

# LES MOULINS

## AU SERVICE DE LA TRANSITION ENERGETIQUE



### — Points essentiels : libérer le potentiel des moulins —

- Les chercheurs estiment que **25 000 moulins à eau peuvent être relancés** sur le territoire français, qui a le plus gros potentiel de l'Union européenne.
- Les moulins et autres petits ouvrages anciens en place pourraient produire **4 TWh** par an, l'équivalent de la consommation électrique hors chauffage de **1 million de foyers**.
- La petite hydro-électricité par relance des sites existants présente un **bilan écologique remarquable** : meilleur bilan carbone de toutes les énergies, excellent taux de retour énergétique, peu d'usage de matières premières, pas de créations de nouveaux impacts sur les milieux et les riverains, préservation et gestion de plans d'eau, canaux, zones humides.
- Le tarif de rachat de la petite hydro-électricité (9 à 13 c€/ kWh) est inférieur à celui du petit solaire de même dimension, et n'a pas besoin de stockage. En cas d'autoconsommation familiale ou en îlotage, le **coût pour la collectivité** est nul.
- Ce potentiel est **réparti sur tout le territoire**, il peut produire au plus près de la consommation et il a le soutien majoritaire des populations, contrairement à d'autres sources d'énergie. Ce sont aujourd'hui les **freins administratifs** qui bloquent ce potentiel, un paradoxe à l'heure de l'urgence de la transition énergétique !
- L'enjeu de la petite hydro-électricité est **particulièrement important dans les têtes de bassin versant** (zone amont des rivières), les **cours médians de plaines alluviales** et les **petits fleuves côtiers**, où la forte proportion d'ouvrages encore présents sur les cours d'eau et la faible densité de population font localement de l'hydraulique une source d'énergie majeure pour la transition bas carbone.
- Certains choix de « continuité écologique » ont conduit à privilégier la destruction des sites de moulins et barrages, au lieu de les équiper de passes à poissons quand c'est nécessaire, et à compliquer leur relance énergétique très au-delà des règles européennes. Face aux contentieux soulevés par cette politique et au blocage de nombreux projets bas-carbone, **une nouvelle politique publique s'impose**.

Avril 2019

## 25 000 sites prioritaires à équiper en France pouvant produire l'énergie d'un million de foyers

### Moulins, forges et usines à eau: 25 000 sites prioritaires de production locale à développer

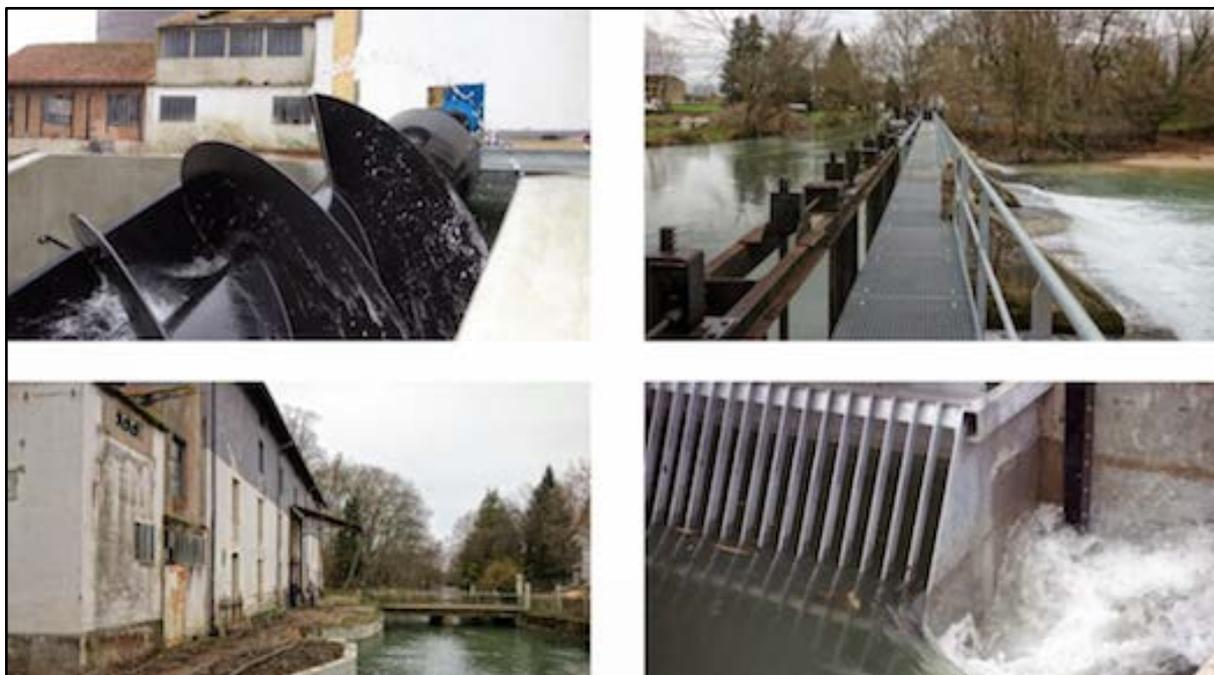
Le nombre exact de moulins reste inconnu en France. Le Répertoire des obstacles à l'écoulement de l'AFB (Onema) compte aujourd'hui 97000 références, et le nombre définitif pourrait être de 120 000 (chiffre cité in [Souchon et Malavoi 2012](#)). Ces chiffres convergent avec les données historiques connues: la statistique de Nadauld de Buffon en 1841 comptabilise 108 000 usines à eau en activité en France (moulins, forges), période où l'énergie hydraulique est la première puissance motrice en France. Il paraît probable qu'il existe aujourd'hui environ 50 000 sites de moulins, forges et petites usines à eau en France. Les chercheurs européens du projet Restor Hydro estiment dans un premier comptage que 25 000 sites peuvent être facilement relancés, soit le premier potentiel de l'Union européenne pour la petite hydraulique ([Punys et al 2019](#)).

### Potentiel énergétique : 4 TWh, un million de foyers en électricité

Les deux estimations de potentiel hydro-électriques dont on disposait (rapport [Dambrine 2006](#) et étude de convergence Ministère [UFE DGEMEDDE/UFE 2013](#)) sont incomplètes : la première exclut les sites de moins de 10 kW (qui représentent plus de 50 % des moulins), la seconde les sites de moins de 100 kW (plus de 95 % des moulins). Le potentiel réel total de sites les plus faciles à équiper a été ré-évalué par la recherche européenne à 4 TWh / an ([Punys et al 2019](#)). Pour donner un ordre de grandeur, l'équipement des moulins représenterait l'équivalent en productible d'un réacteur nucléaire, la production totale de l'éclairage public en France (après effet du plan de réduction de cet éclairage ou encore la consommation électrique hors chauffage d'environ 1 million de foyers.

### Les usages : autoconsommation ou injection réseau, en majorité des petits ouvrages

L'équipement énergétique des moulins peut servir à l'autoconsommation ou à l'injection réseau. En raison du bon facteur de charge de l'énergie hydraulique, il faut compter environ 1 kW de puissance pour satisfaire les besoins en consommation d'une famille (4 kW avec le chauffage), la puissance en surcroît pouvant être dédiée à l'injection réseau. Les ouvrages hydrauliques de puissances modestes (moins de 40 kW) forment plus de 90% des sites équipables en France, donc c'est vers eux que doit se porter une réflexion sur l'autoconsommation individuelle ou collective comme sur l'injection sur le réseau local. La proximité de la production et de la consommation limite les pertes réseau.



### Pilotabilité pour le réseau : une énergie prévisible à 24 / 48 h

Le productible d'un moulin est défini par l'hydrologie de la rivière (débit utile et chute nette). Ces données sont prévisibles 24 à 48 h à l'avance, et donc faciles à intégrer lorsque les gestionnaires du réseau doivent anticiper le besoin de charge. Par rapport à d'autres énergies souffrant de fatalité et d'intermittence (éolien, solaire), l'hydraulique jouit ainsi d'une certaine régularité et prévisibilité. Les moulins sont disséminés sur le territoire et injectent généralement sur le réseau basse tension. Les coûts de transport de l'électricité peuvent être réduits par ce foisonnement.

### Taux de retour énergétique (EROEI) : le meilleur score de toutes les énergies pour l'hydro-électricité

Le taux de retour énergétique, appelé EROEI (*energy return on energy invested*) se calcule par la quantité d'énergie que l'on produit sur le cycle de vie d'un dispositif divisée par la quantité d'énergie nécessaire à la construction, la maintenance et le démantèlement du dispositif. L'énergie hydraulique représente le meilleur EROEI de toutes les sources d'énergie, charbon inclus, avec un facteur 10 à 20 au-dessus du nucléaire ou des autres ENR (Murphy et Halls 2010).

## Climat et environnement : les atouts remarquables de la petite hydro

### Bilan carbone : en pointe contre le réchauffement climatique

Avec un plancher de 4 g eqCO<sub>2</sub> par kWh produit (10 en moyenne selon Ademe), l'énergie hydraulique représente le meilleur bilan de toutes les énergies productrices d'électricité (GIEC IPCC, SRREN Report 2012). Ce chiffre est encore meilleur dans le cas des moulins, car le génie civil (seuils, biefs, chambre d'eau) est déjà présent, donc ce poste carbone intensif est limité par rapport à la grande hydraulique construite de novo. L'équipement des moulins doit donc être une priorité dans la stratégie de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre. D'autant que ce réchauffement représente la menace de premier ordre sur l'évolution à long terme des milieux aquatiques.

Economie de CO <sub>2</sub> pour 4 TWh de production par les moulins*			
	gCO <sub>2</sub> /kWh	Différentiel	Total (MtCO <sub>2</sub> /an)
Hydro-électrique	10	—	—
Solaire	32	22	0,088
Nucléaire	66	56	0,224
Gaz	443	433	1,732
Charbon	960	950	3,8

Source CO<sub>2</sub> : référentiel Ademe bilan Carbone V11  
\*Source productible moulin : Punys et al 2019, Renewable Energy, 133.

Relancer les moulins peut représenter une économie carbone de près de 4 millions de tCO<sub>2</sub> par an.

### Usage des matières premières : un impact très faible

Il a été montré que l'énergie hydraulique est la moins consommatrice de matières premières et en particulier de métaux par kWh produit (Kleijn et al 2011 et Van Der Voet et al 2013). C'est un enjeu important à l'heure où l'on cherche une transition bas carbone qui limite aussi son empreinte écologique.



### Impact sur la rivière : un effet modeste sur certains poissons, que l'on peut corriger

Les barrages de moulins, que l'on appelle seuils ou chaussées, ont généralement une hauteur de moins de 2 m. Ils modifient localement la morphologie de la rivière, mais leur impact sur les poissons reste très modeste. Contrairement aux grands barrages, les moulins n'ont jamais empêché la remontée des saumons et aguilles en tête de bassin versant. Les travaux scientifiques récents ([Wang et al 2011](#), [Dahm et al 2013](#), [Van Looy et al 2014](#), [Villeneuve et al 2015](#)) convergent pour observer ce faible impact des barrages sur les indicateurs biologiques de qualité des eaux à échelle des tronçons ou des bassins versants. Les premiers facteurs de dégradation sont la pollution chimique et les changements d'usage des sols (urbanisation, agriculture ou sylviculture intensive, altérations des berges), facteurs qui se sont nettement aggravés à partir du milieu du XXe siècle ([Steffen et al 2015](#)). Grâce au progrès des connaissances, des technologies et des bonnes pratiques, il est aujourd'hui possible de réduire l'impact piscicole et sédimentaire des prises d'eau de moulin ou des petits barrages ([Courret et Larinier, Onema 2008](#)).



### Impact sur le vivant : des zones humides et aquatiques très bénéfiques

La recherche en écologie a montré que les retenues, plans d'eau, canaux et zones humides - qui font partie des annexes hydrauliques de nombreux moulins - ont aussi des effets positifs sur la biodiversité des végétaux, insectes, oiseaux, amphibiens, ainsi que sur certains poissons de zones lenticques, devant à ce titre être mieux protégés par la directive cadre européenne sur l'eau en cours de révision ([Hill et al 2018](#), [Guivier et al 2019](#), [Bolpagni et al 2019](#)). Un nombre croissant de chercheurs en écologie souligne que des écosystèmes d'origine humaine ont de l'intérêt pour le vivant, font partie de la nature perçue et construite socialement, ne doivent plus être négligés par les politiques de conservation écologique ([Backstrom et al 2018](#), [Clifford et Hefferman 2018](#)). Le choix français actuel de détruire le maximum de seuils de moulins en rivière paraît donc une option profondément contestable au plan écologique, et pas seulement énergétique. La relance énergétique des moulins est une garantie qu'ils seront mieux gérés pour accompagner la production (vannage, veille des niveaux) : on a donc le bénéfice carbone associé à la gestion attentive des écoulements localement favorables au vivant.



pour des rivières durables

## Economie et société : une forte acceptabilité sociale et des emplois locaux

### Economie : des emplois non délocalisables, notamment en zones rurales

Equiper les moulins ne permet pas seulement de produire une énergie propre, non carbonée et locale, c'est aussi un investissement dans plusieurs filières d'emplois non délocalisables : bureaux d'études, installateurs-réparateurs, turbiniers, producteurs en vannerie (vannes, organes mobiles) et automatisme, génie civil, etc. Sur la base d'un investissement de 4000 € / kW installé (compte non tenu des dispositifs écologiques de franchissement), l'équipement de 5000 moulins par an pourrait représenter près de 3 milliards d'euros d'investissement productif d'ici 2025. Cet investissement bénéficie notamment aux territoires ruraux où les moulins sont les plus nombreux.



### Poids sur la CSPE : la facture des Français soulagée

L'hydro-électricité fluviale est une technologie mature, qui possède un excellent rendement. Il en résulte que le tarif de rachat pour les petits sites est moindre que celui d'autres sources d'énergie intermittentes et à coût de stockage encore élevé. Le tarif garanti de petite hydro-électricité (env. 9 centimes kWh en complément de rémunération, env. 13 centimes le kWh en obligation d'achat représente par exemple 40% à 60% d'économie par rapport au petit solaire sur toiture de même puissance). En cas d'autoconsommation familiale ou en ilotage de hameau, il n'y a aucune charge pour les tiers et les finances publiques. On peut développer la petite hydro-électricité sans alourdir les coûts publics supportés par les Français à travers leur facture d'électricité.

### Les moulins et l'opinion : une bonne acceptabilité sociale, reconnue par la commission nationale du débat public en 2018

Contrairement à d'autres sources d'énergie renouvelable, les moulins à eau jouissent d'une forte popularité auprès des élus locaux et des riverains. Leurs retenues sont déjà intégrées dans les paysages de vallée depuis des siècles. Ils appartiennent à l'imaginaire national et font salles combles lors des visites des journées du patrimoine comme des journées des moulins. La reprise de leur activité énergétique ne représente aucune nuisance particulière pour le voisinage, car ils fonctionnent au fil de l'eau (et non en écluse comme les grands barrages). Plusieurs centaines d'associations rassemblent déjà les passionnés dans tous les départements français. Lors de la révision de la PPE, la commission nationale du débat public a constaté ce soutien et demandé au gouvernement de « tenir compte des souhaits formulés dans le débat public quant à une place plus importante pour l'hydroélectricité ».

## Des moulins entravés aux moulins libérés : un choix politique nécessaire à l'heure de la transition énergétique

### La réforme excessive, contestée et coûteuse de « continuité écologique »

L'administration en charge de l'eau et de la biodiversité a mené au nom de la « continuité écologique » une politique radicale, unique en Europe par son intensité, visant à détruire à grande échelle et en première intention les ouvrages hydrauliques pour recréer des rivières « naturelles » ou « sauvages » sans impact humain. Ainsi, 75% des projets financés sur argent public sont des destructions pures et simples en Seine-Normandie et en Artois-Picardie, 50% en Loire-Bretagne, cela pour des coûts exorbitants de 100k€ en moyenne par ouvrage (CGEDD 2017). L'argent public sert à détruire le potentiel énergétique au lieu d'engager la transition bas carbone ! Ce choix est contraire à l'esprit des lois ayant demandé que chaque ouvrage soit « équipé, géré, entretenu » (LEMA 2006, art L 214-17 CE) là où il y a un enjeu de poisson migrateur, et non pas détruit au nom d'une vision idéale (et scientifiquement dépassée) de la « nature sauvage ». La Commission européenne a également souligné que les passes à poissons et autres aménagements sans destruction devraient être les choix de première intention (COM 2012 (673) « Blue Print »)

### Surtransposition des règles européennes, lourdeurs administratives, coût excessif de projets

Au-delà des cas de destruction, l'administration française est engagée dans un processus de surtransposition des règles européennes et d'étouffement réglementaire de la filière hydro-électrique :

- des instructions qui durent 2 à 5 ans,
- des demandes d'équipement écologique inadaptées aux faibles impacts des petits ouvrages, qui représentent 3 à 7 ans de chiffres d'affaires et tuent toute rentabilité quand les subventions sont refusées par les agences de l'eau,
- des droits d'eau qui sont arbitrairement réduits à la puissance estimée d'ancien régime au lieu d'exploiter le potentiel maximal des sites dans leur consistance autorisée,
- des débits minima biologiques qui sont arbitrairement posés au-dessus de ce que prévoit la loi, réduisant le productible,
- des instructions qui se déroulent dans un mauvais état d'esprit et débouchent souvent sur des contentieux administratifs, car l'administration a reçu pour consigne de décourager et limiter au maximum la petite hydro-électricité (mais sans pouvoir l'empêcher grâce à la persistance des droits d'eau fondés en titre).

Dans son précédent rapport sur l'évaluation des politiques publiques en matière d'énergie renouvelable, la Cour des Comptes avait posé la nécessité de choisir : « S'agissant de la filière hydraulique, qui est mature et dispose encore d'un potentiel important, cependant limité par les mesures de protection des cours d'eau portées notamment par la LEMA, l'État doit arbitrer entre l'exploitation à des fins énergétiques d'une énergie connue, maîtrisée, non polluante et nécessaire à la réalisation de ses objectifs de politique énergétique et le maintien d'un niveau élevé de protection de la faune et de la flore » (Cour des Comptes 2013)



### Quelles réformes attendues ?

La mise en œuvre du potentiel de la petite hydro-électricité passe par plusieurs avancées législatives et réglementaires, en particulier :

- le **moratoire immédiat sur les destructions de seuils et barrages au motif de continuité écologique** (qui détruisent nos capacités de production au lieu de les équiper et qui sont contrairement à la priorité européenne pour les passes à poissons),
- la transposition rapide de la directive européenne 2018 sur l'énergie renouvelable, qui exige de l'administration la simplification des procédures (un an maximum), la baisse des coûts de projet

**pour des rivières durables**

disproportionnés (parfois 5 ou 10 ans de chiffre d'affaires en France), la libération massive de l'autoconsommation

- l'**aide publique (Agence de l'eau, Régions) aux aménagements écologiques de franchissabilité et d'ichtyocompatibilité**, le but étant d'avoir moins de dépenses globales mais davantage centrées sur les aménagements réellement indispensables
- la **simplification des contrats de raccordement et injection** (autoconsommation avec injection du surplus en compteur double sens, procédure simplifiée pour les moins de 36 kVA, procédure ultrasimplifiée pour les moins de 10 kVA)
- la **mise en place d'un guichet unique** dans chaque département (et non pas de multiples interlocuteurs administratifs DDT-M, AFB, Dreal, Ademe, etc.)
- le **développement du financement participatif**,
- l'**intégration systématique de la petite hydro dans les programmations** : Schémas d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE), Plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET), Schémas régionaux climat air énergie (SRCAE) et maillage des territoires à énergie positive pour la croissance verte
- le **maintien sans inflation pour le consommateur des tarifs d'achat EDF-OA contrats 2016**, mais en simplifiant les conditions de ce tarif, notamment en acceptant tous les moulins ayant eu un usage électrique dans le passé (au lieu du choix arbitraire actuel d'exclure des sites ayant servi de centrales aux villages voici parfois 50 ou 100 ans)

## Sites d'information sur les moulins, les ouvrages et les rivières

**hydrauxois**

[www.hydrauxois.org](http://www.hydrauxois.org)

**observatoire de la continuité écologique**

[www.continuite-ecologique.fr](http://www.continuite-ecologique.fr)

**fédérations de moulin**

[www.moulinsdefrance.org](http://www.moulinsdefrance.org)

[www.fdmf.fr](http://www.fdmf.fr)

**syndicats de petite hydro-électricité**

[www.federation-eaf.org](http://www.federation-eaf.org)

[www.france-hydro-electricite.fr](http://www.france-hydro-electricite.fr)

**union des étangs de France**

[www.etangs-de-france.eu](http://www.etangs-de-france.eu)



**La pleine intégration de la petite hydro-électricité dans la transition énergétique est un choix d'avenir : les moulins ne sont pas seulement un magnifique héritage du millénaire passé, ils sont aussi un atout pour une énergie propre sur des rivières vivantes et dans des territoires dynamiques.**