



Jean-Pierre CORNIOU

L'AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ

FONDATION POUR
L'INNOVATION
POLITIQUE
fondapol.org

Novembre 2018

FONDATION P O U R
L'INNOVATION
POLITIQUE
fondapol.org

fondapol.org

L'AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ

Jean-Pierre CORNIOU

La Fondation pour l'innovation politique
est un think tank libéral, progressiste et européen.

Président : Nicolas Bazire
Vice Président : Grégoire Chertok
Directeur général : Dominique Reynié
Président du Conseil scientifique et d'évaluation : Christophe de Voogd

FONDATION POUR L'INNOVATION POLITIQUE

Un think tank libéral, progressiste et européen

La Fondation pour l'innovation politique offre un **espace indépendant d'expertise, de réflexion et d'échange** tourné vers la production et la diffusion d'idées et de propositions. Elle contribue au **pluralisme de la pensée** et au renouvellement du **débat public** dans une **perspective libérale, progressiste et européenne**. Dans ses travaux, la Fondation privilégie quatre enjeux : la **croissance économique**, l'**écologie**, les **valeurs** et le **numérique**.

Le site fondapol.org met à disposition du public la totalité de ses travaux. La plateforme « **Data.fondapol** » rend accessibles et utilisables par tous les données collectées lors de ses différentes enquêtes et en plusieurs langues, lorsqu'il s'agit d'enquêtes internationales.

De même, dans la ligne éditoriale de la Fondation, le média « **Anthropotechnie** » entend explorer les nouveaux territoires ouverts par l'amélioration humaine, le clonage reproductif, l'hybridation homme/machine, l'ingénierie génétique et les manipulations germinales. Il contribue à la réflexion et au débat sur le transhumanisme. « **Anthropotechnie** » propose des articles traitant des enjeux éthiques, philosophiques et politiques que pose l'expansion des innovations technologiques dans le domaine de l'amélioration du corps et des capacités humaines.

Par ailleurs, le média « **Trop Libre** » offre un regard quotidien critique sur l'actualité et la vie des idées. « **Trop Libre** » propose également une importante veille dédiée aux effets de la révolution numérique sur les pratiques politiques, économiques et sociales dans sa rubrique « Renaissance numérique ».

La Fondation pour l'innovation politique est reconnue d'utilité publique. Elle est indépendante et n'est subventionnée par aucun parti politique. Ses ressources sont publiques et privées. Le soutien des entreprises et des particuliers est essentiel au développement de ses activités.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	9
I. UNE CONTRIBUTION ESSENTIELLE À LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE MONDIALE	11
II. UNE ÉNERGIE PIONNIÈRE ET INNOVANTE	13
III. LES RICHES HEURES DE L'HYDROÉLECTRICITÉ	20
IV. REDÉFINIR UNE NOUVELLE DYNAMIQUE AU XXI ^E SIÈCLE	23
V. UN CHAMP D'EXPERTISE TECHNIQUE	24
VI. L'HYDRAULIQUE, UN OUTIL D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE	25
VII. LES PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT	28
VIII. L'ÉCONOMIE DE L'HYDROÉLECTRICITÉ	35
IX. LE CADRE JURIDIQUE NATIONAL	37
X. UNE PERSPECTIVE MONDIALE DANS LE CADRE DE LA GÉOPOLITIQUE DE L'EAU	39
CONCLUSION	41

RÉSUMÉ

L'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité est un objectif stratégique pour la France dans le cadre de la transition énergétique. L'énergie hydraulique, qui a marqué avec fierté l'histoire industrielle de notre pays, est-elle encore une candidate compatible avec ces multiples contraintes ? Elle est renouvelable, décentralisée et décarbonée, fonctionne sans obéir aux caprices du vent et du soleil, elle est stockable et libérable à la demande. C'est aussi une opportunité clé pour les quelque 1,2 milliard d'êtres humains dépourvus d'accès à l'électricité.

La production d'énergie hydraulique est une filière industrielle d'excellence essentielle à la stratégie énergétique comme à la régulation d'une production aléatoire. Elle doit se réinventer pour être acceptée tant la ressource est âprement disputée. L'innovation, le respect des sites, la miniaturisation sont les pistes à explorer de façon dépassionnée pour que l'hydroélectricité puisse être exploitée dans le long terme avec succès.

L'AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ

Jean-Pierre CORNIOU

Partenaire au sein du cabinet de conseil Sia Partners.

INTRODUCTION

L'hydroélectricité est-elle une vieille dame de plus de cent trente ans qui, après avoir connu en France un engouement extraordinaire de la fin du XIX^e au milieu du XX^e siècle, aurait vocation à être supplantée par les sources d'énergie plus contemporaines que sont l'éolien et le solaire ? Le silence qui entoure désormais l'énergie hydroélectrique en France pourrait le laisser penser. Néanmoins, il n'en est rien dans le monde car la gestion de l'eau, tant pour la production d'énergie que pour ses usages multiples, est un enjeu critique de géopolitique face aux incertitudes du réchauffement climatique. Les perspectives de l'hydroélectricité dans le monde sont considérables et s'insèrent dans une réflexion globale sur l'exploitation géopolitique de cette source d'énergie décarbonée. Dans les pays matures et déjà bien équipés, les potentialités nouvelles de l'hydroélectricité reposent sur la modernisation du parc installé et sur l'innovation technique.

L'histoire de la captation de l'énergie hydraulique est très ancienne. Depuis des centaines d'années, l'Homme a compris le parti qu'il pouvait tirer de l'eau, cette source d'énergie potentielle, naturelle, renouvelable et gratuite. Son acharnement a permis, à travers une longue lignée de scientifiques, d'inventeurs, d'entrepreneurs, la plupart du temps anonymes et rarement reconnus par l'histoire, d'exploiter cette énergie potentielle pour la transformer en énergie mécanique avant de trouver, à partir de 1880, la manière la plus efficace de l'exploiter en la transformant en électricité. C'est une longue histoire d'inventions et d'innovations. Si l'on reprend la définition de François Perroux selon laquelle « l'entrepreneur dynamique innove économiquement en faisant passer dans la réalité du marché l'invention technique, ou plus largement la combinaison nouvelle¹ », le monde de l'énergie hydraulique illustre parfaitement ce cheminement patient entre invention et innovation. Et cette histoire n'est pas achevée.

L'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité est un objectif stratégique pour la France comme pour tous les pays matures dans le cadre de la transition énergétique. C'est aussi une exceptionnelle opportunité pour les quelque 1,2 milliard d'êtres humains encore dépourvus d'accès à l'électricité. L'énergie pionnière, décentralisée et décarbonée, que fut l'électricité hydraulique dès la fin du XIX^e siècle représentait encore, fin 2017, 52 % de la capacité de production d'électricité renouvelable installée en France et, en moyenne annuelle, 12 % de la production électrique totale. Loin d'être une industrie mature à faible capacité d'innovation, la production d'énergie hydraulique représente une branche majeure de la famille des énergies renouvelables. C'est une filière essentielle aussi bien à la stratégie de décarbonation de l'électricité qu'à la régulation d'une production de plus en plus décentralisée et aléatoire.

Mais si les promesses de cette filière demeurent intactes, la concrétisation des nouveaux projets dans les pays qui ont fait l'objet d'équipements majeurs au XX^e siècle se heurte à de multiples contraintes, tant la ressource en eau est convoitée et âprement disputée entre les différentes parties prenantes. Par ailleurs, ces pays pionniers de l'hydroélectricité sont aujourd'hui confrontés au vieillissement de leurs installations et à la recherche d'une optimisation de l'équilibre entre sources d'énergie. Tant pour l'hydroélectricité que pour les autres sources d'énergie, les acteurs publics et privés doivent intégrer de multiples paramètres qui font que la ressource hydraulique doit faire l'objet d'une analyse méthodique et dépassionnée pour être exploitée dans le long terme en fonction de ses atouts.

1. Cité par Bertrand Gilles, in « Prolégomènes à une histoire des techniques », in Bertrand Gille, *Histoire des techniques*, Gallimard, « Encyclopédie de la Pléiade », 1978, p. 51-52.

I. UNE CONTRIBUTION ESSENTIELLE À LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE MONDIALE

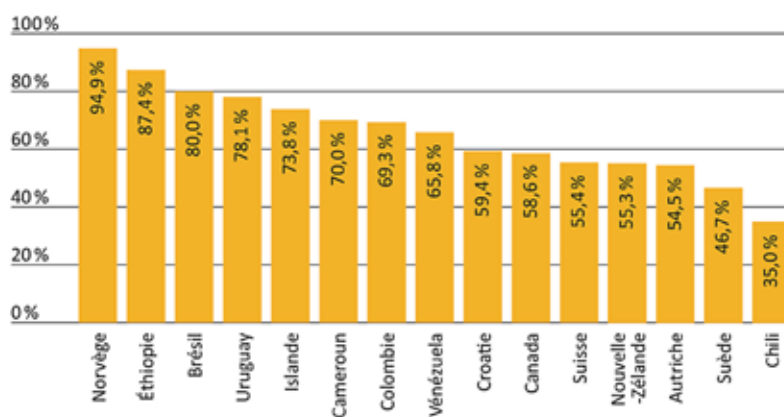
Avec 16 % de la production électrique mondiale, l'hydroélectricité en constitue la troisième source, derrière le charbon (40 %) et le gaz (19 %). Chaque année, dans le monde, environ 4 000 térawatts-heure (TWh) d'électricité sont produits à partir de l'énergie hydraulique, soit plus de trente fois la production totale d'énergie électrique en France. La production mondiale a doublé entre 1990 et 2015.

L'hydroélectricité représente près de 20 % des capacités électriques mondiales, avec 715 gigawatts (GW). En 2016, ce sont 36 GW de capacités hydrauliques nouvelles qui sont venus s'ajouter à ce potentiel, soit 5 %. En 2017, les principaux pays producteurs étaient la Chine (28,5 % de la production mondiale), le Canada (9,6 %), le Brésil (9,6 %) et les États-Unis (7,7 %).

En France, l'hydroélectricité constitue un élément clé de la production électrique. L'hydraulique a généré en 2017, avec une production de 48,6 TWh, 54,6 % de la production d'énergie renouvelable française, qui s'élève au total à 88,9 TWh. Elle a couvert, cette même année, 10,1 % des besoins d'énergie électrique français, contre 5 % pour la filière éolienne et 2 % pour le solaire. Les Alpes du Nord y contribuent à hauteur de 40 %. Sa production est plus prédictive et constitue une réserve essentielle dans l'équilibrage instantané du système électrique, tant pour compenser le caractère intermittent de la production éolienne et solaire que pour garantir aux clients la fréquence de 50 herz. La mobilisation de la réserve primaire, en moins de 30 secondes, et de la réserve secondaire, en moins de quinze minutes, est une contribution essentielle des centrales hydrauliques.

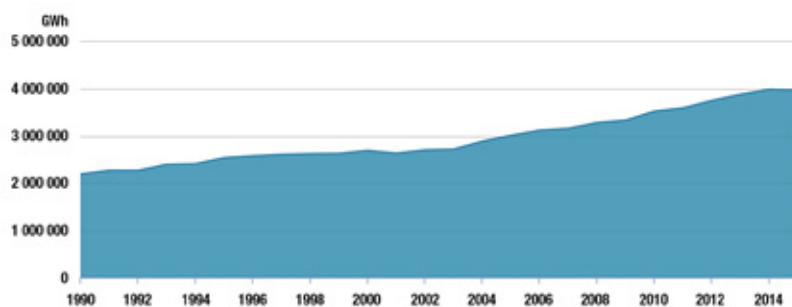
Par ailleurs, l'électricité hydraulique constitue la moins coûteuse des énergies renouvelables, et les installations de faible capacité deviennent compétitives.

Part de l'électricité produite par l'énergie hydraulique dans quelques pays



Source : Observ.ER, 2011.

Production d'énergie hydroélectrique dans le monde (1990 - 2015)



Source : Agence Internationale de l'Énergie, 2017.

II. UNE ÉNERGIE PIONNIÈRE ET INNOVANTE

1. Des siècles de perfectionnements incrémentaux de la capture de l'énergie hydraulique

Les chutes d'eau ont été, avec le vent, la première source d'énergie renouvelable. Elles ont permis de produire de l'énergie mécanique depuis l'Antiquité avec de simples équipements, en bois. Durant des siècles, inventeurs, artisans et industriels ont travaillé afin de maîtriser la chaîne d'exploitation de l'énergie hydraulique. Capter, stocker, distribuer, transformer sont autant de problèmes techniques dont la résolution progressive a conduit à l'économie contemporaine de l'énergie. Si les solutions ont évolué, les problèmes des exploitants restent identiques : produire en quantité et en sécurité une énergie compétitive compatible avec les objectifs de la société.

Pour satisfaire des besoins croissants, il fallait cependant améliorer les techniques d'exploitation de l'énergie hydraulique. C'est un sujet de recherche constant depuis l'Antiquité. Les Romains ont mis au point le moulin à eau, à roue verticale, pour le broyage des grains. La Chine l'a connu à la même époque. Mais c'est dans l'Europe du Moyen Âge que cette technique a pris son essor et a contribué à la première révolution industrielle. Les moulins à eau, à roue verticale, se sont multipliés. On en dénombrait plus de 5 000 en Angleterre au milieu du XII^e siècle. En France, on estime que le nombre de moulins atteignait 100 000 à la fin du XIII^e siècle. Cet engouement pour cette technique donna naissance à un grand nombre de solutions d'amélioration des roues en bois en Europe du Nord, contrairement aux rives de la Méditerranée où le régime régulier des rivières permettait des aménagements et une exploitation performants. Léonard de Vinci lui-même a consacré des études aux roues des moulins.

Les moulins permettaient de broyer des céréales mais aussi d'affûter des outils, de pomper et d'élever l'eau dans les canaux d'irrigation. Ils constituent la première expérience à grande échelle d'utilisation rationnelle de l'énergie. C'est ensuite la découverte du système bielle-manivelle qui, en transformant un mouvement circulaire en mouvement alternatif, a permis de développer à partir du XIV^e siècle les premières machines mécaniques mues par l'énergie hydraulique. Elles ont été progressivement employées dans les scieries hydrauliques, pour les pompes et les soufflets de forge.

Il a fallu des décennies de travail des inventeurs pour perfectionner les roues verticales, accroître leur puissance et mettre à l'essai des roues horizontales, alimentées par un canal d'amenée, ancêtres des turbines que l'on trouve illustrées dans l'*Encyclopédie* de 1752, avec les moulins du Bazacle qui datent

du XVIII^e siècle. Ces moulins, implantés dès le XI^e siècle sur la Garonne, à Toulouse, et décrits par Rabelais en 1534, sont un exemple remarquable d'exploitation collective de l'énergie hydraulique pour les besoins de la meunerie. Ils sont le premier exemple de sociétés par actions en France. En 1888, ils seront transformés en usines hydroélectriques, traduisant ainsi, dans la continuité de la même organisation, la capacité d'adaptation de l'énergie hydraulique.

Il faut attendre 1827 et l'invention de Benoît Fourneyron (1802-1867), qui lui-même s'inspire des projets antérieurs non réalisés de Leonhard Euler et Claude Burdin, son professeur à l'École des mines de Saint-Étienne, pour voir se développer la puissance des roues hydrauliques. Entre 1832 et 1867, plusieurs centaines de turbines, de plus en plus perfectionnées et puissantes, furent installées par Fourneyron en France et en Europe. Inventeur méticuleux et industriel, il fut surnommé « le Watt de l'hydraulique ». Il a notamment réussi industriellement cet exploit, qui reste au cœur de la performance des exploitants contemporains : « Faire entrer l'eau dans la roue mobile sans choc et la laisser sortir sans vitesse². » Les turbines de Fourneyron ont subi plusieurs développements, dont ceux apportés à partir de 1838 par l'Américain James B. Francis (1815-1892), qui leur a laissé son nom. Elles sont adaptées aux chutes moyennes (de 30 à 300 mètres) et aux débits moyens. Elles ont été modifiées pour les chutes de faible hauteur, de 2 à 25 mètres, par l'Autrichien Viktor Kaplan (1876-1934) qui les a brevetées entre 1912 et 1913.

Au milieu du XIX^e siècle, on dénombrait en France plus de 200 000 roues hydrauliques produisant de l'énergie exploitée directement sur chaque site. Car l'énergie hydraulique, malgré ses progrès considérables, restait limitée par l'impossibilité de transporter l'énergie produite, même sur courte distance, limitant l'installation des machines à la proximité immédiate des chutes d'eau où l'énergie pouvait être transmise vers des machines tournantes par arbres de transmission et poulies. Toutefois, il s'agissait d'installations mécaniques complexes avec beaucoup de pertes d'énergie, à portée limitée, et qui, de plus, étaient dangereuses pour les ouvriers.

Cette difficulté stimula les inventeurs à la fin du XIX^e siècle. C'est le câble métallique, se substituant aux poulies, qui permettra de s'affranchir partiellement de la contrainte de proximité. La distance maximale de transfert d'énergie mécanique fut atteinte par une technique d'origine suisse particulièrement innovante, le transport par câbles métalliques, nommés câbles téléodynamiques. Développée en Suisse dès 1850, c'est à Schaffhouse

2. René Bied-Chareton, « L'utilisation de l'énergie hydraulique. Ses origines, ses grandes étapes », *Revue de l'histoire des sciences*, Tome 8-1, 1955.

que fut installée dès 1867 la plus grosse installation, permettant de transporter 570 CV sur 650 mètres. La France ne resta pas à l'écart de cette innovation. À Bellegarde-sur-Valserine, dans l'Ain, cette technique fut utilisée à partir de 1873 pour alimenter trois usines situées à 1,3 kilomètre des turbines. Mais si cette installation ingénieuse n'eut pas le succès économique escompté, Bellegarde, forte de ces expériences, fut une cité innovante de l'hydroélectricité. C'est également dans une région pionnière que fut installé en 1891, à Saint-Égrève, dans l'Isère, un système de transport par câble de l'énergie produite par une turbine Girard sur une centaine de mètres pour alimenter l'installation de broyage d'une cimenterie. Mais ces installations inventives furent rapidement rendues caduques par le développement de l'hydroélectricité.

2. Les composantes de la révolution électrique

Dans la seconde partie du XIX^e siècle, les turbines connurent en effet un développement continu, permettant d'accroître la puissance fournie et d'en diminuer le coût. Avec le passage de la fonte à l'acier, aussi bien pour les turbines que pour les conduites, l'utilisation de turbines avec des chutes hautes devenait possible. Celle de Pelton, développée en Californie en 1879, donna un essor décisif à l'hydroélectricité : offrant un excellent rendement, elle permettait d'exploiter les chutes hautes à faible débit. Simultanément, les progrès du moteur électrique permirent une diversification de l'utilisation de l'énergie électrique.

En 1879, Thomas Edison (1847-1931) invente la lampe à incandescence qui permet de transformer en lumière l'énergie électrique. Cette invention se répand en Europe grâce à la société électrique Edison qui a pour but de faire fructifier le millier de brevets d'Edison et suscite de multiples initiatives d'élus et d'entrepreneurs qui veulent innover en développant rapidement l'éclairage public. L'éclairage électrique incarne la modernité dans cette fin de siècle avide de progrès technique. En 1881, l'Exposition internationale d'électricité de Paris et le Congrès international des électriciens donnent à cette nouvelle technique une impulsion décisive.

À partir de 1892, l'ingénieur français Marcel Deprez (1843-1918) expérimente le transport d'électricité à distance par courant continu. C'est à Munich qu'il réalise, sur 57 kilomètres, le transport d'un courant de 1 000 volts sur un fil télégraphique. Plusieurs expériences sont ensuite réalisées avec des compagnies de chemin de fer, très intéressées par cette nouvelle technique. En 1889, à Revel, dans le massif de Belledonne, démarre La Force, la première centrale hydroélectrique des Alpes, à partir de laquelle 300 CV sont transportés en

continu à 2,8 kV, avec le système Desprez, sur 5 kilomètres, pour alimenter la papeterie du Moutiers, à Domène. Un autre Français, Lucien Gaulard (1850-1888), se fait connaître lors de l'exposition de Turin de 1884 en mettant en service une liaison bouclée de démonstration alimentée par du courant alternatif sous 2 000 volts, de Turin à Lanzo aller et retour (80 kilomètres). Dans toute l'Europe, les expériences se multiplient au cours de ces décennies innovantes. À Francfort, en 1891, le courant alternatif s'impose comme solution efficace et élégante pour transporter l'énergie : 300 CV hydrauliques sont transportés à 170 kilomètres, avec un rendement de 74 %, en courant alternatif triphasé 15 kV.

Enfin, c'est Nicolas Tesla (1856-1943) qui, après ses études en Autriche et son travail à la Compagnie Edison, en France, part aux États-Unis fonder la Tesla Electric Light & Manufacturing et dépose, entre 1887 et 1889, sept brevets majeurs sur la construction de moteurs asynchrones et la transmission d'électricité par courants polyphasés, permettant à la fois puissance et stabilité. Avec ces ultimes perfectionnements, l'énergie hydraulique, devenue enfin transportable et exploitable sous forme d'hydroélectricité, va connaître un développement considérable. Les premières installations sont exploitées pour l'éclairage urbain, l'électricité se substituant rapidement au gaz. Les transports publics exploitent très vite la souplesse de l'électricité. Le métro et le transport ferroviaire se convertissent. Mais c'est l'industrie qui va connaître, au pied des installations alpines et pyrénéennes, l'essor le plus rapide. L'électrochimie et l'électrometallurgie se concentrent dans de grandes installations, alors que l'électrification de toutes les machines industrielles va graduellement se diffuser pour représenter, en 1931, 62 % des besoins énergétiques des entreprises. Grâce à la maîtrise du cycle complet de production d'énergie électrique, de distribution à distance et d'utilisation diversifiée dans des machines de toutes natures, les conditions étaient réunies pour un essor industriel qui allait permettre la croissance industrielle du XX^e siècle.

3. L'épopée de la houille blanche

La « houille blanche » a été une épopée industrielle et humaine qui a joué un rôle majeur dans la vision du progrès propagée par les acteurs de cette source d'énergie. L'inventeur de la formule « houille blanche » est un industriel papetier, Aristide Bergès (1833-1904), qui en a fait le symbole de l'éveil des vallées alpines au progrès scientifique, alors que leur éloignement et leur climat difficile constituaient auparavant des facteurs d'exclusion. Il écrit ainsi, pour l'Exposition universelle de 1889 : « J'ai voulu employer ce mot [l'expression

« houille blanche »] pour frapper l'imagination et signaler avec vivacité que les glaciers des montagnes peuvent, étant exploités en forces motrices, être pour leur région et pour l'État, des richesses aussi précieuses que la houille des profondeurs³. » Quelques décennies plus tard, le développement de l'économie touristique avec les sports d'hiver apportera le même esprit autour du thème de la conquête de l'« or blanc ».

La revue spécialisée *La Houille blanche* est créée en 1902, avec pour sous-titre « Revue générale des forces hydro-électriques et de leurs applications ». Sa devise est éloquent : « La houille noire a fait l'industrie moderne, la houille blanche la transformera. » Le Congrès de la houille blanche, en 1902, et l'Exposition internationale de la houille blanche et du tourisme, à Grenoble, en 1925, entretiendront cette épopée qui a beaucoup marqué les générations d'avant la Seconde Guerre mondiale et influencé les grands investissements d'après-guerre sous l'impulsion de la nouvelle compagnie fédératrice de ces travaux, EDF. Louis Barbillion (1873-1945), directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble, illustre parfaitement cet état d'esprit conquérant et civilisateur en affirmant que les Alpes étaient « un pays qui il y a 40 ans encore ne comportait que trop de vallées pauvres, de régions incultes et de population aux mœurs arriérées et à la vie difficile⁴ », alors que Gabriel Hanotaux, de l'Académie française déclare avec enthousiasme : « Une grande révolution est accomplie : la montagne, jusque-là inactive et inféconde, va prendre part au labeur universel⁵. » Ce discours résolument moderniste, qui ne convainc pas toutes les populations, fut utilisé ultérieurement pour contrer les oppositions au développement des installations liées à cette houille blanche qui s'imposaient dans le paysage au détriment des pratiques traditionnelles⁶. Très vite, les conditions du développement des investissements industriels se sont mises en place. Un service des forces hydrauliques, à l'instar des services analogues créés en Suisse, en Italie et en Allemagne, fut instauré en 1903 au sein du ministère de l'Agriculture. Sa mission était d'établir un inventaire hydrographique complet des zones de montagne et des études sur la topographie, les glaciers et la pluviométrie. Pour réaliser ce travail, 150 stations de jaugeage furent installées. Un travail considérable d'inventaire fut réalisé en

3. Cité par René Bled-Charreton, in « L'utilisation de l'énergie hydraulique. Ses origines, ses grandes étapes », *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, vol. 8, n° 1, janvier-février 1955, p. 66. (www.persee.fr/doc/rhs_0048-7996_1955_num_8_1_3491).

4. Louis Barbillion, préface à l'ouvrage de Victor Sylvestre, *La Houille blanche*, éditions J. Rey, 1925, p. 13.

5. Gabriel Hanotaux, discours prononcé lors du Congrès de la houille blanche, 7 septembre 1902, « Compte rendu du Congrès », *La Houille blanche*, p. 97 (www.shf-lhb.org/articles/lhb/pdf/1902/05/lhb1902029.pdf).

6. Voir Anne Dalmaso, « L'ingénieur, la Houille Blanche et les Alpes : une utopie modernisatrice ? », *Le Monde alpin et rhodanien. Revue régionale d'ethnologie*, « Le temps bricolé. Les représentations du Progrès (XIX^e-XX^e siècles) », vol. 29, n° 1-3, 1^{er}-3^e trimestres 2001, p. 25-38 (www.persee.fr/doc/mar_0758-4431_2001_num_29_1_1728).

quelques années et donna lieu à d'abondantes publications, mises à disposition des industriels et des collectivités. Déjà, le rôle des données était perçu comme un facteur majeur de performance. Ce service deviendra ensuite le service central des forces hydrauliques et des distributions d'énergie électrique, rattaché au ministère des Travaux publics. De 1939 à 1969, la Société hydrotechnique de France publiera l'*Annuaire hydrologique de la France* qui constituera une référence pour la connaissance patrimoniale des cours d'eau.

Les éléments de mesure

Puissance installée : elle représente la capacité maximale de puissance des turbines opérationnelles (ex. : mégawatt).

Production : elle mesure la production effective d'électricité par unité de temps (ex. : mégawatt/h)

4. L'accélération de l'équipement des ressources

À la veille de la Première Guerre mondiale, le charbon couvre 88 % des besoins énergétiques de la France, le bois 9,5 %, le gaz 1,4 % et l'hydraulique 0,7 %. La plus grande centrale hydroélectrique est alors celle de l'Argentière, sur la Durance, d'une puissance de 28 MW. Mais la guerre prive brutalement la France de ses ressources minières du Nord, où les deux tiers des fosses sont détruites. Le rationnement de cette ressource vitale qu'est le charbon devient la règle au moment où l'effort de guerre impose une intensification de l'activité industrielle. L'énergie hydroélectrique devient donc un recours indispensable. Les équipements de chutes se multiplient afin de fournir l'énergie nécessaire aux usines éloignées de la ligne de front. Entre 1914 et 1919, la puissance hydroélectrique installée en France passe de 475 à 852 MW.

Il s'agit d'usines de puissance moyenne, établies dans des vallées avec un fort débit mais une chute faible ou sur des torrents secondaires avec une forte chute mais de petits débits. Ces installations étaient indépendantes et, pour obtenir puissance et régularité, il est apparu nécessaire de mettre en place des systèmes permettant de collecter plusieurs sources secondaires en vue de constituer un système unique de conduites forcées et de turbines.

À la fin de la guerre, un cadre législatif s'impose pour rationaliser les investissements et discipliner l'exploitation, brouillonne, des ressources. La loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique fixe le cadre indispensable. Son article 1 dispose : « Nul ne peut disposer de l'énergie des marées, des lacs et des cours d'eau, quel que soit leur classement, sans une concession ou une autorisation de l'État. Toutefois aucune concession ou

autorisation ne sera accordée sans avis préalable des conseils généraux des départements, représentant des intérêts collectifs régionaux, sur le territoire desquels l'énergie est aménagée⁷. » Cette nationalisation de la ressource hydraulique offre depuis un siècle un cadre de régulation durable. Elle ancre l'hydroélectricité dans deux plans indissociables : la politique énergétique nationale et l'aménagement des territoires.

La puissance installée était de 150 000 kWh en 1899, puis passe à 550 000 en 1914, à 880 000 en 1919 et à 1,1 million en 1923, pour ensuite plus que doubler en dix ans et passer à 2,4 millions en 1933. Ce programme sert en premier lieu l'électrification rurale : 33 000 communes sont électrifiées en 1933 et 40 millions d'habitants sont desservis, contre 16 millions en 1919. Le Massif central, les Alpes, les Pyrénées voient s'édifier des ouvrages de plus en plus audacieux qui font totalement changer d'échelle la production hydroélectrique. Le barrage d'Éguzon, dans la Creuse, est ainsi le premier ouvrage français en béton, l'un des plus importants du monde à l'époque. Plus encore, c'est la construction, dans les années 1930, d'un réseau d'interconnexion à haute tension entre centrales hydrauliques et thermiques couvrant le territoire qui assoit définitivement la primauté de l'électricité.

C'est un secteur industriel complet qui se constitue. Les entreprises de travaux publics et les sociétés de production électrique coopèrent pour développer un tissu industriel dynamique et une cohérence de filière. L'Énergie industrielle, fondée en 1906 et premier distributeur électrique de l'époque, se dote de sa propre structure de production hydroélectrique, l'Entreprise industrielle. Le second distributeur électrique, l'Union d'électricité, prend des participations dans les entreprises clés du secteur, comme Forclum. La Société générale d'entreprises (SGE), la principale constructrice de centrales hydroélectriques dès le début du XX^e siècle, investit dans des sociétés de production électriques, comme la Société de forces motrices de la Truyère.

7. Loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, titre Ier, art. 1 (www.legifrance.gouv.fr/affichTexteArticle.do?sessionId=35AADFC4A7AFFA62BC9E344E25C34954.tplgfr22s_1?idArticle=LEGIARTI000006847018&cidTexte=LEGITEXT000006074248&dateTexte=20181111).

III. LES RICHES HEURES DE L'HYDROÉLECTRICITÉ

Converties à la production d'énergie électrique, les ressources hydrauliques ont fait l'objet depuis la fin du XIX^e siècle d'une innovation continue qui en a fait un des leviers majeurs de la démocratisation de l'électricité et du développement industriel. À la veille de la Seconde Guerre mondiale, il y avait en France des centaines d'installations de production d'électricité hydraulique. Aux lendemains du conflit, la nationalisation de 1945 allait confier le destin de l'énergie hydroélectrique à un seul exploitant, EDF, créé le 8 avril 1946. Quelques collectivités locales, déjà propriétaires de leur fournisseur d'électricité, réussirent néanmoins à conserver leur indépendance historique. Ce sont les entreprises locales de distribution (ELD), dont plus d'une centaine, de taille très variable, sont encore très actives.

1. Une industrie au développement rapide

La nationalisation de l'énergie et la culture productiviste de la reconstruction allaient donner un essor décisif au développement de l'hydroélectricité en France. En 1938, la France importait 38 % de son énergie. Outre la remise en état des mines et la relance rapide de la production charbonnière, c'est l'hydroélectricité qui a représenté la priorité des gouvernements de l'après-guerre. Elle fut ainsi l'une des priorités du plan Monnet (1946-1950), qui prévoyait que la part de l'hydraulique atteigne 60 % des 40 milliards de kilowattheures de besoins estimés, soit 24 milliards, en augmentant la part des réservoirs de 7 à 11 % de la production hydraulique. Énergie nationale et renouvelable, l'hydroélectricité avait toutefois l'inconvénient, dans le contexte de l'après-guerre, d'absorber des capitaux massifs sans donner de résultats à court terme. Le programme des grands barrages devenait, dès lors, une priorité nationale.

2. La diversification des grands barrages français

Un barrage est un ouvrage complexe qui, modifiant le cours de la nature, a un impact sur l'écosystème et présente des risques techniques et géologiques. Les barrages ont été peu nombreux avant le XIX^e siècle, même si certains d'entre eux témoignent d'une maîtrise technique empirique assez solide. Ces barrages étaient associés à des installations industrielles, comme les forges, afin de garantir une continuité dans l'alimentation des moulins. Ils ont joué un grand rôle dans la régulation des canaux à écluses, tels le canal du Midi, célèbre pour le barrage de Saint-Ferréol, barrage-masse édifié en 1675 et d'une hauteur

de 30 mètres, ou les cinq barrages du canal de Bourgogne. Le premier barrage-voûte, de 42 mètres de haut, mis en service en 1854, fut conçu par l'architecte François Zola (1795-1847), le père du célèbre écrivain, pour alimenter Aix-en-Provence en eau potable.

Toutefois, les connaissances techniques nécessaires à l'édification d'ouvrages complexes étaient encore insuffisantes. Au carrefour de la mécanique des fluides, de la maîtrise de la géologie et des contraintes techniques liées à l'ancrage d'un barrage dans le sol, de l'ingénierie de la construction et de la résistance des matériaux, la science des barrages est montée en puissance lentement, au prix parfois d'erreurs aux conséquences dramatiques, à l'image de la rupture du barrage de Bouzey, dans les Vosges, en 1895, qui causa la mort de 87 personnes. Plus près de nous, en 1959, avec ses 423 victimes, la rupture des ancrages dans le sol du barrage-voûte de Malpasset, dans le Var, construit pour l'alimentation en eau de Fréjus mais sans répondre aux normes de construction hydroélectrique, a frappé l'opinion. C'est un problème géologique de glissement de terrain, et non pas de construction, qui est à l'origine de la catastrophe du barrage de Vajont, en Italie, en 1963. Spectaculaires, ces drames sont heureusement marginaux dans l'histoire industrielle et ont contribué à la mise en œuvre d'une politique de sécurité très rigoureuse.

La diversité des ouvrages, barrages et centrales, répond à des modes de sollicitation différents et complémentaires dans le cadre d'installation de moyenne et forte puissance :

- les centrales réservoirs disposent d'une réserve d'eau qui leur permet de répondre rapidement aux sollicitations de la demande. Cette réserve est créée par un barrage, barrage-poids, dont la structure résiste à la poussée du réservoir, ou barrage-voûte, qui repousse la poussée de l'eau du réservoir sur les appuis ancrés dans les flancs de la vallée. Les centrales d'éclusee disposent d'une réserve d'eau correspondant à 400 heures d'accumulation, soit deux semaines, tandis que les centrales de lac disposent d'une réserve saisonnière ;
- les centrales au fil de l'eau turbinent en temps réel en fonction du débit d'eau. Elles produisent de façon continue et disposent, dans la majorité des cas, d'une faible capacité de stockage. C'est le cas des centrales réalisées sur le Rhin et le Rhône. Elles contribuent pour 52 % à la production d'énergie électrique hydraulique en France.

Des travaux internationaux ont conduit à normaliser la notion de « grand barrage » grâce à la Commission internationale des grands barrages, fondée en 1928. On a ainsi défini un « grand barrage » comme étant un ouvrage de plus de 15 mètres de haut, sans justification technique particulière, limite qui a permis d'établir un « registre mondial des grands barrages ».

Quelque 70 barrages ont été édifiés jusqu'en 1919, puis le développement de l'hydroélectricité, favorisé par la loi de 1909, a ouvert le champ à la création de nombreux grands barrages, plus audacieux (trois ont une hauteur supérieure à 100 mètres), plus techniques également.

L'après-guerre a vu une accélération du programme de développement de l'hydroélectricité, avec la construction de nouvelles installations. De 1945 à 1960, 120 grands barrages ont été construits en France, dont 58 barrages-voûtes, auxquels est associé le nom de l'ingénieur André Coyne (1891-1960), qui en a conçu 44. Le nombre de grands barrages en France est ainsi passé de 249 en 1960 à 594 en 2000. De nouveaux procédés de construction ont été mis au point, notamment la maîtrise des ouvrages en terre, qui ont permis la construction d'ouvrages majeurs comme celui de Serre-Ponçon, dans le sud des Alpes françaises.

Au-delà des ouvrages, de nouvelles techniques de gestion de la ressource hydraulique sont apparues. Les stations de transfert d'énergie par pompage (Step) sont des installations conçues pour stocker l'énergie sous forme de réserve d'eau en altitude et, lorsque la demande le nécessite et lorsque les prix de marché font que cela est économiquement opportun, pour la libérer vers un bassin amont, où elle sera pompée pour être restockée lorsque la demande d'électricité sera plus faible. La réalisation de telles stations est une réponse pertinente au problème de l'optimisation du réseau électrique. Si ces installations sont coûteuses et complexes, elles sont appelées à jouer un rôle essentiel avec le développement des énergies alternatives intermittentes.

La France dispose de six Step, mises en service entre 1976 et 1987. Celle de Grand'Maison, sur la Romanche, en Savoie, réalisée en 1985, avec 1 790 MW de puissance de turbine, représente 8 % de la puissance électrique installée française. Montézic, dans l'Aveyron, est la seconde centrale en puissance, entièrement souterraine. Les Step peuvent atteindre, en quelques minutes, le maximum de leur capacité.

Il faut aussi souligner la prouesse technique que fut la réalisation de la centrale marémotrice de la Rance, dans le nord-est de la Bretagne, d'une puissance de 240 MW, raccordée au réseau en 1966. Ce projet fut étudié dès 1941, mais la technique employée n'a pas connu le développement imaginé par ses promoteurs, puisque dix-huit sites potentiels avaient alors été identifiés dans l'Hexagone⁸.

8. Voir Jean Demangeot, « Perspectives d'avenir de la "houille bleue" », *Revue de géographie alpine*, vol. 33, n° 2, 1945, p. 291-314 (www.persee.fr/issue/rga_0035-1121_1945_num_33_2?sectionId=rga_0035-1121_1945_num_33_2_5187).

IV. REDÉFINIR UNE NOUVELLE DYNAMIQUE AU XXI^E SIÈCLE

Depuis le Moyen Âge, l'histoire de l'hydromécanique a marqué les progrès de la civilisation européenne. Depuis 1890, l'hydroélectricité s'insère dans l'histoire des progrès de l'énergie et de ses conséquences sur la structuration de la vie contemporaine. On ne mesure plus à quel point disposer d'énergie électrique de façon abondante, fiable et économique résulte de la gestion résiliente du temps long. Il ne s'agit pas de suivre des modes mais, étape après étape, de construire une architecture de l'énergie, au-delà des contingences du moment, afin d'assurer une production continue, fiable et économique. L'hydraulique s'inscrit naturellement dans ce temps long et implique des arbitrages entre de multiples contraintes.

Les enjeux du maintien et du développement de l'énergie hydraulique restent considérables pour le second producteur européen d'énergie électrique hydraulique qu'est la France. Non seulement le parc installé représente 25,5 GW et une production annuelle moyenne de 67 TWh, mais il joue par ailleurs un rôle majeur dans la régulation de la production et de la distribution d'électricité. D'autre part, il faut admettre que le monde de l'énergie, vital à notre prospérité et à notre bien-être, est aussi un monde traversé de controverses techniques et idéologiques. Il faut à ce propos méditer la sage remarque de Pierre Massé (1898-1987) qui, dans une conférence de 1949, expliquait que « le véritable critère économique ne réside pas dans la limitation intuitive de telle ou telle de nos ressources, mais dans le développement de chacune d'elle à l'optimum. Ce développement optimum peut d'ailleurs être conçu dans le cadre national ou dans le cadre élargi permis par le progrès technique⁹ ». C'est dire que l'avenir de l'hydroélectricité doit se traiter sans *a priori* idéologique ou technique, en intégrant l'ensemble des paramètres de décision touchant ce qui constitue un patrimoine national unique élaboré depuis maintenant cent trente ans.

9. Pierre Massé, « Les problèmes économiques de l'équipement hydroélectrique », *La Houille blanche*, n° 5, septembre-octobre 1949, p. 589-590 (www.shf-lhb.org/fr/articles/lhb/pdf/1949/07/lhb1949052.pdf).

V. UN CHAMP D'EXPERTISE TECHNIQUE

L'hydroélectricité représente un marché mondial considérable en croissance. L'Asie et le continent africain disposent de ressources non exploitées et de besoins considérables. C'est un marché mondial qui implique de nombreuses compétences, de l'ingénierie au génie civil, de la maîtrise de la production des turbines à leur exploitation, de la régulation informatique à la compréhension des biotopes (biologistes, spécialistes de l'environnement), de la mécanique des fluides à la mécanique des sols. Il faut également disposer d'expertise juridique pour mettre en place la gouvernance la plus appropriée de la ressource hydraulique entre toutes les parties prenantes. Le savoir-faire français, bâti en près de cent cinquante ans, peut être valorisé grâce à une filière industrielle nationale experte et compétitive aussi bien pour construire la continuité de l'histoire que pour explorer de nouvelles pistes, techniques et internationales. On estime que la filière générerait, en 2015, 20 700 emplois au total dont 12 300 emplois directs pour un chiffre d'affaires annuel de 3,5 milliards d'euros en France.

Néanmoins, comme pour l'industrie nucléaire, ce savoir-faire ne peut se maintenir au meilleur niveau mondial que si les commandes industrielles assurent un plan de charge satisfaisant. Le rachat des activités de turbines hydrauliques d'Alstom par General Electric devait répondre à cette problématique de taille mondiale du marché. Toutefois, General Electric Renewable Energy a entériné en octobre 2018 un plan de réduction de ses effectifs sur son site de Grenoble. Ce plan, qui concerne 300 emplois sur 800, inquiète sur l'avenir de la filière française de production de turbines. Néanmoins, l'ingénierie française continue de remporter des succès sur les marchés étrangers, avec notamment une étude de Step dans les Émirats arabes unis gagnée par EDF.

La France n'a naturellement pas l'exclusivité de ces compétences de conception et de gestion. Plusieurs opérateurs européens ont, comme EDF et Engie, un savoir-faire dans l'exploitation hydroélectrique, comme Statkraft (Norvège), Verbund (Autriche), Alpiq ou BKW (Suisse), Vattenfall (Allemagne), Iberdrola (Espagne) et Enel (Italie). Il est à noter que si le marché hydroélectrique devient réellement mondial, l'expertise européenne, elle, est fragmentée, faute de cadre européen efficace. La concurrence ne doit pas s'exprimer entre Européens mais entre l'Europe et le reste du monde.

En dehors de l'Europe, il y a en effet de plus en plus d'acteurs compétitifs, aux États-Unis, au Brésil, en Russie ou au Canada, où il faut souligner l'expertise

du producteur québécois Hydro-Québec. La Chine, qui a un gigantesque programme d'équipement hydroélectrique, a appris à maîtriser toute la filière industrielle. Avec une croissance annuelle de la production de plus de 10 % depuis dix ans, elle est devenue le premier producteur d'énergie électrique hydraulique du monde avec ses 85 000 centrales hydroélectriques. Elle a commencé à exporter son savoir-faire, notamment en Afrique, où elle propose ses techniques et ses financements. Cette ambition de la Chine a été confirmée lors du 5^{ème} Forum sur la Coopération Sino-Africaine qui s'est tenu à Pékin en septembre 2018. Elle vient notamment de conclure un accord avec le Nigeria pour construire la centrale hydroélectrique de Membila, d'une capacité de 3 MW, soit presque la moitié de la capacité actuelle du pays. De plus, l'empire du Milieu, par la société China Three Gorges Corporation (CTG), vient également de racheter par étapes la société Energias de Portugal (EDP) : 23,3 % en 2011, puis la totalité en mai 2018, pour un total de près de 12 milliards d'euros. Et il faut savoir que 60 % de l'électricité produite par EDP est issue de sources renouvelables. La filiale d'EDP, Hydroglobal, est un acteur dynamique en Amérique latine, où elle vient de remporter, fin 2017, la concession d'une nouvelle centrale hydraulique au Pérou. Les travaux seront réalisés par China International Water & Electric Corporation (CWE), une filiale de CTG, ce qui démontre l'emprise chinoise sur la filière complète. CTG est très active en Europe sur l'éolien et le solaire.

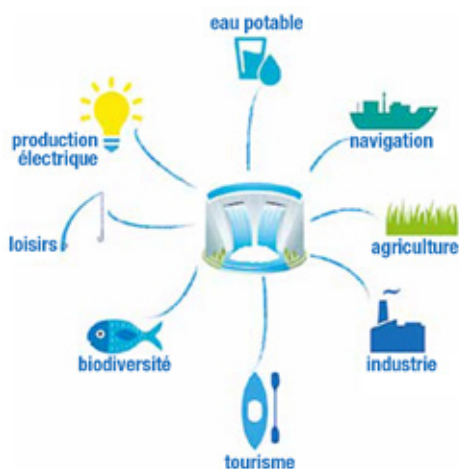
VI. L'HYDRAULIQUE, UN OUTIL D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

La gestion de l'eau se trouve confrontée à de multiples contraintes et, selon une formule heureuse de Claude Thirriot, doit être étudiée selon trois points de vue, « l'hydraulique de l'effort, l'hydraulique du transport et l'hydraulique du confort¹⁰ ». L'exploitation de l'énergie hydraulique s'insère dans une approche systémique qui intègre, par exemple, l'usage agricole et récréatif des réserves d'eau, la pisciculture et la navigation, autant d'usages concurrents et complémentaires qui imposent une gestion de bassin cohérente au service de l'aménagement du territoire. Ces usages, qui peuvent se révéler conflictuels, exigent une concertation territoriale efficace.

10. Claude Thirriot, « L'hydraulique au fil de l'eau et des ans à travers les XVII^e et XVIII^e siècles », *La Houille blanche*, n° 5-6, août 1994, p. 61.

Figurant parmi les énergies les moins polluantes, aux côtés de l'énergie éolienne, de l'énergie solaire, de la biomasse ou de la récupération de chaleur, l'énergie hydraulique n'en est pas moins soumise aux principes stricts qui animent la protection de l'environnement. L'énergie hydraulique doit se soumettre aux filtres d'analyse scientifiques et légaux sur l'impact à long terme de ses installations sur la faune et la flore, sur les activités agropastorales, sur le respect des écosystèmes humides, sur les paysages. Elle doit aussi à court terme concilier de multiples objectifs, notamment l'impact sur les paysages et l'attractivité touristique, qui sont venus progressivement s'ajouter au seul objectif premier d'optimisation de la production électrique.

L'hydroélectricité au cœur d'un système écodynamique



Source : Union française de l'électricité, Syndicat des énergies renouvelables et France Hydro-Électricité, *L'Hydroélectricité à la croisée des chemins : donnons un nouvel élan à la première des énergies renouvelables. Livre blanc de l'hydroélectricité*, p. 6.

En effet, même si l'hydraulique est la plus fiable et la mieux prédictible des énergies renouvelables, elle n'est pas sans coût environnemental et humain. Cette dimension était présente dès le début de l'exploitation des ressources mais s'est amplifiée au fil des années avec la prise de conscience environnementale. L'hostilité à la submersion du village de Tignes, en 1952, oubliée aujourd'hui, a témoigné à l'époque de réactions vives contre l'irruption brutale d'un progrès qui venait bouleverser les écosystèmes ancestraux, imposé au nom de l'intérêt général. Au Québec, dans les années 1970, des débats intenses ont aussi accompagné le développement des grands barrages de la baie James, au nom de la protection des intérêts séculaires des Premières Nations. En Chine même, dans les années 1990, des oppositions vives se sont révélées lors de la

conception et de la construction du barrage des Trois-Gorges, sur le Yangzi Jiang, considéré comme le plus grand barrage du monde et ayant entraîné le déplacement de près de 2 millions de personnes.

En France, la loi du 15 juillet 1980, en rendant plus facile la construction de microcentrales pour développer des sources décentralisées de production d'électricité, a relevé le seuil du régime de concession de 500 à 4 500 kW sans modifier l'obligation d'établir une étude d'impact et en protégeant certains cours d'eau sensibles de toute installation hydroélectrique par un régime d'interdiction. Elle contraint également les promoteurs d'équipements, autorisés ou concédés, à définir des mesures d'aménagement et d'exploitation protégeant la nature, la faune et la flore. L'usage de l'eau ne doit pas compromettre le maintien des équilibres biologiques, la qualité des sites et des paysages, la reproduction et la libre circulation du poisson¹¹.

L'hydroélectricité s'insère depuis longtemps dans une stratégie de respect des espaces naturels, ce qui n'est pas sans conséquence sur le coût des installations. C'est en particulier le cas pour la protection des ressources piscicoles. La signature, en juin 2010, entre les producteurs d'hydroélectricité et les associations de protection de l'environnement, d'une convention d'engagement définit entre toutes les parties concernées un cadre favorisant le développement des ressources hydroélectriques dans un strict respect des milieux naturels¹². Couvrant dix points clés, cette convention vise à accélérer la mise aux normes des ouvrages existants, notamment pour l'observation des débits réservés et l'installation de passes à poisson, renforce les études et les suivis sur les milieux aquatiques, contribue à l'intégration des investissements nécessaires dans la rénovation des ouvrages en permettant le maintien d'un tarif d'achat préférentiel et développe la concertation permanente entre acteurs. Un exemple remarquable de cet effort de mise en cohérence des besoins de la production énergétique et du respect environnemental est la rénovation du barrage de Poutès, sur l'Allier : construit en 1941, cet ouvrage était un obstacle important à la circulation du saumon, mais des travaux importants, fruits d'une concertation avec toutes les parties prenantes, ont permis de réduire considérablement le temps de dévalaison des jeunes saumons, facteur majeur de mortalité.

Ce mode de concertation est un atout de la gestion française de l'hydroélectricité qui s'inscrit dans le long terme. Néanmoins, depuis le lancement de cette

11. Loi n° 80-531 du 15 juillet 1980 relative aux économies d'énergie et à l'utilisation de la chaleur (www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000006068694).

12. Convention d'engagements pour le développement d'une hydroélectricité durable en cohérence avec la restauration des milieux aquatiques suite au Grenelle de l'Environnement, 23 juin 2010 (www.france-hydro-electricite.fr/fichiers/public/publications%20tierces/convention-pour-une-hydroelectricite-durable.pdf).

dynamique en 2010, on constate un ralentissement continu de la fréquence et de la qualité des échanges conduisant à la mise en sommeil de cette structure de concertation. Or c'est un cadre parfaitement approprié à la réflexion et à l'action sur la transition énergétique. Plus que jamais, avec les tensions prévisibles sur les ressources en eau à cause du réchauffement climatique, il est indispensable de faire vivre les outils techniques et de gouvernance d'une gestion cohérente et systémique des ressources pour gérer les potentiels conflits d'usage et agir sur le long terme. On mesure en effet les limites d'une vision purement concurrentielle de la gestion pour ce bien commun qu'est l'eau et qui implique des opérateurs stables et efficaces.

VII. LES PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT

L'électricité hydraulique est le résultat de la force motrice de l'eau. Si l'histoire de l'hydroélectricité a été marquée par l'équipement méthodique des torrents et rivières qui furent à l'origine de l'essor de la houille blanche, les besoins en « électricité verte » ont relancé l'innovation et redonné vie à des idées anciennes sur d'autres formes d'exploitation de la ressource hydraulique. De plus, le contexte a évolué et les projets hydroélectriques sont concurrencés par les parcs éoliens et par le développement du solaire industriel et domiciliaire. Chacune de ces techniques a ses propres mérites. Les installations réparties ont l'avantage d'utiliser moins d'espace et moins de capitaux, mais leur production est intermittente et leur puissance plus faible. L'implantation d'un champ de 500 éoliennes de 2 MW, soit la moitié de la puissance hydroélectrique du barrage de Grand'Maison, a un impact non négligeable sur l'espace, ce qui peut conduire les riverains à s'y opposer. Les microcentrales peuvent utilement s'insérer dans cette évolution vers une décentralisation des ressources énergétiques.

Par ailleurs, les études à long terme sur l'incidence du changement climatique sur le régime hydrologique des cours d'eau français font apparaître une diminution significative globale des débits moyens à l'échelle du territoire, qui pourrait être de l'ordre de 10 à 40 % selon les simulations. Pour une majorité de cours d'eau, les modèles projettent une accentuation des étiages encore plus marquée. Cette tendance, due à l'accroissement de l'évaporation de surface et au régime perturbé des précipitations saisonnières, pluie et neige, introduit dans la gestion de la ressource une contrainte supplémentaire de continuité de disponibilité.

Il y a donc en permanence un arbitrage à opérer entre solutions techniques et niveaux d'investissements, compte tenu du prix de vente du kilowattheure, d'une part, mais également de l'impact sociétal et de l'acceptabilité des publics, d'autre part.

Le développement futur de l'hydroélectricité emprunte deux voies complémentaires : l'optimisation des installations anciennes et l'implantation de nouvelles capacités de production innovantes.

1. L'optimisation du parc

Le parc ancien, installé pour partie avant la fin des années 1950, doit être renouvelé et bénéficier des dernières techniques pour être plus efficient. EDF conduit actuellement un projet emblématique de renouveau de l'industrie hydroélectrique, le projet Romanche-Gavet. La Romanche, au sud-est de Grenoble, au pied du massif de Belledonne, est un des sites pionniers de l'hydroélectricité en France qui a été industrialisé grâce aux premières installations de production d'électricité hydraulique. De cet essor industriel, initié par des entrepreneurs privés, subsistent de nombreuses installations en friche et six centrales encore opérationnelles opérées par EDF, avec 5 barrages et 7,5 kilomètres de conduites forcées. Cet ensemble hétérogène et peu avenant dans une vallée à fort potentiel touristique va être remplacé par une seule installation souterraine, une seule prise d'eau en amont alimentant une galerie d'amenée de 9,3 kilomètres de long. Cette architecture souterraine, totalement discrète, est de même nature que celle de la centrale Step de Montézic, dans l'Aveyron. Efficiente, invisible et autorisant la réhabilitation du cours de la rivière et de ses berges, cette nouvelle installation, qui sera opérationnelle en 2019, va de plus augmenter la capacité de production de 38 % pour atteindre 560 millions de kilowattheures par an. EDF est concessionnaire de cette installation pour soixante ans.

À la lumière de cette opération, il est clair que la modernisation des installations, souvent très anciennes, représente un enjeu majeur d'accroissement de la capacité installée. On considère que ce type de modernisation apporte un gain de capacité de production de 5 à 10 %.

De façon plus large, les ouvrages vieillissent et nécessitent un entretien de plus en plus coûteux dans le temps. La sûreté de fonctionnement des barrages est un élément majeur de la politique hydraulique et a fait l'objet d'une mise à jour majeure en 2007 qui tient compte de la diversité des ouvrages et de l'évolution du statut de leurs exploitants. Un décret du 12 mai 2015 relatif aux digues et barrages est venu préciser les règles relatives à la sûreté de ces

ouvrages¹³. Une actualisation de ces prescriptions techniques a été effectuée par l'arrêté du 6 août 2018 relatif à la sécurité des barrages¹⁴. Le durcissement des règles répond aux trois exigences suivantes, auxquelles sont associées des prescriptions techniques précises :

- dans les conditions normales d'exploitation du barrage, les risques liés à son fonctionnement sont pleinement maîtrisés, en tenant compte des contraintes pouvant s'exercer naturellement sur l'ouvrage, venant notamment des actions de l'eau de la retenue ;
- en cas d'événement naturel exceptionnel tel que lié à la crue du cours d'eau alimentant la retenue, le barrage conserve la disponibilité de tous ses organes de sécurité. En cas de séisme, le barrage n'est pas à l'origine d'une libération incontrôlée et dangereuse de l'eau contenue dans la retenue ;
- en cas d'incident exceptionnel pouvant impacter son bon fonctionnement, le barrage n'est pas à l'origine d'une libération incontrôlée et dangereuse de l'eau contenue dans la retenue.

Un classement des barrages a été effectué par le décret du 11 décembre 2007, modifié le 12 mai 2015¹⁵. Ils sont désormais répartis en trois classes, en fonction de deux paramètres géométriques, la hauteur H (exprimée en mètres) de l'ouvrage au-dessus du terrain naturel et le volume V (exprimé en millions de mètres cubes) d'eau dans le réservoir :

- classe A : $H \geq 20$ et $H^2 \times V^{0,5} \geq 1\,500$
- classe B : ouvrage non classé en A et pour lequel $H \geq 10$ et $H^2 \times V^{0,5} \geq 200$;
- classe C : a) ouvrage non classé en A ou B et pour lequel $H \geq 5$ et $H^2 \times V^{0,5} \geq 20$; b) ouvrage pour lequel les conditions prévues au a) ne sont pas satisfaites mais qui répond aux conditions cumulatives ci-après : i) $H > 2$; ii) $V > 0,05$; iii) il existe une ou plusieurs habitations à l'aval du barrage, jusqu'à une distance par rapport à celui-ci de 400 mètres.

Les autres ouvrages sont considérés comme non classés.

Les ouvrages de catégorie A doivent faire l'objet d'une étude de danger, d'un examen technique complet et d'une revue de sûreté tous les dix ans. Tous les ouvrages doivent faire l'objet de procédures d'auscultation périodique et de gestion des crues.

13. Décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques, *Journal officiel*, n° 0111, 14 mai 2015 (www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2015/5/12/DEVP1423128D/jo/texte).

14. Arrêté du 6 août 2018 fixant des prescriptions techniques relatives à la sécurité des barrages, *Journal officiel*, n° 0198, 29 août 2018 (www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2018/8/6/TREP1800557A/jo/texte).

15. Décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques et modifiant le code de l'environnement, *Journal officiel*, n° 0289, 13 décembre 2007 (www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000017641418&categorieLien=id), et décret no 2015-526, art. cit.

Publié en 2008, un rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) consacré à l'amélioration de la sécurité des barrages et ouvrages hydrauliques a fait un point exhaustif sur ce sujet majeur ¹⁶. Au moment où la confiance des populations dans la fiabilité des ouvrages publics est ébranlée, il est indispensable que les installations hydrauliques soient constamment encadrées par une politique de maintenance rigoureuse et une transparence totale. La continuité de gestion est un facteur clé de cette stratégie.

2. Les voies d'innovation

Un fluide en mouvement recèle de l'énergie potentielle. Plusieurs champs de réflexion et d'expérimentation coexistent depuis des décennies pour transformer cette énergie en électricité. Tous se heurtent, dans les conditions actuelles des techniques, à des problèmes de faisabilité à l'échelle industrielle et de prix de revient. Néanmoins, la multiplicité des projets et des startups, les projets techniques dans les matériaux et les outils de conception numérique, ainsi que l'échange d'information encouragé au plan international professionnalisent ce vaste champ d'expérience d'où émergent des solutions de plus en plus crédibles.

L'énergie des océans

Les océans, qui occupent 71 % de la surface de la Terre, sont une masse liquide en mouvement qui produit de l'énergie renouvelable potentielle que l'on cherche depuis longtemps à capter par plusieurs techniques, dont les moulins à marée furent les précurseurs. L'énergie des marées, des courants marins et des vagues, ainsi que l'exploitation de l'énergie thermique des océans font depuis des décennies l'objet d'études. Ces projets s'inscrivent dans une réflexion de long terme, dont l'usine marémotrice de la Rance a été l'un des jalons majeurs, mais se heurtent à des problèmes multiples de mise au point et de maintenance en milieu difficile qui ont obéré leurs coûts. Il est aujourd'hui difficile de produire dans des conditions rentables et c'est pourquoi les multiples projets de R&D et de prototypes nécessitent une aide significative des pouvoirs publics. Les réflexions sur le développement de la filière française de l'énergie marine se sont accélérées depuis le début du XXI^e, notamment parce que celle-ci, faiblement génératrice de CO₂, s'insère dans un mix énergétique bas carbone renouvelable. Néanmoins, en dépit de la multiplicité des initiatives, les concrétisations sont lentes pour des raisons de maîtrise technologique et de prix de revient. Équiper un milieu aussi sévère et complexe pose de multiples

16. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, *Rapport sur l'amélioration de la sécurité des barrages et ouvrages hydrauliques*, par M. Christian Kert, député, Assemblée nationale, rapport n° 1047/Sénat, rapport n° 454, 9 juillet 2008 [www.assemblee-nationale.fr/13/pdf/rap-off/i1047.pdf].

problèmes dans la conception et la maintenance de ces équipements et dans la protection de l'écosystème marin. La résolution de ces questions est coûteuse. C'est pourquoi, si le potentiel énergétique théorique paraît considérable, le potentiel techniquement exploitable aujourd'hui l'est beaucoup moins.

Dans son plan Ocean Energy Europe, l'Union européenne considère qu'il s'agit pour l'Europe d'une opportunité majeure qui permettrait de produire 100 GW en 2050 et de fournir 10 % des besoins énergétiques des États membres. Une plateforme de recherche et développement stratégique, financée par la Commission européenne, a été lancée en 2013 : European Technology Platform for Ocean Energy (ETIP Ocean Energy)¹⁷. Son mandat a été renouvelé pour trois ans à partir de septembre 2018. D'autres initiatives se sont développées en Europe : en Écosse, en Irlande, aux Pays-Bas, en Italie ou encore en Finlande. L'usine marémotrice de la Rance est restée en France un brillant mais coûteux prototype qui n'a pas fait d'émules à l'étranger en dépit de nombreux projets, tel le gigantesque projet de la baie de Penjine, en Russie, étudié dans les années 1980. C'est en Corée du Sud, quarante-cinq ans après la Rance, qu'a été mise en service en 2011 l'usine marémotrice de Shiwa (254 MW), devançant l'usine de la Rance avec ses 240 MW.

Un site comme la baie de Fundy, dans l'est du Canada, connue pour le potentiel de ses spectaculaires marées (17 mètres de marnage), fait l'objet d'études depuis des décennies mais un développement opérationnel s'est récemment concrétisé. Le Fundy Ocean Research Center for Energy (Force)¹⁸ s'y est implanté. Une première hydrolienne, installée en 2009 par l'entreprise OpenHydro dans la baie, n'a pas résisté plus d'un mois à la puissance des courants. Une deuxième hydrolienne a été immergée en novembre 2016, puis une troisième en juillet 2018. Ces installations, de faible puissance, sont opérationnelles et connectées au réseau électrique. Le Canada, qui dispose de façades maritimes propices et d'une grande expérience dans l'exploitation des ressources hydrauliques, a défini en 2011 une « feuille de route technologique sur l'énergie marine renouvelable » pour devenir l'un des leaders mondiaux de ce secteur.

Les ambitions en la matière du groupe français Naval Group, ex-DCNS, sont toutefois confrontées au réalisme économique. Après avoir investi, depuis 2008, 250 millions d'euros dans les technologies hydroliennes et ouvert en juin 2018 une usine à Cherbourg, dimensionnée pour produire 25 turbines par an, le groupe a décidé, un mois plus tard, le 23 juillet 2018, de cesser son activité faute d'un volume suffisant de commandes et de perspectives à moyen terme.

17. Pour en savoir plus, voir : (www.etipocean.eu).

18. Pour en savoir plus, voir : (www.fundyforce.ca).

De fait, le projet pilote, mené entre Naval Group et EDF, d'implantation de sept hydroliennes dans le raz Blanchard, au large du Cotentin, est interrompu. Naval Group n'abandonne pas pour autant ses ambitions dans l'énergie marine, puisque le groupe a annoncé se redéployer dans deux autres domaines, l'énergie thermique des océans (Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC) et les éoliennes off-shore flottantes.

En revanche, l'entreprise britanno-singapourienne SIMEC Atlantis Energy (SAE) ambitionne, quant à elle, de devenir le premier fournisseur indépendant de générateurs d'énergie renouvelable dans toutes les formes d'énergie hydraulique. Elle s'est développée par la fusion, en 2015, d'équipes issues de Siemens, qui avait racheté en 2012 la société britannique Marine Current Turbines (MCT), fondée en 2000, et de Lockheed Martin. La société gère un portefeuille de 1 000 MW de projets à des stades divers de développement. Son histoire est marquée par l'énergie marémotrice à travers le projet écossais MeyGen, sur le site de Pentland Firth. Ce projet, initié en 2010, comporte l'installation de turbines de 1,5 MW et de 16 mètres de diamètre pour une puissance totale de 400 MW. Huit d'entre elles étaient installées en 2018.

L'appréciation stratégique de l'enjeu des hydroliennes marines semble donc très différente entre les deux rives de la Manche. Et SIMEC Atlantis Energy a d'ailleurs proposé de remplacer Naval Group dans le projet du raz Blanchard...

Les hydroliennes d'eau douce

Des hydroliennes fluviales sont également testées, comme sur le Rhône, en amont du barrage de Génissiat, ou sur la Garonne. De nombreuses startups s'attaquent à ce domaine qui peut transformer la production d'énergie, notamment pour les pays émergents. Ainsi EEL Energy propose une hydrolienne à membrane, en test depuis 2015. Il est aussi possible de turbiner l'eau potable et les eaux usées, comme à Rodez, où l'usine municipale de production d'eau potable est équipée d'une turbine produisant 320 000 kWh/an, ou également à Annonay.

L'évolution technique a permis de développer des petites turbines permettant d'exploiter des puissances beaucoup plus faibles. Une nouvelle gamme de solutions est en cours de développement, avec de nombreuses startups, qui se proposent même de fournir des équipements, des pico-turbines, permettant de fournir une puissance de quelques watts à quelques centaines de watts. Le marché des installations sous le régime de l'autorisation (< 4,5 MW) pourrait bénéficier de ces évolutions techniques qui rendent les équipements accessibles pour de petites collectivités.

Par ailleurs, ces installations bénéficient des progrès en matière de matériaux, de monitoring et de maintenance qu'apportent les innovations techniques et l'Internet des objets. Ces innovations pourraient permettre d'étendre le champ de l'usage de l'énergie hydraulique en facilitant l'insertion de nouvelles solutions, notamment de faible puissance et peu capitalistiques.

Les perspectives du stockage

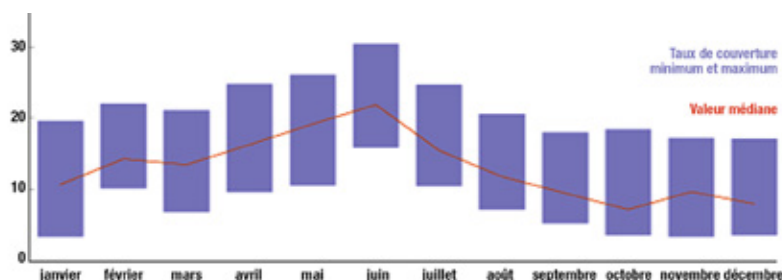
L'un des avantages déterminants de l'hydroélectricité par rapport aux énergies alternatives concurrentes que sont l'énergie éolienne et l'énergie solaire est sa capacité de stockage d'énergie immédiatement transformable en électricité sans perte de rendement. Les barrages sont ainsi de précieuses réserves d'énergie saisonnière, alors que les éclusées permettent une gestion quotidienne. Cette flexibilité dynamique est particulièrement exploitée dans les Step, qui représentent 96 % des moyens de stockage disponibles dans le monde. Au niveau mondial, les Step en opération représentent 140 GW. L'Europe dispose de 43 GW, sur 1 000 GW de capacité de production. Mais c'est en Chine que cette technique a connu les investissements récents les plus spectaculaires : 20 GW de Step sont opérationnels et 30 GW supplémentaires sont programmés pour être mis en service d'ici à 2020.

EDF est un acteur historique de cette technologie éprouvée avec un parc de 5 GW de Step en France et un catalogue d'ingénierie sur 30 GW de Step dans le monde. Dans la réflexion générale sur les énergies renouvelables que va documenter la loi de programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) avant la fin de l'année 2018, il est important de réaffirmer que les Step sont, à court terme, la solution de stockage la plus efficace. Disposant de la technologie et de l'expérience, il est indispensable pour la France de développer les Step pour faire face aux besoins croissants et affirmer une expertise constante sur les marchés internationaux. Cela passe par une augmentation significative de la capacité avec un engagement d'ici à 2023 à se doter d'au moins 1 GW de capacités supplémentaires de Step hebdomadaires, puis de réévaluer les performances obtenues pour relancer une seconde tranche de 1 GW d'ici à 2028. Cet investissement dédié doit se distinguer des solutions d'accroissement de la production en bénéficiant d'une fiscalité incitative, particulièrement une exonération de l'imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux (Ifer). Les Step jouent en effet pour le réseau un rôle d'assurance, qui doit être reconnu spécifiquement. De même, l'effort engagé en faveur des Step par la loi pour la transition énergétique et la croissance verte du 18 août 2015 doit être poursuivi. Il s'agit de continuer à baisser le tarif d'utilisation du réseau public d'électricité (Turpe), comme pour quelques autres industries électro-intensives.

VIII. L'ÉCONOMIE DE L'HYDROÉLECTRICITÉ

La concurrence entre sources d'énergie se joue naturellement sur la disponibilité de la ressource primaire et sur les coûts d'investissement et d'opération. Depuis deux décennies, les politiques de mix énergétique ont également intégré la réduction des émissions de CO₂. L'inexorable développement des énergies non fossiles bouleverse un paysage énergétique qui avait jusqu'alors connu des transformations lentes, en introduisant de nouveaux paramètres de gestion. De plus, la sensibilité des populations aux dimensions environnementales, dans leur complexité systémique, introduit de nouvelles contraintes de coût et de temps qui impactent désormais aussi les projets d'énergie renouvelable. C'est dans ce contexte que les opérateurs d'énergie hydraulique doivent optimiser leur performance économique en fonction des tarifs du marché.

Taux de couverture mensuel de la consommation électrique française par la production hydraulique (en %)

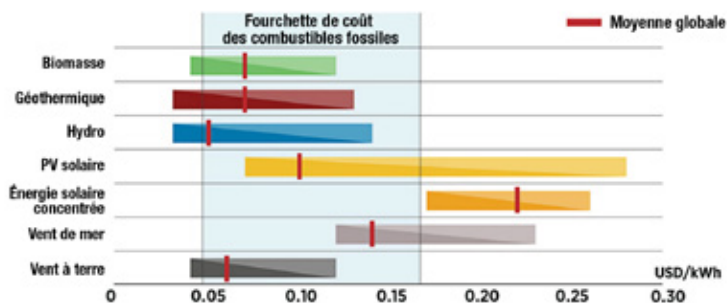


Source : RTE.

Le développement de l'hydroélectricité, fortement capitalistique dans ses installations majeures, se heurte à un problème de rentabilité. Toutefois, ses coûts sont inférieurs aux autres énergies renouvelables comme l'atteste un rapport de l'International Renewable Energy Agency (Irena) qui souligne qu'à horizon 2020 il sera possible de déployer des solutions d'énergie renouvelable à des prix concurrentiels par rapport à ceux des énergies fossiles¹⁹. La concurrence risque donc de se renforcer entre énergies renouvelables pour accélérer la substitution aux énergies fossiles.

19. « Onshore Wind Power Now as Affordable as Any Other Source, Solar to Halve by 2020 », irena.org, 13 janvier 2018 (www.irena.org/newsroom/pressreleases/2018/Jan/Onshore-Wind-Power-Now-as-Affordable-as-Any-Other-Source).

Coûts moyens de production d'énergie renouvelable dans la gamme des combustibles fossiles en 2017



Source : www.irena.org.

En raison de l'espace qu'elle nécessite, la production hydroélectrique subit une fiscalité locale forte qui, en France, représente entre le quart et le tiers de ses coûts de vente, soit 10 euros/MWh. La profession demande une exonération de la taxe foncière pour les équipements destinés au maintien de la biodiversité et souhaite que les nouveaux projets puissent être exonérés de cette taxe pendant dix ans.

Il serait également légitime que, dans les appels d'offres publics, la filière hydroélectrique puisse être identifiée, ce qui n'est pas le cas pour les appels d'offres qui doivent être « neutres » technologiquement. Cette pratique, qui privilégie la concurrence pure et dure entre filières, met au second plan la politique énergétique. Issue du Mexique, adoptée par l'Espagne et soutenue par Bruxelles en 2016, mais refusée par la France et l'Allemagne, elle privilégie la compétitivité-prix instantanée sans l'inscrire dans le long terme et sans tenir compte de la complémentarité saisonnière ou géographique des filières. Or la diversité et l'antériorité du parc hydroélectrique justifient des mesures assurant sa pérennité technique et financière par un financement de long terme adéquat. Dans l'immédiat, la proposition de la Commission européenne allant dans ce sens n'a pas été validée et les appels d'offres demeurent structurés par filière. La fonction stockage qui est un atout majeur de la filière hydroélectrique doit aussi être rémunérée par des mécanismes de prix spécifiques.

Si les coûts opérationnels sont en général limités pour des installations récentes, l'amortissement du capital et la mise à niveau technique impliquent des prix de cession rémunérateurs sur un horizon de temps stable.

IX. LE CADRE JURIDIQUE NATIONAL

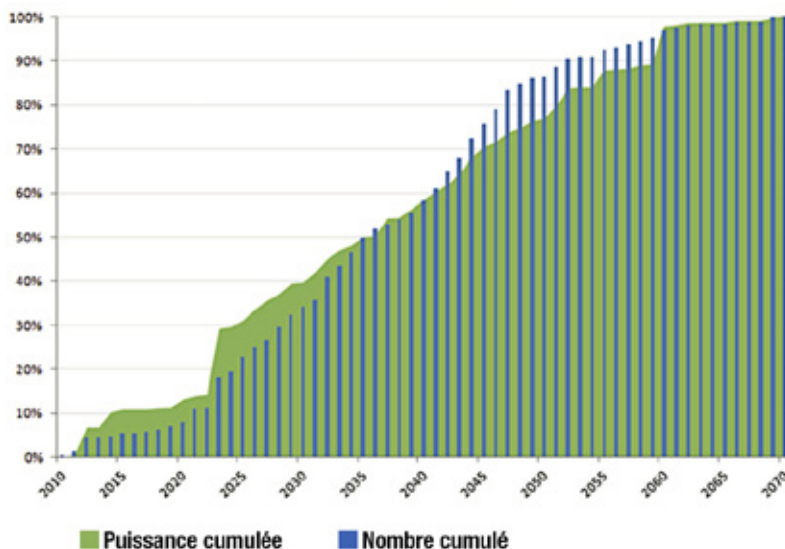
Les cours d'eau appartenant au domaine public, la gestion de l'eau est soumise à un régime de droit public. L'hydroélectricité est réglementée par l'État depuis la loi de 1919 qui fait une distinction entre le régime de l'autorisation pour les centrales d'une puissance inférieure à 4,5 MW et le régime de concessions pour les centrales au-dessus de 4,5 MW. Ces dernières appartiennent à l'État et sont exploitées par un concessionnaire pour son compte. Aujourd'hui deux acteurs se partagent la production effectuée par les grandes centrales : EDF, avec 75 % du parc, 436 centrales et 622 barrages, et Engie, qui produit 25 % de l'hydroélectricité française avec la Compagnie nationale du Rhône (CNR) et la Société hydro-électrique du Midi (Shem). Quelque 90 % de la puissance hydroélectrique installée est soumise au régime des concessions, accordées pour la plupart pour 75 ans.

Le débat sur le renouvellement des concessions dure depuis de longues années. Initiée lors du Grenelle de l'environnement en 2008, une première série de discussions s'est soldée en 2012 par le désir de la ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie Delphine Batho d'éviter la libéralisation des concessions, encouragée, en revanche, par la Commission européenne. Le débat est technique. En 2013, un rapport des députés Marie-Noëlle Battistel et Éric Straumann a montré que les barrages n'étaient pas des biens comme les autres. Les auteurs insistaient notamment sur le fait que le découpage par lots des concessions risquait de nuire à la cohérence de la gestion par bassin de cette ressource multi-usages qu'est l'eau²⁰.

Les exemples de la gestion du Rhône, confiée à la Compagnie nationale du Rhône depuis 1933, et qui fut pilotée par EDF dans le cadre d'une convention entre 1948 et 2001, et de celle du bassin Durance-Verdon, avec ses 30 centrales et 17 barrages gérés par EDF, ont montré la nécessité d'une politique cohérente de bassin et ses bénéfices pour toutes les parties prenantes. L'exploitant unique intègre l'ensemble de ces paramètres dans la gestion de son potentiel de production afin d'assurer une optimisation des usages.

20. Marie-Noëlle Battistel et Éric Straumann, dir., *Rapport d'information sur l'hydroélectricité*, Assemblée nationale, rapport n° 1404, 7 octobre 2013 [www.assemblee-nationale.fr/14/pdf/rap-info/i1404.pdf].

Échéances de concessions hydroélectriques (en nombre et en puissance)



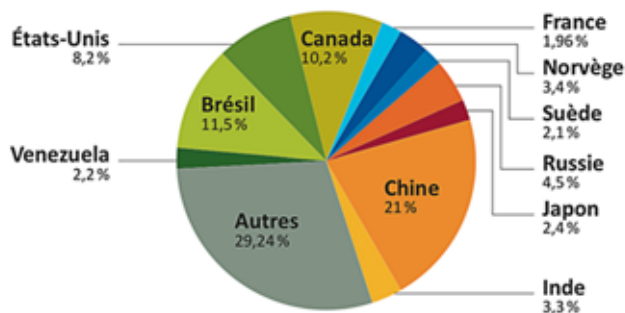
Source : Direction générale de l'énergie et du climat.

Le dossier est actuellement relancé par le gouvernement pour répondre aux demandes de la Commission européenne qui, en octobre 2015, a mis la France en demeure d'ouvrir ce domaine à la concurrence. Si les concessions, remontant parfois à l'après-guerre, doivent être renouvelées par la mise en concurrence, comme le prévoit la loi de transition énergétique d'août 2015, un accord est difficile à trouver avec la Commission européenne dans un dossier où les oppositions politiques et syndicales sont fortes. Les discussions en cours autour d'une proposition du gouvernement inquiètent les concessionnaires actuels qui estiment inéluctable la dégradation de leurs positions en France sans compensation possible immédiate dans d'autres pays européens. En effet, chaque marché national dispose de son cadre spécifique qui ne donne pas en Europe des opportunités d'intervention pour les opérateurs français. De plus le bénéfice pour les consommateurs, qui est le seul ressort légitime de la concurrence, n'est pas démontré.

Après dix ans d'attente, le renouvellement des concessions concerne d'ores et déjà 20 % de la puissance installée. L'échéancier de renouvellement des concessions s'étale sur cinquante ans. C'est dire que la résolution de ce sujet complexe risque de créer quelques remous et de connaître encore de nombreux avatars.

X. UNE PERSPECTIVE MONDIALE DANS LE CADRE DE LA GÉOPOLITIQUE DE L'EAU

Part dans la production mondiale d'électricité en 2010



Source : Observ.ER, 2011.

Pour faire face aux besoins d'énergie d'une planète peuplée de 8 milliards d'habitants, toutes les ressources devront être mobilisées, et l'hydroélectricité représente un potentiel majeur, notamment dans les pays émergents. D'après la Banque mondiale, 1,6 milliard de personnes vivent dans des zones où l'eau est rare, ce chiffre pouvant doubler d'ici à 2040.

La recherche de sites nouveaux, la meilleure exploitation des sites anciens et le développement d'innovations font de l'énergie hydroélectrique un domaine foisonnant de développement technique, industriel et économique.

Dans les pays du Sud, une vague de grands projets a vu le jour après la décolonisation pour donner aux jeunes nouveaux États les moyens de leur développement. Les politiques de Nehru, en Inde, ou de Nasser, en Égypte, ont fait des grands barrages un symbole de souveraineté. Dans les années 1950-1960, la construction du barrage d'Assouan, sur le Nil, fut ainsi l'un des enjeux majeurs des relations Est-Ouest, l'Union soviétique prenant le relais de l'assistance technique des États-Unis et de la Grande-Bretagne, initialement acceptée puis retirée à la suite de la nationalisation du canal de Suez. Après l'euphorie initiale, on a constaté à partir des années 1970 que ces ouvrages comportaient des effets négatifs sur l'environnement et les populations. Ces conséquences non maîtrisées ont conduit la Banque mondiale à inciter à l'élaboration d'un nouveau cadre de réalisation de ces équipements, qui s'est concrétisé par la publication, en 2000, d'un rapport élaboré par la Commission

mondiale des barrages²¹. Les principes mis en valeur par ce rapport ont un caractère universel qu'il convient de mettre en œuvre dans tout projet majeur :

- obtenir l'adhésion du public ;
- procéder à une évaluation exhaustive des options ;
- optimiser les avantages offerts par les barrages existants ;
- préserver les cours d'eau et les moyens de subsistance ;
- reconnaître les droits des parties concernées et partager les avantages ;
- exploiter en commun les cours d'eau pour la paix, le développement et la sécurité.

Le réchauffement climatique, le besoin croissant en énergie, la pression démographique et la recherche de solutions décarbonées poussent au développement de l'hydroélectricité dans les pays qui ne sont pas équipés.

Mais la gestion partagée de ces ressources rares est aussi un enjeu de géopolitique qui jouera un rôle majeur dans les années à venir. Le respect des droits des populations, la diversité des espèces, la lutte contre le gaspillage de l'eau, la mise en place de meilleures méthodes culturelles et l'impact à long terme sur le climat sont des sujets majeurs dont se sont emparées les organisations internationales publiques et privées, dont l'International Hydropower Association (IHA).

Les risques de conflit pour le partage des ressources sont réels dans les zones où fleuves et rivières franchissent les frontières. Or 40 % de la population mondiale est établie dans les 250 bassins fluviaux transfrontaliers de la planète. Le Nil, vital pour l'Égypte, est partagé avec l'Éthiopie et le Soudan en amont. Un traité signé en 1959 entre l'Égypte et le Soudan a défini les règles de partage des eaux : 55,6 % pour l'Égypte et 18,5 % pour le Soudan. Cet accord, qui reflétait le rapport de force postcolonial de l'époque, est aujourd'hui remis en cause par l'Éthiopie et par les pays riverains du lac Victoria, l'Ouganda, la Tanzanie et le Kenya. Un accord tripartite signé entre l'Éthiopie, le Soudan et l'Égypte en 2015 reflète un nouveau rapport de force dans la région, sans convaincre l'Égypte, très dépendante d'un approvisionnement sûr de son fleuve emblématique. L'Égypte n'a eu de cesse de manifester sa nervosité face à la montée en puissance du barrage Grande Renaissance édifié sur le Nil bleu depuis 2011 par l'Éthiopie, avec une puissance visée de 6 000 MW. Il semble toutefois qu'un nouveau cadre de concertation a pu être mis en place entre les trois pays en mai 2018, promettant un travail scientifique commun sur les scénarios de remplissage du barrage. En dépit de ces tensions récurrentes, une

21. Commission mondiale des barrages, *Barrages et développement : un nouveau cadre pour la prise de décisions*, Earthscan, 2000.

Résumé disponible par le lien www.cnc-nkc.be/sites/default/files/content/barrages_et_developpement.pdf.

coopération existe néanmoins à travers l'organisation Nile Basin Initiative, qui regroupe dix pays²².

Nous pourrions également citer d'autres exemples concernant d'autres régions du monde : le Tigre et l'Euphrate, qui irriguent la Syrie et l'Irak, prennent leur source en Turquie ; en Asie, l'Indus, le Gange, le Brahmapoutre et le Mékong prennent leur source dans la région du Tibet, contrôlée par la Chine.

CONCLUSION

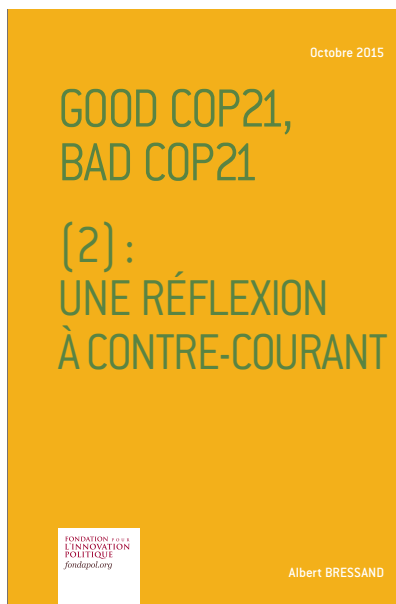
L'hydroélectricité a accompagné l'histoire économique de la France depuis la fin du XIX^e siècle et a contribué directement à son essor industriel. Énergie moderne, elle a représenté le progrès et permis l'audace de l'inventivité. La France doit aujourd'hui revisiter son potentiel hydroélectrique pour moderniser ses installations parfois vieillissantes, améliorer leur efficacité et leur intégration. Elle doit aussi explorer toutes les opportunités pour utiliser son potentiel hydroélectrique encore inexploité en innovant et en dialoguant avec toutes les parties prenantes pour en faire un projet collectif. Elle doit aussi investir dans son industrie pour continuer à jouer un rôle majeur dans l'équipement hydroélectrique des pays qui veulent accéder au potentiel de la ressource électrique.

22. Voir Bruce Byjers, « Is the Nile Basin Initiative a 'regional sailboat' in choppy geopolitical waters? », ecdpm.org, 3 mars 2017 (ecdpm.org/talking-points/nile-basin-initiative-regional-sailboat-choppy-geopolitical-waters/).



Politique énergétique française (1) : les enjeux
Rémy Prud'homme, janvier 2012, 48 pages

Politique énergétique française (2) : les stratégies
Rémy Prud'homme, janvier 2012, 40 pages



Good COP21, Bad COP21 (1) : le Kant européen et le Machiavel chinois

Albert Bressand, octobre 2015, 48 pages

Good COP21, Bad COP21 (2) : une réflexion à contre-courant

Albert Bressand, octobre 2015, 48 pages

Énergie-climat : pour une politique efficace

Albert Bressand, septembre 2014, 56 pages

Transition énergétique européenne : bonnes intentions et mauvais calculs

Albert Bressand, juillet 2013, 44 pages

NOS PUBLICATIONS

Retraites : Leçons des réformes italiennes

Michel Martone, novembre 2018, 48 pages

Les géants du numérique (2) : Un frein à l'innovation ?

Paul-Adrien Hyppolite et Antoine Michon, novembre 2018, 84 pages

Les géants du numérique (1) : Magnats de la finance

Paul-Adrien Hyppolite et Antoine Michon, novembre 2018, 80 pages

L'intelligence artificielle en Chine : Un état des lieux

Aifang Ma, novembre 2018, 60 pages

Alternative für Deutschland : Établissement électoral

Patrick Moreau, octobre 2018, 72 pages

Les Français jugent leur système de retraite

Fondation pour l'innovation politique, novembre 2018, 32 pages

Alternative für deutschland. Établissement électoral

De la création en 2013, aux élections régionales de Hesse d'octobre 2018

Patrick Moreau, octobre 2018, 64 pages

Migrations : la france singulière

Didier Leschi, octobre 2018, 56 pages

La révision constitutionnelle de 2008 : un premier bilan

Hugues Hourdin, octobre 2018, 52 pages

Préface d'Édouard Balladur et de Jack Lang

Les Français face à la crise démocratique : Immigration, populisme, Trump, Europe...

AJC Europe et la Fondation pour l'innovation politique, septembre 2018, 72 pages

Les "Démocrates de Suède" : un vote anti-immigration

Johan Martinsson, septembre 2018, 64 pages

Les Suédois et l'immigration (2) : fin du consensus ?

Tino Sanandaji, septembre 2018, 56 pages

Les Suédois et l'immigration (1) : fin de l'homogénéité ?

Tino Sanandaji, septembre 2018, 56 pages

Éthiques de l'immigration

Jean-Philippe Vincent, juin 2018, 56 pages

Les addictions chez les jeunes (14-24 ans)

Fondation pour l'innovation politique, juin 2018, enquête réalisée en partenariat avec la Fondation Gabriel Péri et le Fonds Actions Addictions, 56 pages

Villes et voitures : pour une réconciliation

Jean Coldefy, juin 2018, 60 pages

France : Combattre la pauvreté des enfants

Julien Damon, mai 2018, 48 pages

Que pèsent les syndicats ?

Dominique Andolfatto, avril 2018, 56 pages

L'Élan de la Francophonie (2) : Pour une ambition française

Benjamin Boutin, mars 2018, 48 pages

L'Élan de la Francophonie (1) : Une communauté de langue et de destin

Benjamin Boutin, mars 2018, 48 pages

L'Italie aux urnes

Sofia Ventura, février 2018, 44 pages

L'Intelligence artificielle : L'expertise partout Accessible à tous

Serge Soudoplatoff, février 2018, 60 pages

L'innovation à l'ère du bien commun

Benjamin Boscher, Xavier Pavie, février 2018, 64 pages

Libérer l'islam de l'islamisme

Mohamed Louizi, janvier 2018, 84 pages

Gouverner le religieux dans un état laïc

Thierry Rambaud, janvier 2018, 56 pages

L'Opinion européenne en 2017

Dominique Reynié (dir.), Fondation pour l'innovation politique, janvier 2018, 140 pages

Innovation politique 2017 (Tome 2)

Fondation pour l'innovation politique, janvier 2018, 492 pages

Innovation politique 2017 (Tome 1)

Fondation pour l'innovation politique, janvier 2018, 468 pages

Une « norme intelligente » au service de la réforme

Victor Fabre, Mathieu Kohmann, Mathieu Luinaud, décembre 2017, 44 pages

Autriche : virage à droite

Patrick Moreau, novembre 2017, 52 pages

Pour repenser le bac, réformons le lycée et l'apprentissage

Fayçal Hafied, novembre 2017, 76 pages

Où va la démocratie ?

Sous la direction de Dominique Reynié, Plon, octobre 2017, 320 pages

Violence antisémite en Europe 2005-2015

Johannes Due Enstad, septembre 2017, 48 pages

Pour l'emploi : la subrogation du crédit d'impôt des services à la personne

Bruno Despujol, Olivier Peraldi et Dominique Reynié, septembre 2017, 52 pages

Marché du travail : pour la réforme !

Fayçal Hafied, juillet 2017, 64 pages

Le fact-checking : Une réponse à la crise de l'information et de la démocratie

Farid Gueham, juillet 2017, 68 pages

Notre-Dame- des-Landes : l'État, le droit et la démocratie empêchés

Bruno Hug de Larauze, mai 2017, 56 pages

France : les juifs vus par les musulmans. Entre stéréotypes et méconnaissances

Mehdi Ghouirgate, Iannis Roder et Dominique Schnapper, mai 2017, 44 pages

Dette publique : la mesurer, la réduire

Jean-Marc Daniel, avril 2017, 52 pages

Parfaire le paritarisme par l'indépendance financière

Julien Damon, avril 2017, 52 pages

Former, de plus en plus, de mieux en mieux. L'enjeu de la formation professionnelle

Olivier Faron, avril 2017, 48 pages

Les troubles du monde, l'islamisme et sa récupération populiste : l'Europe démocratique menacée

Pierre-Adrien Hanania, AJC, Fondapol, mars 2017, 44 pages

Porno addiction : nouvel enjeu de société

David Reynié, mars 2017, 48 pages

Calais : miroir français de la crise migratoire européenne (2)

Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, mars 2017, 72 pages

Calais : miroir français de la crise migratoire européenne (1)

Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, mars 2017, 56 pages

L'actif épargne logement

Pierre-François Gouiffès, février 2017, 48 pages

Réformer : quel discours pour convaincre ?

Christophe de Voogd, février 2017, 52 pages

De l'assurance maladie à l'assurance santé

Patrick Negaret, février 2017, 48 pages

Hôpital : libérer l'innovation

Christophe Marques et Nicolas Bouzou, février 2017, 44 pages

Le Front national face à l'obstacle du second tour

Jérôme Jaffré, février 2017, 48 pages

La République des entrepreneurs

Vincent Lorphelin, janvier 2017, 52 pages

Des startups d'État à l'État plateforme

Pierre Pezziardi et Henri Verdier, janvier 2017, 52 pages

Vers la souveraineté numérique

Farid Gueham, janvier 2017, 44 pages

Repenser notre politique commerciale

Laurence Daziano, janvier 2017, 48 pages

Mesures de la pauvreté, mesures contre la pauvreté

Julien Damon, décembre 2016, 40 pages

L'Autriche des populistes

Patrick Moreau, novembre 2016, 72 pages

L'Europe face aux défis du pétro-solaire

Albert Bressand, novembre 2016, 52 pages

Le Front national en campagnes. Les agriculteurs et le vote FN

Eddy Fougier et Jérôme Fourquet, octobre 2016, 52 pages

Innovation politique 2016 (accessible en librairie)

Fondation pour l'innovation politique, PUF, octobre 2016, 758 pages

Le nouveau monde de l'automobile (2) : Les promesses de la mobilité électrique

Jean-Pierre Corniou, octobre 2016, 68 pages

Le nouveau monde de l'automobile (1) : l'impasse du moteur à explosion

Jean-Pierre Corniou, octobre 2016, 48 pages

L'Opinion européenne en 2016 (accessible en librairie)

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, septembre 2016, 224 pages

L'individu contre l'étatisme. Actualité de la pensée libérale française (XX^e siècle)

Jérôme Perrier, septembre 2016, 52 pages

L'individu contre l'étatisme. Actualité de la pensée libérale française (XIX^e siècle)

Jérôme Perrier, septembre 2016, 52 pages

Refonder l'audiovisuel public.

Olivier Babeau, septembre 2016, 48 pages

La concurrence au défi du numérique

Charles-Antoine Schwerer, juillet 2016, 48 pages

Portrait des musulmans d'Europe : unité dans la diversité

Vincent Tournier, juin 2016, 68 pages

Portrait des musulmans de France : une communauté plurielle

Nadia Henni-Moulai, juin 2016, 48 pages

La blockchain, ou la confiance distribuée

Yves Caseau et Serge Soudoplatoff, juin 2016, 48 pages

La gauche radicale : liens, lieux et luttes (2012-2017)

Sylvain Boulouque, mai 2016, 56 pages

Gouverner pour réformer : Éléments de méthode

Erwan Le Noan et Matthieu Montjotin, mai 2016, 64 pages

Les zadistes (2) : la tentation de la violence

Eddy Fougier, avril 2016, 44 pages

Les zadistes (1) : un nouvel anticapitalisme

Eddy Fougier, avril 2016, 44 pages

Régionales (2) : les partis, contestés mais pas concurrencés

Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, mars 2016, 52 pages

Régionales (1) : vote FN et attentats

Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, mars 2016, 60 pages

Un droit pour l'innovation et la croissance

Sophie Vermeille, Mathieu Kohmann et Mathieu Luinaud, février 2016, 52 pages

Le lobbying : outil démocratique

Anthony Ecurat, février 2016, 44 pages

Valeurs d'islam (accessible en librairie)

Dominique Reynié (dir.), préface par le cheikh Khaled Bentounès, PUF, janvier 2016, 432 pages

Chiïtes et sunnites : paix impossible ?

Mathieu Terrier, janvier 2016, 44 pages

Projet d'entreprise : renouveler le capitalisme

Daniel Hurstel, décembre 2015, 44 pages

Le mutualisme : répondre aux défis assurantiels

Arnaud Chneiweiss et Stéphane Tisserand, novembre 2015, 44 pages

L'Opinion européenne en 2015 (accessible en librairie)

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, novembre 2015, 140 pages

La noopolitique : le pouvoir de la connaissance

Idriss J. Aberkane, novembre 2015, 52 pages

Innovation politique 2015 (accessible en librairie)

Fondation pour l'innovation politique, PUF, octobre 2015, 576 pages

Good COP21, Bad COP21(2) : une réflexion à contre-courant

Albert Bressand, octobre 2015, 48 pages

Good COP21, Bad COP21(1) : le Kant européen et le Machiavel chinois

Albert Bressand, octobre 2015, 48 pages

PME : nouveaux modes de financement

Mohamed Abdesslam et Benjamin Le Pendeven, octobre 2015, 44 pages

Vive l'automobilisme ! (2) Pourquoi il faut défendre la route

Mathieu Flonneau et Jean-Pierre Orfeuill, octobre 2015, 44 pages

Vive l'automobilisme ! (1) Les conditions d'une mobilité conviviale

Mathieu Flonneau et Jean-Pierre Orfeuill, octobre 2015, 40 pages

Crise de la conscience arabo-musulmane

Malik Bezouh, septembre 2015, 40 pages

Départementales de mars 2015 (3) : le second tour

Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, août 2015, 56 pages

Départementales de mars 2015 (2) : le premier tour

Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, août 2015, 56 pages

Départementales de mars 2015 (1) : le contexte

Jérôme Fourquet et Sylvain Manternach, août 2015, 44 pages

Enseignement supérieur : les limites de la « mastérisation »

Julien Gonzalez, juillet 2015, 44 pages

Politique économique : l'enjeu franco-allemand

Wolfgang Glomb et Henry d'Arcole, juin 2015, 36 pages

Les lois de la primaire. Celles d'hier, celles de demain.

François Bazin, juin 2015, 48 pages

Économie de la connaissance

Idriss J. Aberkane, mai 2015, 48 pages

Lutter contre les vols et cambriolages : une approche économique

Emmanuel Combe et Sébastien Daziano, mai 2015, 56 pages

Unir pour agir : un programme pour la croissance

Alain Madelin, mai 2015, 52 pages

Nouvelle entreprise et valeur humaine

Francis Mer, avril 2015, 32 pages

Les transports et le financement de la mobilité

Yves Crozet, avril 2015, 32 pages

Numérique et mobilité : impacts et synergies

Jean Coldefy, avril 2015, 36 pages

Islam et démocratie : face à la modernité

Mohamed Beddy Ebnou, mars 2015, 40 pages

Islam et démocratie : les fondements

Aḥmad Al-Raysuni, mars 2015, 40 pages

Les femmes et l'islam : une vision réformiste

Asma Lamrabet, mars 2015, 48 pages

Éducation et islam

Mustapha Cherif, mars 2015, 44 pages

L'islam et les valeurs de la République

Saad Khiari, février 2015, 44 pages

Islam et contrat social

Philippe Moulinet, février 2015, 44 pages

Le soufisme : spiritualité et citoyenneté

Bariza Khiari, février 2015, 56 pages

L'humanisme et l'humanité en islam

Ahmed Bouyerdene, février 2015, 56 pages

Éradiquer l'hépatite C en France : quelles stratégies publiques ?

Nicolas Bouzou et Christophe Marques, janvier 2015, 40 pages

Coran, clés de lecture

Tareq Oubrou, janvier 2015, 44 pages

Le pluralisme religieux en islam, ou la conscience de l'altérité

Éric Geoffroy, janvier 2015, 40 pages

Mémoires à venir

Dominique Reynié, janvier 2015, enquête réalisée en partenariat avec la Fondation pour la Mémoire de la Shoah, 156 pages

La classe moyenne américaine en voie d'effritement

Julien Damon, décembre 2014, 40 pages

Pour une complémentaire éducation : l'école des classes moyennes

Erwan Le Noan et Dominique Reynié, novembre 2014, 56 pages

L'antisémitisme dans l'opinion publique française. Nouveaux éclairages

Dominique Reynié, novembre 2014, 48 pages

La politique de concurrence : un atout pour notre industrie

Emmanuel Combe, novembre 2014, 48 pages

Européennes 2014 (2) : poussée du FN, recul de l'UMP et vote breton

Jérôme Fourquet, octobre 2014, 52 pages

Européennes 2014 (1) : la gauche en miettes

Jérôme Fourquet, octobre 2014, 40 pages

Innovation politique 2014 (accessible en librairie)

Fondation pour l'innovation politique, PUF, octobre 2014, 554 pages

Énergie-climat : pour une politique efficace

Albert Bressand, septembre 2014, 56 pages

L'urbanisation du monde. Une chance pour la France

Laurence Daziano, juillet 2014, 44 pages

Que peut-on demander à la politique monétaire ?

Pascal Salin, mai 2014, 48 pages

Le changement, c'est tout le temps ! 1514 - 2014

Suzanne Baverez et Jean Sinié, mai 2014, 48 pages

Trop d'émigrés ? Regards sur ceux qui partent de France

Julien Gonzalez, mai 2014, 48 pages

L'Opinion européenne en 2014 (accessible en librairie)

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, avril 2014, 284 pages

Taxer mieux, gagner plus

Robin Rivaton, avril 2014, 52 pages

L'État innovant (2) : Diversifier la haute administration

Kevin Brookes et Benjamin Le Pendeven, mars 2014, 44 pages

L'État innovant (1) : Renforcer les think tanks

Kevin Brookes et Benjamin Le Pendeven, mars 2014, 52 pages

Pour un new deal fiscal

Gianmarco Monsellato, mars 2014, 8 pages

Faire cesser la mendicité avec enfants

Julien Damon, mars 2014, 44 pages

Le low cost, une révolution économique et démocratique

Emmanuel Combe, février 2014, 52 pages

Un accès équitable aux thérapies contre le cancer

Nicolas Bouzou, février 2014, 52 pages

Réformer le statut des enseignants

Luc Chatel, janvier 2014, 8 pages

Un outil de finance sociale : les social impact bonds

Yan de Kerorguen, décembre 2013, 36 pages

Pour la croissance, la débureaucratisation par la confiance

Pierre Pezziardi, Serge Soudoplatoff et Xavier Quérat-Hément, novembre 2013, 48 pages

Les valeurs des Franciliens

Guénaëlle Gault, octobre 2013, 36 pages

Sortir d'une grève étudiante : le cas du Québec

Jean-Patrick Brady et Stéphane Paquin, octobre 2013, 40 pages

Un contrat de travail unique avec indemnités de départ intégrées

Charles Beigbeder, juillet 2013, 8 pages

L'Opinion européenne en 2013 (accessible en librairie)

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, juillet 2013, 268 pages

La nouvelle vague des émergents : Bangladesh, Éthiopie, Nigeria, Indonésie, Vietnam, Mexique

Laurence Daziano, juillet 2013, 40 pages

Transition énergétique européenne : bonnes intentions et mauvais calculs

Albert Bressand, juillet 2013, 44 pages

La mobilité : travailler, vivre autrement

Julien Damon, juin 2013, 44 pages

LE KAPITAL. Pour rebâtir l'industrie

Christian Saint-Étienne et Robin Rivaton, avril 2013, 40 pages

Code éthique de la vie politique et des responsables publics en France

Les Arvernes, Fondation pour l'innovation politique, avril 2013, 12 pages

Les classes moyennes dans les pays émergents

Julien Damon, avril 2013, 38 pages

Innovation politique 2013 (accessible en librairie)

Fondation pour l'innovation politique, PUF, janvier 2013, 652 pages

Relancer notre industrie par les robots (2) : les stratégies

Robin Rivaton, décembre 2012, 40 pages

Relancer notre industrie par les robots (1) : les enjeux

Robin Rivaton, décembre 2012, 52 pages

La compétitivité passe aussi par la fiscalité

Aldo Cardoso, Michel Didier, Bertrand Jacquillat, Dominique Reynié et Grégoire Sentilhes, décembre 2012, 20 pages

Une autre politique monétaire pour résoudre la crise

Nicolas Goetzmann, décembre 2012, 40 pages

La nouvelle politique fiscale rend-elle l'ISF inconstitutionnel ?

Aldo Cardoso, novembre 2012, 12 pages

Fiscalité : pourquoi et comment un pays sans riches est un pays pauvre ...

Bertrand Jacquillat, octobre 2012, 40 pages

Youth and Sustainable Development

Fondapol/Nomadéis/United Nations, juin 2012, 80 pages

La philanthropie. Des entrepreneurs de solidarité

Francis Charhon, mai / juin 2012, 44 pages

Les chiffres de la pauvreté : le sens de la mesure

Julien Damon, mai 2012, 40 pages

Libérer le financement de l'économie

Robin Rivaton, avril 2012, 40 pages

L'épargne au service du logement social

Julie Merle, avril 2012, 40 pages

L'Opinion européenne en 2012 (accessible en librairie)

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, mars 2012, 210 pages

Valeurs partagées

Dominique Reynié (dir.), PUF, mars 2012, 362 pages

Les droites en Europe

Dominique Reynié (dir.), PUF, février 2012, 552 pages

Innovation politique 2012

Fondation pour l'innovation politique, PUF, janvier 2012, 648 pages

L'école de la liberté : initiative, autonomie et responsabilité

Charles Feuillerade, janvier 2012, 36 pages

Politique énergétique française (2) : les stratégies

Rémy Prud'homme, janvier 2012, 40 pages

Politique énergétique française (1) : les enjeux

Rémy Prud'homme, janvier 2012, 48 pages

Révolution des valeurs et mondialisation

Luc Ferry, janvier 2012, 36 pages

Quel avenir pour la social-démocratie en Europe ?

Sir Stuart Bell, décembre 2011, 36 pages

La régulation professionnelle : des règles non étatiques pour mieux responsabiliser

Jean-Pierre Teyssier, décembre 2011, 36 pages

L'hospitalité : une éthique du soin

Emmanuel Hirsch, décembre 2011, 32 pages

12 idées pour 2012

Fondation pour l'innovation politique, décembre 2011, 110 pages

Les classes moyennes et le logement

Julien Damon, décembre 2011, 40 pages

Réformer la santé : trois propositions

Nicolas Bouzou, novembre 2011, 32 pages

Le nouveau Parlement : la révision du 23 juillet 2008

Jean-Félix de Bujadoux, novembre 2011, 40 pages

La responsabilité

Alain-Gérard Slama, novembre 2011, 32 pages

Le vote des classes moyennes

Élisabeth Dupoirier, novembre 2011, 40 pages

La compétitivité par la qualité

Emmanuel Combe et Jean-Louis Mucchielli, octobre 2011, 32 pages

Les classes moyennes et le crédit

Nicolas Pécourt, octobre 2011, 32 pages

Portrait des classes moyennes

Laure Bonneval, Jérôme Fourquet et Fabienne Gomant, octobre 2011, 36 pages

Morale, éthique, déontologie

Michel Maffesoli, octobre 2011, 40 pages

Sortir du communisme, changer d'époque

Stéphane Courtois (dir.), PUF, octobre 2011, 672 pages

L'énergie nucléaire après Fukushima : incident mineur ou nouvelle donne ?

Malcolm Grimston, septembre 2011, 16 pages

La jeunesse du monde

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, septembre 2011, 132 pages

Pouvoir d'achat : une politique

Emmanuel Combe, septembre 2011, 52 pages

La liberté religieuse

Henri Madelin, septembre 2011, 36 pages

Réduire notre dette publique

Jean-Marc Daniel, septembre 2011, 40 pages

Écologie et libéralisme

Corine Pelluchon, août 2011, 40 pages

Valoriser les monuments historiques : de nouvelles stratégies

Wladimir Mitrofanoff et Christiane Schmuckle-Mollard, juillet 2011, 28 pages

Contester les technosciences : leurs raisons

Eddy Fougier, juillet 2011, 40 pages

Contester les technosciences : leurs réseaux

Sylvain Boulouque, juillet 2011, 36 pages

La fraternité

Paul Thibaud, juin 2011, 36 pages

La transformation numérique au service de la croissance

Jean-Pierre Corniou, juin 2011, 52 pages

L'engagement

Dominique Schnapper, juin 2011, 32 pages

Liberté, Égalité, Fraternité

André Glucksmann, mai 2011, 36 pages

Quelle industrie pour la défense française ?

Guillaume Lagane, mai 2011, 26 pages

La religion dans les affaires : la responsabilité sociale de l'entreprise

Aurélien Acquier, Jean-Pascal Gond et Jacques Igalens, mai 2011, 44 pages

La religion dans les affaires : la finance islamique

Lila Guermas-Sayegh, mai 2011, 36 pages

Où en est la droite ? L'Allemagne

Patrick Moreau, avril 2011, 56 pages

Où en est la droite ? La Slovaquie

Étienne Boisserie, avril 2011, 40 pages

Qui détient la dette publique ?

Guillaume Leroy, avril 2011, 36 pages

Le principe de précaution dans le monde

Nicolas de Sadeleer, mars 2011, 36 pages

Comprendre le Tea Party

Henri Hude, mars 2011, 40 pages

Où en est la droite ? Les Pays-Bas

Niek Pas, mars 2011, 36 pages

Productivité agricole et qualité des eaux

Gérard Morice, mars 2011, 44 pages

L'Eau : du volume à la valeur

Jean-Louis Chaussade, mars 2011, 32 pages

Eau : comment traiter les micropolluants ?

Philippe Hartemann, mars 2011, 38 pages

Eau : défis mondiaux, perspectives françaises

Gérard Payen, mars 2011, 62 pages

L'irrigation pour une agriculture durable

Jean-Paul Renoux, mars 2011, 42 pages

Gestion de l'eau : vers de nouveaux modèles

Antoine Frérot, mars 2011, 32 pages

Où en est la droite ? L'Autriche

Patrick Moreau, février 2011, 42 pages

La participation au service de l'emploi et du pouvoir d'achat

Jacques Perche et Antoine Pertinax, février 2011, 32 pages

Le tandem franco-allemand face à la crise de l'euro

Wolfgang Glomb, février 2011, 38 pages

2011, la jeunesse du monde

Dominique Reynié (dir.), janvier 2011, 88 pages

L'Opinion européenne en 2011 (accessible en librairie)

Dominique Reynié (dir.), Édition Lignes de Repères, janvier 2011, 254 pages

Administration 2.0

Thierry Weibel, janvier 2011, 48 pages

Où en est la droite ? La Bulgarie

Antony Todorov, décembre 2010, 32 pages

Le retour du tirage au sort en politique

Gil Delannoi, décembre 2010, 38 pages

La compétence morale du peuple

Raymond Boudon, novembre 2010, 30 pages

L'Académie au pays du capital

Bernard Belloc et Pierre-François Mourier, PUF, novembre 2010, 222 pages

Pour une nouvelle politique agricole commune

Bernard Bachelier, novembre 2010, 30 pages

Sécurité alimentaire : un enjeu global

Bernard Bachelier, novembre 2010, 30 pages

Les vertus cachées du low cost aérien

Emmanuel Combe, novembre 2010, 40 pages

Innovation politique 2011 (accessible en librairie)

Fondation pour l'innovation politique, PUF, novembre 2010, 676 pages

Défense : surmonter l'impasse budgétaire

Guillaume Lagane, octobre 2010, 34 pages

Où en est la droite ? L'Espagne

Joan Marcet, octobre 2010, 34 pages

Les vertus de la concurrence

David Sraer, septembre 2010, 44 pages

Internet, politique et coproduction citoyenne

Robin Berjon, septembre 2010, 32 pages

Où en est la droite ? La Pologne

Dominika Tomaszewska-Mortimer, août 2010, 42 pages

Où en est la droite ? La Suède et le Danemark

Jacob Christensen, juillet 2010, 44 pages

Quel policier dans notre société ?

Mathieu Zagrodzki, juillet 2010, 28 pages

Où en est la droite ? L'Italie

Sofia Ventura, juillet 2010, 36 pages

Crise bancaire, dette publique : une vue allemande

Wolfgang Glomb, juillet 2010, 28 pages

Dette publique, inquiétude publique

Jérôme Fourquet, juin 2010, 32 pages

Une régulation bancaire pour une croissance durable

Nathalie Janson, juin 2010, 36 pages

Quatre propositions pour rénover notre modèle agricole

Pascal Perri, mai 2010, 32 pages

Régionales 2010 : que sont les électeurs devenus ?

Pascal Perrineau, mai 2010, 56 pages

L'Opinion européenne en 2010 (accessible en librairie)

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, mai 2010, 245 pages

Pays-Bas : la tentation populiste

Christophe de Voogd, mai 2010, 43 pages

Quatre idées pour renforcer le pouvoir d'achat

Pascal Perri, avril 2010, 30 pages

Où en est la droite ? La Grande-Bretagne

David Hanley, avril 2010, 34 pages

Renforcer le rôle économique des régions

Nicolas Bouzou, mars 2010, 30 pages

Réduire la dette grâce à la Constitution

Jacques Delpla, février 2010, 54 pages

Stratégie pour une réduction de la dette publique française

Nicolas Bouzou, février 2010, 30 pages

Iran : une révolution civile ?

Nader Vahabi, novembre 2009, 19 pages

Où va la politique de l'église catholique ? D'une querelle du libéralisme à l'autre

Émile Perreau-Saussine, octobre 2009, 26 pages

Agir pour la croissance verte

Valéry Morron et Déborah Sanchez, octobre 2009, 11 pages

L'économie allemande à la veille des législatives de 2009

Nicolas Bouzou et Jérôme Duval-Hamel, septembre 2009, 10 pages

Élections européennes 2009 : analyse des résultats en Europe et en France

Corinne Deloy, Dominique Reynié et Pascal Perrineau, septembre 2009, 32 pages

Retour sur l'alliance soviéto-nazie, 70 ans après

Stéphane Courtois, juillet 2009, 16 pages

L'État administratif et le libéralisme. Une histoire française

Lucien Jaume, juin 2009, 12 pages

La politique européenne de développement : Une réponse à la crise de la mondialisation ?

Jean-Michel Debrat, juin 2009, 12 pages

La protestation contre la réforme du statut des enseignants-chercheurs : défense du statut, illustration du statu quo.

Suivi d'une discussion entre l'auteur et Bruno Bensasson
David Bonneau, mai 2009, 20 pages

La lutte contre les discriminations liées à l'âge en matière d'emploi

Élise Muir (dir.), mai 2009, 64 pages

Quatre propositions pour que l'Europe ne tombe pas dans le protectionnisme

Nicolas Bouzou, mars 2009, 12 pages

***Après le 29 janvier : la fonction publique contre la société civile ?
Une question de justice sociale et un problème démocratique***

Dominique Reynié, mars 2009, 22 pages

La réforme de l'enseignement supérieur en Australie

Zoe McKenzie, mars 2009, 74 pages

Les réformes face au conflit social

Dominique Reynié, janvier 2009, 14 pages

L'Opinion européenne en 2009 (accessible en librairie)

Dominique Reynié (dir.), Éditions Lignes de Repères, mars 2009, 237 pages

Travailler le dimanche: qu'en pensent ceux qui travaillent le dimanche ?

Sondage, analyse, éléments pour le débat
Dominique Reynié, janvier 2009, 18 pages

Stratégie européenne pour la croissance verte

Elvire Fabry et Damien Tresallet (dir.), novembre 2008, 124 pages

Défense, immigration, énergie : regards croisés franco-allemands sur trois priorités de la présidence française de l'UE

Elvire Fabry, octobre 2008, 35 pages

Retrouvez notre actualité et nos publications sur fondapol.org

SOUTENEZ LA FONDATION POUR L'INNOVATION POLITIQUE !

Pour renforcer son indépendance et conduire sa mission d'utilité publique, la Fondation pour l'innovation politique, institution de la société civile, a besoin du soutien des entreprises et des particuliers. Ils sont invités à participer chaque année à la convention générale qui définit ses orientations. La Fondation pour l'innovation politique les convie régulièrement à rencontrer ses équipes et ses conseillers, à discuter en avant-première de ses travaux, à participer à ses manifestations.

Reconnue d'utilité publique par décret en date du 14 avril 2004, la Fondation pour l'innovation politique peut recevoir des dons et des legs des particuliers et des entreprises.

Vous êtes une entreprise, un organisme, une association

Avantage fiscal : **votre entreprise bénéficie d'une réduction d'impôt de 60 % à imputer directement sur l'IS** (ou le cas échéant sur l'IR), dans la limite de 5 % du chiffre d'affaires HT (report possible durant 5 ans) (art. 238bis du CGI).

Dans le cas d'un don de 20 000 €, vous pourrez déduire 12 000 € d'impôt, votre contribution aura réellement coûté 8 000 € à votre entreprise.

Vous êtes un particulier

Avantages fiscaux : **au titre de l'IR, vous bénéficiez d'une réduction d'impôt de 66 % de vos versements, dans la limite de 20 % du revenu imposable (report possible durant 5 ans); au titre de l'ISF, vous bénéficiez d'une réduction d'impôt de 75 % de vos dons versés, dans la limite de 50 000 €.**

Dans le cas d'un don de 1 000 €, vous pourrez déduire 660 € de votre IR ou 750 € de votre ISF. Pour un don de 5 000 €, vous pourrez déduire 3 300 € de votre IR ou 3 750 € de votre ISF.

contact : Anne Flambert +33 (0)1 47 53 67 09 anne.flambert@fondapol.org

L'AVENIR DE L'HYDROÉLECTRICITÉ

Par Jean-Pierre Corniou

L'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité est un objectif stratégique pour la France dans le cadre de la transition énergétique. L'énergie hydraulique, qui a marqué avec fierté l'histoire industrielle de notre pays, est-elle encore une candidate compatible avec ces multiples contraintes ? Elle est renouvelable, décentralisée et décarbonée, fonctionne sans obéir aux caprices du vent et du soleil, elle est stockable et libérable à la demande. C'est aussi une opportunité clé pour les quelque 1,2 milliard d'êtres humains dépourvus d'accès à l'électricité.

La production d'énergie hydraulique est une filière industrielle d'excellence essentielle à la stratégie énergétique comme à la régulation d'une production aléatoire. Elle doit se réinventer pour être acceptée tant la ressource est âprement disputée. L'innovation, le respect des sites, la miniaturisation sont les pistes à explorer de façon dépassionnée pour que l'hydroélectricité puisse être exploitée dans le long terme avec succès.

Les médias

fondapol.tv

группа LIBERTE
Une voix libérale, progressiste et européenne

**ANTHROPO
TECHNIE**
LES ENJEUX DE L'HUMAIN AUGMENTÉ

Les données en open data

data.fondapol



Le site internet

fondapol.org



9782364081727

ISBN : 978 2 36408 172 7

5€