génération de chercheurs et d'entrepreneurs nigériens avides de proposer au monde des pistes de progrès. Pour que l'Afrique soit à nouveau au rendez-vous du donner et du recevoir ».

Le travail et l'engagement : réflexions et témoignages

Il est possible d'approcher un peu mieux la personnalité d'Abdou Moumouni à travers ceux qui l'ont connu ou ont reconnu son influence. Dans le livre *Inventeurs et Héros Noirs*, le Canadien Paul F. Brown mentionne « combien Moumouni a été un infatigable militant anticolonialiste et panafricaniste, en même temps qu'un homme d'une grande simplicité, d'une totale franchise et très exigeant vis-à-vis de ses collègues et élèves... » (Paul F. Brown, 2012).

Le réalisateur Malam Saguirou témoigne pour sa part aujourd'hui encore d'une influence transgénérationnelle d'Abdou Moumouni :

Jeune élève au collège, j'avais découvert Joseph Ki-Zerbo à travers mes cours d'histoire. Je l'avais tout de suite considéré comme un très grand intellectuel africain. Plus tard, j'avais découvert à travers mes lectures toute la sagacité de ses réflexions sur la question du développement en Afrique. Puis un jour, je suis tombé sur cette préface que Ki-Zerbo avait faite pour le livre *L'Éducation en Afrique* d'un compatriote nigérien, dont le nom nous est familier parce qu'il est simplement celui de notre première Université. On a tous ouï-dire qu'il a travaillé sur l'énergie solaire au Niger... Ce monsieur, c'était Abdou Moumouni! Et la préface que j'ai citée plus haut est la suivante :

Abdou Moumouni était l'un de ces patriotes hors pair qui, placés à la charnière des temps, avaient synthétisé en eux-mêmes le meilleur de notre passé et le plus raffiné de la science contemporaine. Confluent des succulences venues d'ici et d'ailleurs, il était de ces fruits merveilleux du terroir indemnes de toute pollution, bien qu'ayant accumulé tous les trésors des quêtes intellectuelles les plus avancées et les plus exotiques. Le sentiment d'appartenance dont il disait que l'éducation devait être génératrice, il l'avait réalisé et porté à un niveau prodigieux.

J'ai eu tout de suite l'impression pour une nouvelle fois que je venais de découvrir une grande arnaque dont mes congénères et moi étions victimes. Nous ignorons notre propre histoire et le monde ne connaît pas notre histoire, qui pourrait tant lui apporter. Dès lors, s'est créée en moi une envie de découvrir qui était réellement Abdou Moumouni, au-delà de la caricature que la folle rumeur que Niamey voulait bien

en donner, un chercheur fou de laboratoire, alcoolique et dont la seule bravoure était le fait qu'il pouvait dire non à notre craint militaire-président le général Kountché des années 70. »

En avance sur son temps, Abdou Moumouni était l'un de ces hommes incompris de leur société. Ce genre de personnes que l'histoire pousse à la rébellion contre certains principes préétablis. Mais c'est aussi important de rendre hommage à ceux qui l'ont compris et qui l'ont accompagné dans sa quête, malgré son exigence qui souvent a été sans limites. Abdou Moumouni était une personne complexe, militant de gauche, scientifique innovateur et prince ancré dans sa tradition. C'est peut-être là une grande leçon de diversité à l'intérieur d'un même esprit.

Le souvenir qui revient dans tous les témoignages est celui d'un bourreau de travail. Khalilou Sall, cité par Kimba Idrissa, évoque « un modèle de rigueur pour la jeunesse estudiantine... » (Sall, 1993 : 80). Pour illustrer ses propos, il donne cette anecdote de l'admission d'Abdou Moumouni à l'agrégation : « Quand il passa l'agrégation, il l'avait réussie, et bien, mais il n'était pas content parce qu'il n'était pas parmi les premiers. Et c'est lui qui m'a raconté ça. Il va voir son professeur qui lui dit que ça s'est bien passé, "Je suis bien heureux pour vous, vous avez obtenu l'agrégation, vous savez, c'est une agrégation très difficile, l'agrégation de physique. Les mathématiciens restent dans le domaine de la pensée et ils peuvent spéculer. Le physicien doit faire les deux : il faut qu'il soit un spéculateur intellectuel et en même temps un praticien. C'est pourquoi l'agrégation de physique est difficile". Alors Abdou Moumouni toujours grognon dit qu'il aurait quand même aimé avoir un rang intéressant. Le professeur lui répond : "Vous venez d'Afrique. Vous êtes sixième après les normaliens! Vous savez, il y a beaucoup de Français qui aimeraient être à votre place!" C'est vrai qu'il n'était pas très content parce qu'il savait qu'il avait travaillé plus que ça... C'était un rang honorable, mais pour Moumouni, sixième après les normaliens... » (Sall, 1993 : 80-81).

Abdou Moumouni était un maniaque du travail bien fait dans tous les aspects de sa vie : étudiant, militant du mouvement syndical, membre fondateur de la FEANF, militant politique (membre fondateur du Parti africain pour l'indépendance ou PAI), enseignant et chercheur (Idrissa, 2016 : 142). C'était un puriste dans la conception et dans ce qu'il faisait, malgré les apparences. Ce côté

puriste de Moumouni, les gens ne le connaissaient pas, et pourtant c'était sa vie constante (Sall, 1993 : 24).

Abdou Moumouni s'est toujours fait remarquer par son engagement total et désintéressé. Cette ténacité a été permanente jusqu'à la fin de sa vie. Dans une entrevue accordée au journal *Bingo* en 1988, on lui a demandé de formuler un vœu et il répondit en ces termes : « Que les jeunes Africains travaillent pour leur pays. Qu'ils n'attendent pas d'avoir des récompenses » (SNECS, 1993 : 24).

C'est à ce niveau qu'interviennent le chercheur désintéressé et le patriote intransigeant. Bachir Attouman a fait la même remarque (Idrissa, 2016 : 142). Il y avait une idée constante chez Moumouni, un principe, c'était l'intérêt particulier qu'il avait pour le travail qui semblait être sa valeur suprême... Pour lui, les Africains devaient avant tout faire la preuve de leur compétence, de leur capacité à égaler et même dépasser les Européens... Cette valorisation du travail était une donnée permanente chez lui et il exigeait peut-être trop des autres (SNECS, 1993 : 79-80).

Pour comprendre cette dimension mystique du travail du personnage, il faut remonter aux luttes qu'il a menées dans le contexte colonial. Déjà, à cette époque, il considérait « le travail comme une action éminemment politique ». Il l'a illustré en devenant en 1956 le premier agrégé de sciences physiques de l'Afrique francophone « au moment où le Noir dans nombre d'esprits passait pour congénitalement inapte aux mathématiques et aux physiques. Il devint un mythe vivant, destructeur d'un mythe obscurantiste » (Ki-Zerbo, 1999 : 54, cité par Idrissa, 2016 : 143).

Toute sa vie, il a combattu les solutions de facilité. C'est la raison pour laquelle il a eu un parcours scolaire fulgurant depuis l'École primaire supérieure de Niamey jusqu'à l'Université de Paris, parce que démystifier les capacités des Africains était pour lui la première chose à faire pour redonner à l'Afrique sa dignité et le respect qu'elle mérite. Il a relevé ce défi grâce au travail par lequel il a prouvé au colonisateur que le Noir était intellectuellement capable d'accéder à ce niveau de formation et qu'il pouvait se libérer du complexe et du mépris intellectuel dans lesquels le système colonial le confinait.

Conclusion

Le Pr Abdou Moumouni a contribué tant par ses écrits sur

l'éducation que par ses recherches scientifiques à rendre plus positive la vie.

Après son décès en 1991, ses collègues et amis ont créé une fondation pour immortaliser et pérenniser sa vision de la science, de l'éducation, et encourager la recherche sur les énergies renouvelables.

Chaque année, cette fondation, dont le principal animateur est Albert Wright, organise une manifestation publique pour fêter la science. C'est une journée de récréation jubilatoire où les élèves peuvent visiter les stands consacrés à l'énergie solaire et poser des questions. Ils peuvent toucher, s'essayer à des expériences telles que faire fonctionner une petite pompe solaire.

Références

- Moumouni, A., (1964) *L'Éducation en Afrique*, Paris, Maspero, 400 p.
- Moumouni, A., (1969) La conférence de Nairobi sur l'éducation scientifique et technique dans ses rapports avec le développement en Afrique, *Présence en Africaine*, n° 69, p. 178-187.
- Moumouni, A., (1988) « Allocution prononcée à l'occasion de la présentation officielle du diplôme et de la médaille d'or par l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle ».
- Amadou, B.S., (2006) *Le rôle de la génération charnière ouest-africaine, Indépendance et développement*, Paris, L'Harmattan, p. 124-125.
- Idrissa, K., (2016) Abdou Moumouni Dioffo : les premiers pas d'un intellectuel africain, dans *Niger- Les intellectuels, l'État et la Société*, CODESRIA, p. 105- 154.
- Keita, M.H., (2009) *Dossier documentaire sur le professeur Abdou Moumouni*, Master 2 en sciences de l'information documentaire, EBAD, UCAD, 90 pages.
- Paul F. Brown, (2012) *Inventeurs et héros noirs*, Éditions 5 continents, Saint Léonard.

Journaux

- Bingo* n° 257 de juin 1974, p. 28-29.
- J.O n° 10 du 15 mai 1969.
- J.O n° 14 du 15 juin 2002.
- J.O n° 12 du 15 juin 1998.
- J.O n° 18 du 15 septembre 1992.

L'Étudiant d'Afrique Noire série n° 6 -octobre 1956, p. 4-5.

Sahel n° 3996 du 30 mai 1988, p. 3.

Sahel n° 4003 du 8 juin 1988.

Sahel n° 4594 du 8 avril 1991.

Sahel n° 4595 du 9 avril de 1991.

Sahel n° 4601 du 22 avril 1991.

Seeda n° 19, mai 2004.

À propos de la maison d'édition

Les Éditions science et bien commun sont une branche de l'Association science et bien commun (ASBC), un organisme sans but lucratif enregistré au Québec en juillet 2011.

L'Association science et bien commun

L'ASBC a comme mission de stimuler la vigilance et l'action pour une science ouverte au service du bien commun. À cette fin, elle s'emploie à :

- Défendre et promouvoir une vision des sciences au service du bien commun;
- Colliger, analyser, produire et diffuser de l'information sur la science et sur ses rapports avec la société;
- Soutenir, promouvoir ou organiser des expériences de démocratisation des sciences;
- Organiser des expériences de débat public sur diverses facettes des sciences;
- Mettre en place des expériences de rencontre entre le monde scientifique et d'autres sphères sociales (ex. le milieu artistique, le milieu politique, etc.);
- Offrir un service d'orientation des groupes de la société civile dans le monde universitaire;
- Offrir, sous réserve de la Loi sur l'enseignement privé (L. R. Q.,

c. E-9.1) et de ses règlements, des formations sur la responsabilité sociale, la science avec les citoyens et l'éthique des sciences.

Sur son site Web se trouvent de nombreuses informations sur ses activités et ses publications. Il est possible de devenir membre de l'Association science et bien commun en payant un tarif modeste.

Pour plus d'information, écrire à info@scienceetbiencommun.org, s'abonner à son compte Twitter [@ScienceBienComm](https://twitter.com/ScienceBienComm) ou à sa page Facebook : <https://www.facebook.com/scienceetbiencommun>

Les Éditions science et bien commun

Un projet éditorial novateur dont les principales valeurs sont :

- la publication numérique en libre accès, en plus des autres formats
- la pluridisciplinarité, dans la mesure du possible
- le plurilinguisme qui encourage à publier en plusieurs langues, notamment dans des langues nationales africaines ou en créole, en plus du français
- l'internationalisation, qui conduit à vouloir rassembler des auteurs et auteures de différents pays ou à écrire en ayant à l'esprit un public issu de différents pays, de différentes cultures
- mais surtout la justice cognitive :
 - chaque livre collectif, même s'il s'agit des actes d'un colloque, devrait aspirer à la parité entre femmes et hommes, entre juniors et seniors, entre auteurs et auteures issues du Nord et issues du Sud (des Suds); en tout cas, tous les livres devront éviter un déséquilibre flagrant entre ces points de vue;
 - chaque livre, même rédigé par une seule personne, devrait s'efforcer d'inclure des références à la fois aux pays du Nord et aux pays des Suds, dans ses thèmes ou dans sa bibliographie;
 - chaque livre devrait viser l'accessibilité et la « lisibilité », réduisant au maximum le jargon, même s'il est à vocation scientifique et évalué par les pairs.

Le catalogue

Le catalogue des Éditions science et bien commun (ESBC) est composé de livres qui respectent les valeurs et principes des ÉSBC énoncés ci-dessus :

- Des ouvrages scientifiques (livres collectifs de toutes sortes ou monographies) qui peuvent être des manuscrits inédits originaux, issus de thèses, de mémoires, de colloques, de séminaires ou de projets de recherche, des rééditions numériques ou des manuels universitaires. Les manuscrits inédits seront évalués par les pairs de manière ouverte, sauf si les auteurs ne le souhaitent pas (voir le point de l'évaluation ci-dessus).
- Des ouvrages de science citoyenne ou participative, de vulgarisation scientifique ou qui présentent des savoirs locaux et patrimoniaux, dont le but est de rendre des savoirs accessibles au plus grand nombre.
- Des essais portant sur les sciences et les politiques scientifiques (en études sociales des sciences ou en éthique des sciences, par exemple).
- Des anthologies de textes déjà publiés, mais non accessibles sur le web, dans une langue autre que le français ou qui ne sont pas en libre accès, mais d'un intérêt scientifique, intellectuel ou patrimonial démontré.
- Des manuels scolaires ou des livres éducatifs pour enfants

Pour l'accès libre et universel, par le biais du numérique, à des livres scientifiques publiés par des auteures et auteurs de pays des Suds et du Nord

Pour plus d'information, visitez son site web à <http://editionscienceetbiencommun.org> ou écrire à info@editionscienceetbiencommun.org