Version du 16 octobre 2023

SAGE NESTE ET RIVIERES DE GASCOGNE

Potentiel hydroélectrique

eaucea
72 rue Riquet
31000 TOULOUSE
Tel. 05 61 62 50 68
eaucea@eaucea.fr

Sommaire

Introduction 4

Quel rôle pour le SAGE ? 5

Les prérequis : l'énergie hydroélectrique 6
- Les enjeux nationaux 6
- Principe de fonctionnement des usines hydroelectriques 9
- Les unités utilisées 9
- Typologie des centrales hydroélectriques 10
- Le réseau de transport de l'électricité 11
- Des incidences environnementales à prendre en compte 11

Rappel de l'état des lieux de l'existant 12

Evaluation des gisements 14
- Qu'est-ce que le potentiel hydroélectrique 14
- Le potentiel technique expertisé 19

Synthèse 28

En conclusion 29

Introduction

En application du I de l'article 6 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000, le ministre chargé de l'Industrie rend publique une évaluation par zone géographique du potentiel de développement des énergies renouvelables.

En application du III du L.212-1 du code de l'environnement, le SDAGE applicable pour la période 2010-2015, a dû prendre en compte l'évaluation du potentiel hydroélectrique (l'arrêté du 17 mars 2006 relatif au contenu des SDAGE précise que les schémas sont accompagnés d'une note d'évaluation du potentiel hydroélectrique à l'échelle du bassin hydrographique.

En application de l'article 2-1 de la loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, les actes administratifs relatifs à la gestion de la ressource en eau sont précédés d'un bilan énergétique en évaluant les conséquences au regard des objectifs nationaux de réduction des émissions de gaz contribuant au renforcement de l'effet de serre et de développement de la production d'électricité d'origine renouvelable.

Ainsi, le SAGE comme le SDAGE doivent faire l'objet d'un bilan énergétique qui se traduira notamment par la quantification de l'impact de ses dispositions sur les installations hydroélectriques existantes et sur le potentiel hydroélectrique.

Pour conduire ces évaluations à l'échelle des districts, les Directions de l'Eau et de la Demande et des Marchés Energétiques ont demandé en 2007 aux six Agences de l'Eau et aux ADEME d'affiner la connaissance du potentiel hydro-électrique non exploité dans leurs bassins respectifs selon une méthodologie harmonisée au niveau national et avec l'appui d'un comité de pilotage constitué de représentants des producteurs d'hydro-électricité et de l'administration (DRIRE, DREAL, MISE, CSP). Ce travail a permis d'affiner la connaissance du parc hydroélectrique existant du bassin Adour Garonne et d'estimer l'ordre de grandeur d'un potentiel technique hydroélectrique non exploité (en énergie et en puissance) en tenant compte des réglementations environnementales en vigueur. Il a été actualisé en 2010 pour tenir compte de l'évolution anticipée des classements de cours d'eau (liste 1 et 2) adaptés aux objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau et étendant leur application à l'ensemble des ouvrages faisant obstacles à la continuité écologique et non pas uniquement aux ouvrages hydroélectriques. Concomitamment, le déclassement envisagé de 4700 km de cours d'eau anciennement « réservé » libère un certain potentiel hydroélectrique. Rappelons que l'ancien classement « réservé » interdisait l'autorisation ou la concession d'entreprises hydrauliques nouvelles.

Plus récemment la loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables a modifié significativement le statut des énergies renouvelable en leur faveur « Art. L. 411-2-1.-Sont réputés répondre à une raison impérative d'intérêt public majeur, au sens du c du 4° du I de l'article L. 411-2 du présent code, les projets d'installations de production d'énergies renouvelables ou de stockage d'énergie dans le système électrique satisfaisant aux conditions prévues à l'article L. 211-2-1 du code de l'énergie. » Notons cependant que l'essentiel de la loi s'organise autour du solaire, de l'éolien et de la géothermie.

.

Quel rôle pour le SAGE ?

Pour le SAGE, l'ambition de l'exercice est d'apporter des éléments de connaissance pour alimenter la réflexion sur la balance des avantages et inconvénients liés à la production hydroélectrique existante ou potentielle sur son périmètre. L'hydroélectricité est en effet au cœur des enjeux de production décarbonée, de la régulation hydraulique des rivières et de la préservation de la biodiversité. Ces enjeux sont parfois complémentaires, parfois antagonistes.

Les dispositions du SAGE devront faciliter ces arbitrages

Le SAGE peut favoriser ou au contraire bloquer des projets inscrits dans l'une ou l'autre de ces catégories en édictant des dispositions spécifiques ou aux effets indirects. Par exemple, un projet de création d'une nouvelle retenue de stockage ou du renforcement d'un ouvrage existant (rehausse par exemple, prise d'eau complémentaire) peut être l'occasion d'une nouvelle production. A l'inverse, une mesure visant à supprimer des seuils en rivière peut réduire le potentiel de production brut, de même qu'un renforcement du soutien des débits peut pénaliser la valeur de la production électrique.

Le développement de l'énergie produite par l'hydroélectricité peut se faire au travers de trois catégories d'opérations :

- L'optimisation des ouvrages existants (par exemple la modification de la turbine pour améliorer le rendement, l'amélioration du contrôle commande, le turbinage des débits réservés, le suréquipement et le réaménagement d'ouvrage, etc.). Les gains de productible restent cependant difficiles à évaluer et apparaissent relativement limités dans une majorité de cas.

- L'équipement de seuils existants, c'est-à-dire l'équipement de retenues qui existent pour d'autres usages (par exemple le maintien d'une cote touristique ou le prélèvement d'eau potable) et qui pourraient être équipées d'une turbine hydroélectrique. Il existe une base de données de ces seuils (le référentiel des obstacles à l'écoulement sur les cours d'eau – ROE, administré par l'ONEMA), mais le potentiel des sites réellement équipables reste encore mal connu.

- La création de nouveaux sites, qui implique à la fois la création des ouvrages de génie civil (retenues ou prises d'eau pour les aménagements en dérivation) ajoutant de nouveaux obstacles à l'écoulement et l'installation des turbines et matériels de transformation électrique.

Les prérequis : l'énergie hydroélectrique

LES ENJEUX NATIONAUX

En 2020, la consommation d'énergie primaire, en France est de 2 571 TWh dont 1 423 TWh produits en France (75% nucléaire). Les énergies renouvelables apportent 322 TWh en 2020. Elles ont augmenté de 73% depuis 2005 (source SDES, Bilan énergétique de la France).

En 2022, l'hydroélectricité apporte environ 49,6TWh soit 11% de la production d'électricité métropolitaine de 2022 (source RTE- Bilan électrique).

Ainsi, en ce qui concerne la production d'électricité l'hydroélectricité conservait en 2020 encore le statut de premier mode de production d'énergie renouvelable décarbonée. Cependant cette production est vulnérable aux évolutions des débits (en volume et en régime) qui seront impactés négativement par les changements climatiques en cours. D'autre part, les usines de lac (usines hydrauliques accumulant des volumes d'eau dans des retenues) et d'éclusée jouent un rôle important vis-à-vis de la compensation des fluctuations du bilan production/demande du réseau électrique. Ce besoin se renforce avec la montée en puissance des autres énergies renouvelables dites intermittentes : l'éolien et bien sûr le solaire. Cette flexibilité est un atout très important des barrages hydroélectriques.

Le concept de stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) permet de pomper des volumes d'eau pendant les périodes de basse consommation et de les utiliser pendant les pics de consommation. On dit que les STEP permettent de stocker l'énergie électrique. C'est en partie le fonctionnement du barrage de Cap de long qui joue ce rôle d'accumulateur de volume (et donc d'énergie potentielle) dont une partie est issue du bassin du gave de Pau et turbiné vers le gave de Pau.

Rappel des objectifs de production d'énergie hydroélectrique :

Les programmations pluriannuelles de l'énergie (PPE) sont définies par la politique énergétique nationale, et le code de l'énergie, qui visent également à préserver la santé humaine et l'environnement, en luttant notamment contre l'aggravation de l'effet de serre et contre les risques industriels majeurs. Une PPE pour la période 2019- 2028 a été adoptée par décret 2020-456 du 21 avril 2020. Les objectifs visent à porter la part des énergies renouvelables à 33 % de la consommation finale brute d'énergie d'ici 2028 (19,1% estimé en 2020, selon les indicateurs de suivi de la PPE). Les énergies renouvelables doivent représenter 40 % de la production d'électricité. En matière d'hydroélectricité, la PPE 2019-2028 prévoit notamment comme objectifs principaux :

- d'augmenter les capacités installées de l'ordre de 200 MW d'ici 2023 et de 900 MW à 1200 MW d'ici 2028, à l'échelle nationale,
- d'engager d'ici à 2028 des projets de stockage sous forme de stations de transfert d'électricité par pompage (STEP), en vue d'un développement de 1,5 GW de capacités en 2030 et 2035.

L'État, les collectivités territoriales et leurs groupements compétents veillent à diversifier les sources d'approvisionnement énergétique, à réduire le recours aux énergies fossiles, à diversifier de manière équilibrée les sources de production d'énergie et à augmenter la part des énergies renouvelables

dans la consommation d'énergie finale. Ils adaptent aux besoins les moyens de stockage de l'énergie. La loi n°2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets prévoit une déclinaison de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) par des objectifs régionaux de développement des énergies renouvelables (article 83), après concertation avec les régions. Par ailleurs, cette loi prévoit (article 89, I A), en préalable à la prochaine révision de la PPE, une évaluation des possibilités d'augmenter la capacité installée de production d'électricité d'origine hydraulique à l'horizon 2035, y compris la part que pourrait prendre dans l'augmentation de ces capacités, les installations hydrauliques dont la puissance est inférieure à 4,5 mégawatts, ainsi que les possibilités d'augmenter les capacités installées d'installations de stockage sous forme de stations de transfert d'énergie par pompage, en tenant compte des besoins de stockage d'électricité à un horizon de moyen terme.

En complément, la disposition D1 du SDAGE : "Ainsi, dans le cadre de l'instruction des projets et sur la base d'une analyse au cas par cas, sont préférés l'optimisation des aménagements hydroélectriques existants (augmentation de puissance et du productible) ou l'équipement d'ouvrages existants. "

Les objectifs quantitatifs et orientations fixés par la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) à atteindre pour la filière hydraulique sont :

1. D'augmenter la production d'hydroélectricité de + 2 à + 3 TWh à 2023 (existant 49,6 TWh) et la capacité de production (puissance) de + 500 à + 750 MW (existant 25 900 MW) ;
2. De préserver la flexibilité de production de l'énergie hydroélectrique, tout en intégrant de nouvelles énergies renouvelables ;
3. Continuer à concilier les enjeux environnementaux et la production d'énergie renouvelable ;
4. Continuer le développement de la filière hydroélectrique par un système d'appels d'offres ;
5. Développer les STEP pour augmenter la capacité de stockage d'énergie.

Dans cette programmation, la production d'énergie hydroélectrique devrait rester stable ou en légère augmentation.

D'après un extrait de l'avis du Conseil National de la protection de la nature CNPN : « Le besoin de développement de l'énergie hydraulique est bien moins prioritaire que celui des autres EnR, le dernier panorama de l'électricité renouvelable publié par RTE en 2023 confirmant que les objectifs de développement de cette filière, fixés au décret du 21 avril 2020, sont atteints à 99,3 % (le parc hydraulique présentant 25 734 MW de Puissance raccordée mi-2022, pour une Puissance demandée en 2023 de 25 700 MW."

Unités d'énergie	Térawatt heure	Gigawatt heure	Mégawatt heure	Kilowatt heure
Abbréviation	TWh	GWh	MWh	kWh
Conversion en kWh	1 000 000 000 kWh	1 000 000 kWh	1 000 kWh	/
Unités de puissance	Térawatt	Gigawatt	Mégawatt	kilowatt
Abbréviation	TW	GW	MW	kW
Conversion en kW	1 000 000 000 kW	1 000 000 kW	1 000 kW	/

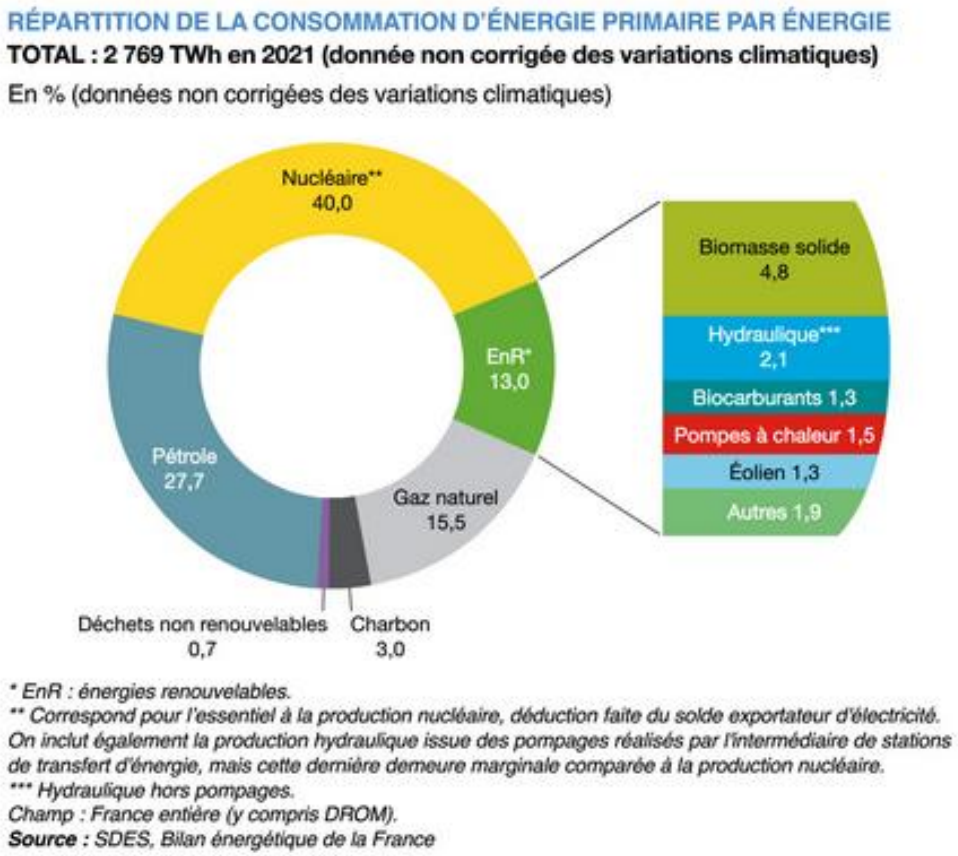


Figure 1 Répartition en % de la consommation d'énergie primaire en France (2 769 TWh en 2021)

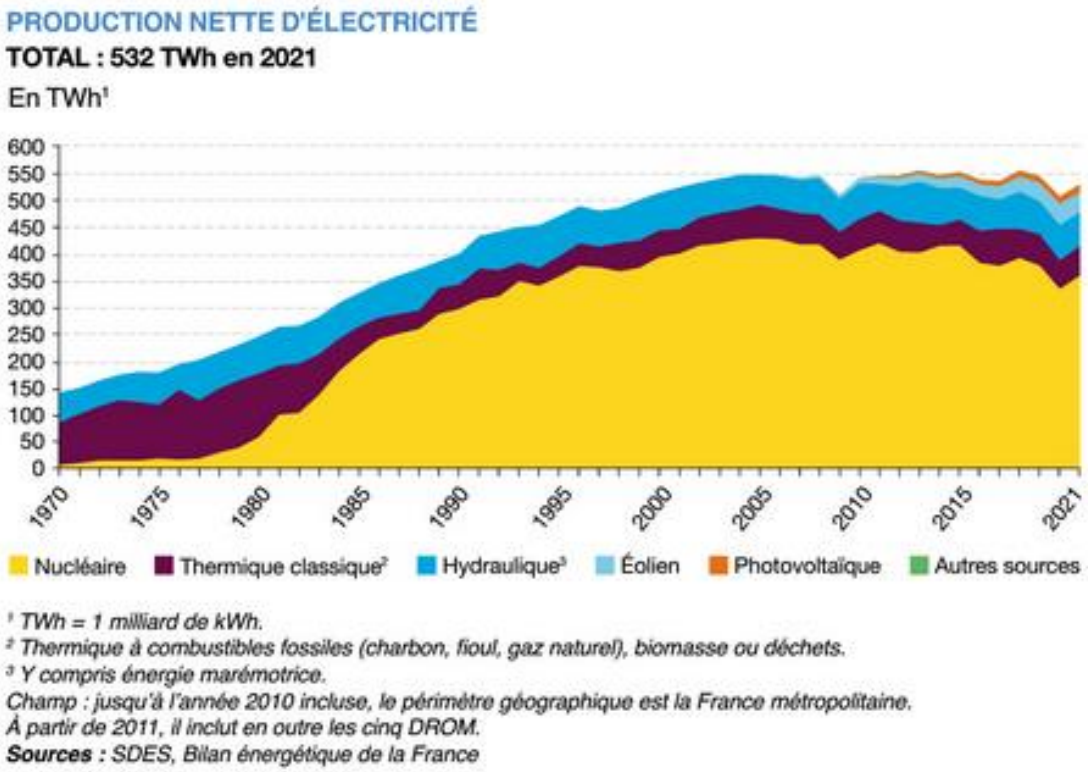
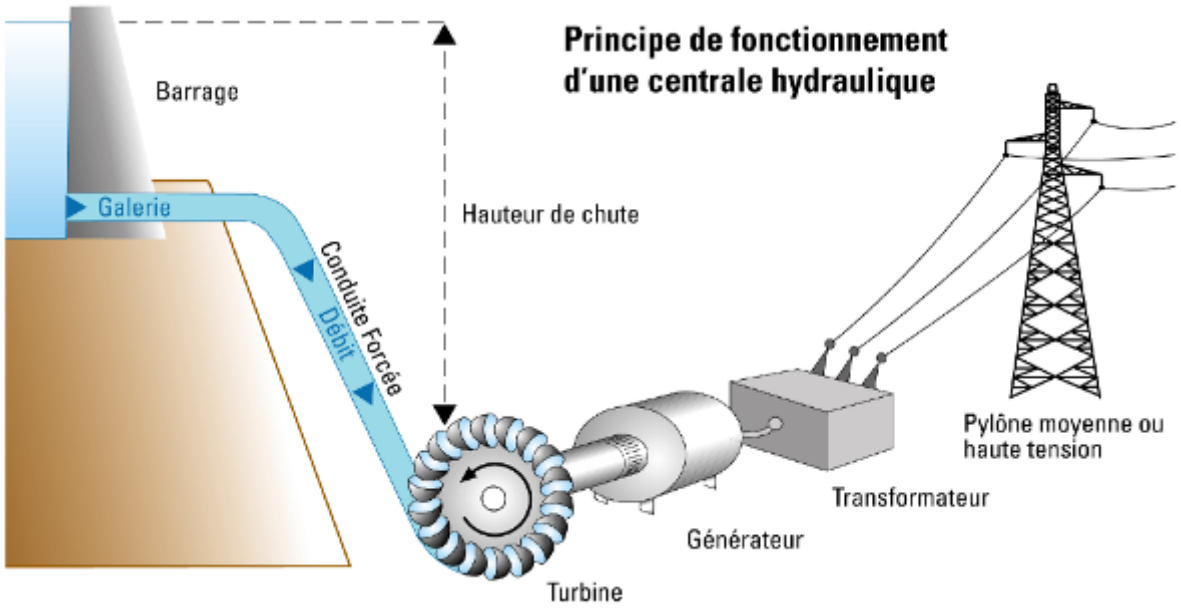


Figure 2 : Production nette d'électricité en France

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES USINES HYDROELECTRIQUES



Source ADEME GUIDE POUR LE MONTAGE DE PROJETS DE PETITE HYDROÉLECTRICITÉ

La puissance est le produit d'une hauteur de chute, d'un débit, du poids de l'eau et d'un coefficient.
L'énergie est le produit de la puissance par le temps (par exemple pendant 1 heure)

LES UNITES UTILISEES

La puissance des usines est exprimée en kW, MW, GW avec

1 GW = 1 000 MW = 1 000 000 kW

Exemple : la centrale la plus puissante du SAGE NRG est Eget (SHEM)
Chute (750 m) x Débit max (5,1 m^3/s) x 9,81 (m/s^2) x coefficient (88,2%) = 33 100 kW ou 33,1 MW
ou 9,81 est l'accélération de la pesanteur.
(Masse volumique de l'eau : 1000 kg/m^3 puis division par 1000 pour kW soit = 1)

L'énergie est exprimée en production annuelle moyenne.

Les unités caractéristiques sont : kWh, MWh, GWh

Exemple : la production moyenne annuelle de Eget est évaluée à 95 GWh correspondant à 2878 heures à pleine puissance soit 120 jours environ. 33 100 kW x 2 878 = 95 GWh.

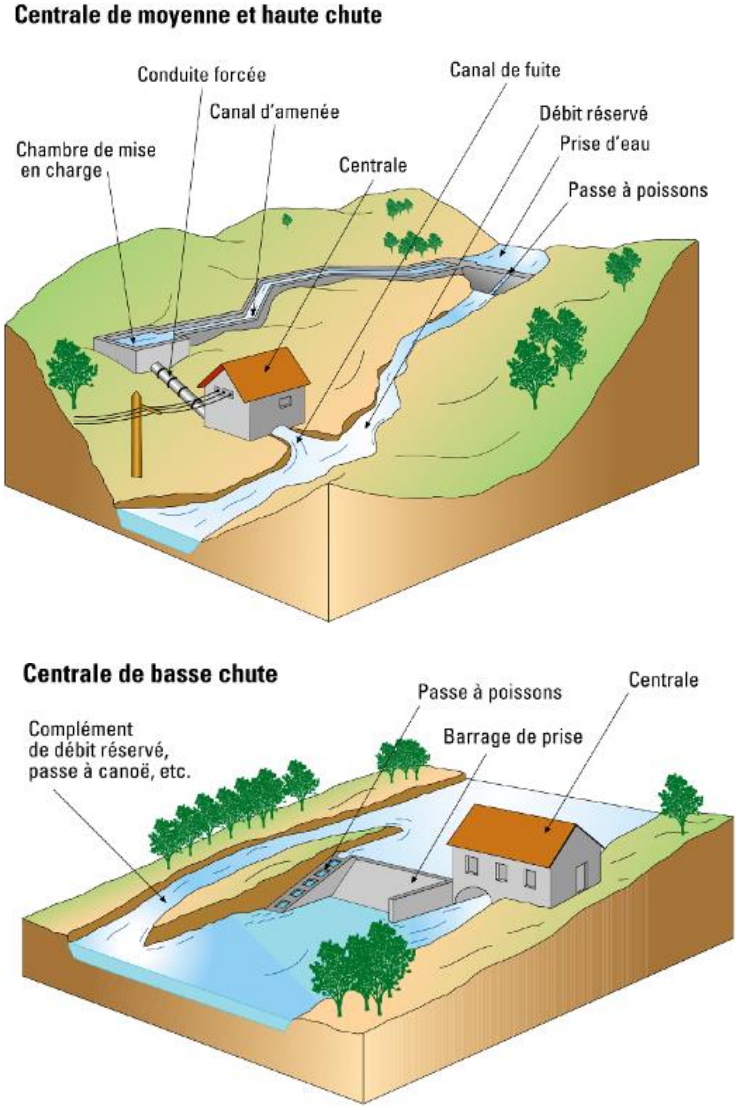
TYPOLOGIE DES CENTRALES HYDROELECTRIQUES

Les modes de production hydroélectrique correspondent à des productions dites :

- ✓ au fil de l'eau, sans capacité de stockage utile et qui dépendent en permanence du débit entrant
- ✓ de lac ou d'éclusée et qui s'appuient sur une gestion de stock dans des grands réservoirs.

La chute d'eau peut être obtenue par un barrage conséquent ou des canalisations ou les deux cumulés (en général un réservoir et une conduite forcée). Ces modalités d'exploitations et d'aménagements peuvent générer des incidences environnementales sur les cours d'eau qui sont en partie atténuées par des passes à poissons et vannes pour le transit des sédiments et le respect de débit réservé.

Source ADEME GUIDE POUR LE MONTAGE DE PROJETS DE PETITE HYDROÉLECTRICITÉ



Deux exemples d'aménagements hydroélectriques : la centrale en dérivation et la centrale de pied de barrage.

LE RESEAU DE TRANSPORT DE L'ELECTRICITE

L'énergie produite dans l'usine a longtemps été à l'origine d'une valorisation locale soit pour de l'industrie (métallurgie) soit pour des usages domestiques ou artisanaux. Aujourd'hui, il est rare que les sites favorables soient à proximité immédiate des points de consommation. Les lignes électriques nécessaires au transport constituent donc aujourd'hui un enjeu associé à la génération de l'énergie.

Le réseau de transport, géré par RTE, conduit l'électricité depuis les centres de production aux gros industriels et jusqu'aux postes électriques. Il est composé de deux types de lignes pour le transport : des lignes à Très Haute Tension (THT, 400 000 et 225 000 volts) et des lignes à Haute Tension (HT, 90 000 et 63 000 volts). Les ouvrages de tension plus élevés permettent de transporter de très grandes quantités d'énergie en limitant les pertes.

Le réseau de distribution prend le relais du réseau de transport après les postes de transformation chargés de diminuer la tension. Il achemine l'électricité aux particuliers et aux petites et moyennes entreprises. Le réseau Moyenne Tension (MT, 20 000 volts), a pour principale mission d'alimenter les postes de distribution. De ces postes, se déploie le réseau Basse Tension (BT, 400 ou 230 volts).

DES INCIDENCES ENVIRONNEMENTALES A PRENDRE EN COMPTE

Les aménagements hydroélectriques exploitent l'énergie du cours d'eau et s'appuient sur des infrastructures industrielles (seuils ou barrages, canaux et conduites, usines, réseau de transport de l'énergie. Tout cela induit des impacts environnementaux dont les principaux sont :

- Blocage sédimentaire dans les seuils et modification du lit du cours d'eau. Ce type d'impact n'est pas spécifique à l'hydroélectricité.
- Court-circuit d'un linéaire de cours d'eau. Le débit réservé maintenu en pied d'ouvrage permet de réduire ce risque. Il est de plus en plus souvent fondé sur des études de débit biologique.
- Variations rapides du débit pour les usines autorisées à fonctionner par éclusées. Leur rôle d'ajustement pour le réseau électrique fait succéder des périodes de production de quelques heures et des périodes sans production. Les incidences dépendent de l'intensité de la pointe de débit, de la vitesse de montée en puissance, de la fréquence des éclusées et en enfin du débit minimum maintenue dans la rivière. Cette situation ne s'observe que sur le bassin de la Neste.
- Impact sur la continuité piscicole qui peut être réduit par des passes à poissons et des dispositifs de grilles empêchant la mortalité dans les turbines.

Rappel de l'état des lieux de l'existant

Sur le territoire on distingue 2 types de centrales hydroélectriques, celles de haute montagne (présentes sur le bassin de la Neste) et les micros centrales hydroélectriques principalement présentes sur la Baïse. En effet sur ce bassin, les seuils des moulins sont fortement prisés.

Usines hydroélectrique	Productible moyen annuel (GWh)	Puissance maximum que peut produire l'installation (mégawatt)	Nombre d'installations
Baïse - Auvignon	13	3	21
Gers - Auroue	5	1	6
Gimone - Arrats	-	-	1
Neste	501	195	27
Save	> 0.2	> 0.3	4
Osse Gélise Auzoue	-	-	-
Total	**520**	**199**	**59**

Figure 3 : Tableau de la répartition des usines hydroélectriques par commission géographique (source : AEAG, 2020).

Le productible moyen annuel correspond à la quantité d'énergie pouvant être produite (exprimée en gigawatt heure) sur une période d'une année. Elle est soit fournie par le producteur, soit calculée par la moyenne interannuelle des redevances. A noter que la commission Osse-Gélise-Auzoue est la seule pour laquelle aucune usine hydroélectrique n'est présente. Ce secteur est le seul qui n'est pas directement connecté au canal de la Neste.

DEFINITIONS DES TITRES ADMINISTRATIFS DES INSTALLATIONS HYDROELECTRIQUES

Concédée : installations de plus de 4.5 MW appartenant à l'Etat, construites et exploitées par un concessionnaire, pour son compte. Sur le SAGE des concessions sont accordées à EDF et à la SHEM. Pour les installations entre 4,5 MW et 100 MW, la concession est délivrée par le préfet, alors qu'au-delà de 100 MW, le ministre chargé de l'énergie la délivre. La durée des concessions doit permettre d'amortir les investissements initiaux réalisés par le concessionnaire, qui rend gratuitement à l'État les installations à l'échéance de sa concession. Le processus de mise en concurrence obligatoire des concessionnaires est aujourd'hui en débat.

Autorisée : installations de moins de 4.5 MW appartenant en général à des particuliers, des petites entreprises ou des collectivités, l'obtention d'une autorisation environnementale est nécessaire et délivrée par le préfet pour une durée limitée, et dont les règles d'exploitation dépendent des enjeux environnementaux du site concerné.

Concédée autorisable : Anciennement concédée, ces ouvrages présentent une puissance qui relève depuis l'augmentation des seuils de puissances de référence de 500 kW à 4,5 MW en 1980 d'une autorisation.

Autorisée et fondée en titre : droits d'usage de l'eau particuliers et issus d'anciens régimes (avant la révolution française pour les cours d'eaux non domaniaux), exonérés de procédure d'autorisation ou de renouvellement mais soumis aux mêmes obligations réglementaires (continuité, débit minimum biologique...).

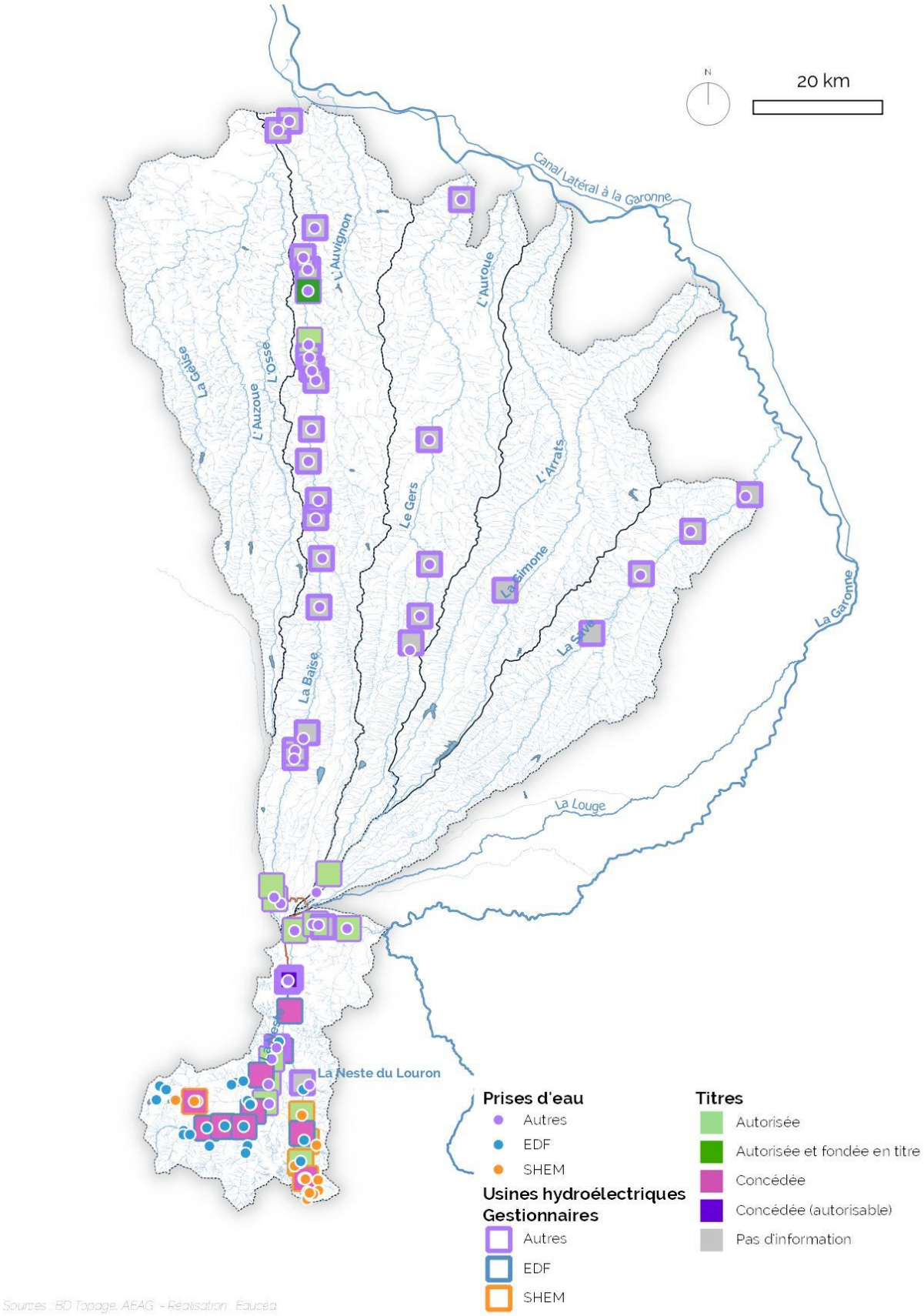


Figure 4 : Carte des aménagements hydroélectriques (source : AEAG 2020)

Evaluation des gisements

QU'EST-CE QUE LE POTENTIEL HYDROELECTRIQUE

Une étude[1] nationale réalisée conjointement par la DGEC et la DEB, direction du ministère de l'écologie du développement durable et de l'Ecologie, propose de décomposer le potentiel en trois familles.

La définition du potentiel en énergie hydroélectrique vise à identifier les possibilités de développement de la production d'énergie et donc la possibilité de mener les opérations visées au point précédent. Il y a bien sûr plusieurs définitions du potentiel qui sont examinés dans les chapitres suivants:

- Le potentiel brut du cours d'eau, calculé uniquement à partir des informations sur le débit des rivières et le dénivelé du lit mineur (topographie). C'est la définition qui avait été retenue dans les études SDAGE de 2007. C'est la plus majorante de toutes.
- Le potentiel technique « expertisé », qui ne retient que le potentiel brut qui est techniquement exploitable, en fonction de l'état de l'art de la profession et qui intègre des contingences économiques. Plusieurs approches peuvent être utilisées : en appliquant des seuils au potentiel brut du cours d'eau (filtre puissance, filtre débit, suppression des cas où le dénivelé du tronçon est trop faible, …) ou en additionnant les productibles de projets réels mentionnés par des producteurs. Cette analyse « à dire d'expert » est parfois subjective et nécessite de confronter les points de vue différents pour gagner en fiabilité.
- Le potentiel technique acceptable en termes de maîtrise d'impact sur l'environnement, c'est le potentiel technique « expertisé » diminué des projets qui ne sont pas acceptables du point de vue de l'environnement, c'est-à-dire qui ne pourraient pas obtenir une autorisation au titre du code de l'énergie pour les aménagements concédés ou au titre du code de l'environnement pour les aménagements autorisés. Il ne peut être établi qu'après une analyse détaillée site par site de l'environnement et des mesures compensatoires possibles et suite à l'instruction des services en charge de la police de l'eau. Sur Adour Garonne, une évaluation a été réalisée en 2010 avec les principaux producteurs d'énergie hydroélectrique qui ont accepté de coopérer avec les services de l'Etat en transmettant sous de strictes conditions de confidentialité leur projet d'aménagement. Une grande part des projets relevait de l'aménagement de seuil existant. Sur le périmètre du SAGE, cette enquête n'a pas identifié de projet compatible avec les limitations environnementales (très bon état, réservoir bio ou cœur de parc, critères de définition de la liste 1), ce qui ne signifie pas qu'il n'y en a pas. En effet, l'enquête date de 2010 et s'est concentrée sur les seuls cours d'eau éligibles au classement L1 et L2, et pour la plupart effectivement classés depuis. Notons que l'enquête de 2010 ne garantit pas la complétude des projets possibles compte tenu du caractère concurrentiel qui affecte les concessions hydroélectriques.

[1] Connaissance du potentiel hydroélectrique français – Synthèse – 14 novembre 2013

DEFINTION DES COURS D'EAU LISTE1 ET LISTE 2

(article L214-17 du Code de l'Environnement)

Cours d'eau liste 1 : <u>Le classement d'un cours d'eau en liste 1 est associé à un objectif de préservation de la continuité écologique :</u>

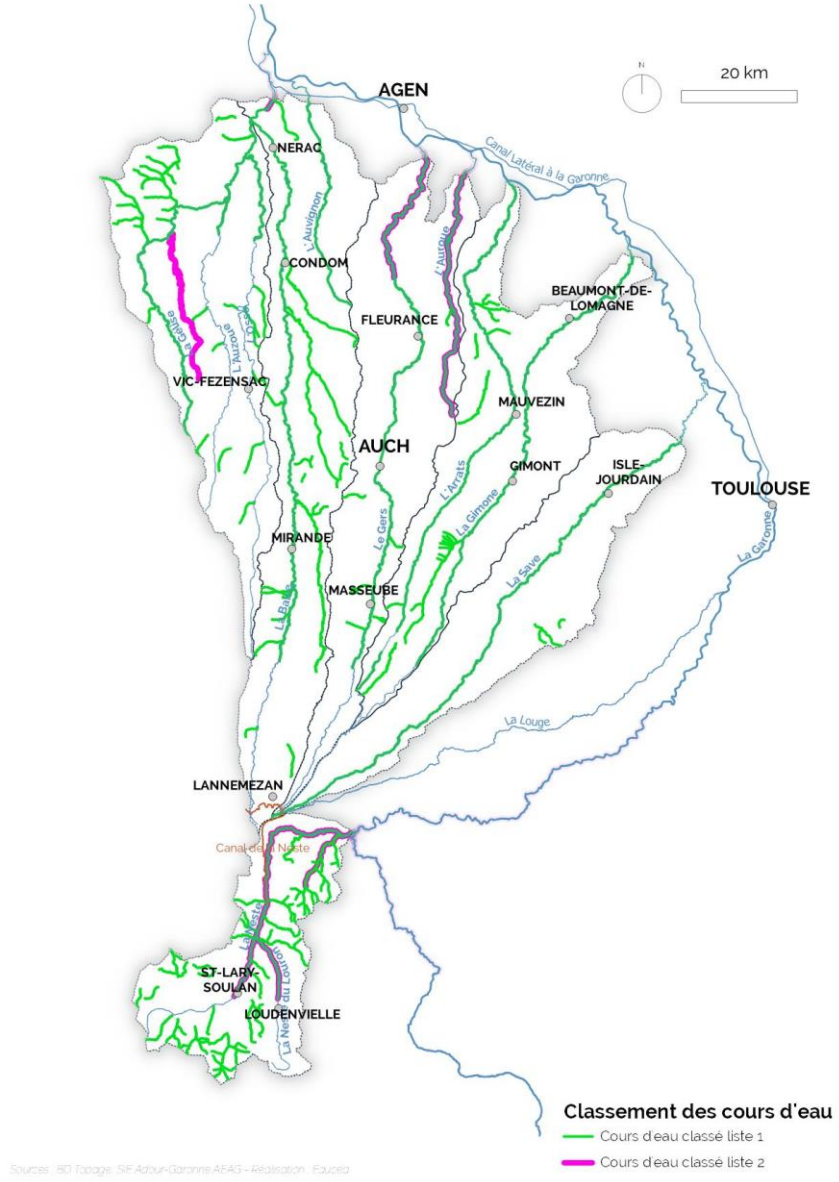
-Aucune autorisation ou concession ne peut y être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages, s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique.

-Le renouvellement de la concession ou de l'autorisation des ouvrages existants, régulièrement installés sur ces cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux, est subordonné à des prescriptions permettant de maintenir le très bon état écologique des eaux, de maintenir ou d'atteindre le bon état écologique des cours d'eau d'un bassin versant ou d'assurer la protection des poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et en eau salée.

Cours d'eau liste 2 : <u>Le classement en liste 2 est associé à un objectif de restauration de la continuité écologique :</u>

-Sur ces cours d'eau, ou parties de cours d'eau, tout ouvrage existant doit être géré, entretenu et équipé selon des règles définies par l'autorité administrative, en concertation avec le propriétaire ou l'exploitant.

-Le délai d'application est de 5 ans à compter de la publication de l'arrêté préfectoral, soit juillet 2018.



LE POTENTIEL BRUT DES COURS D'EAU DU SAGE (SOURCE ETUDE SDAGE 2007)

Ce potentiel a été évalué pour tous les bassins français à l'occasion des SDAGE dans un ensemble d'études datées de 2007. C'est la seule référence disponible à cette échelle de travail et dont les modalités de calcul avaient été fixées au niveau national. En particulier les ratios de puissance et de productible ont été normalisés sur la base de l'expertise nationale[2].

Rappelons qu'il s'agit d'un « exercice de style » dans lequel on pose l'hypothèse que tous les débits de tous les cours d'eau pourraient être turbinés en exploitant le dénivelé de ces cours d'eau. Les valeurs obtenues constituent donc le « plafond théorique » du potentiel. Notons que ce résultat présente aussi un intérêt pour l'hydromorphologie, puisqu'il décrit l'énergie brute qui contribue à façonner le lit des cours d'eau.

Le potentiel dépend de la hauteur de chute. A partir de la grille des points d'altitude (MNT 100m), il a été calculé la pente du cours d'eau et une chute potentiellement exploitable.

Le débit moyen annuel qui détermine le productible, avait été évalué en 2007 sur la base des débits spécifiques (L/s/km²) approchés. Il est probablement en baisse tendancielle en raison des changements climatiques mais sans que cette évolution remette en cause les principaux résultats très approximés.

La maille de calcul était très fine puisque 2 522 entités ont fait l'objet d'une évaluation sur le SAGE NRG. Les influences hydrauliques notamment des grands transferts ont été pris en compte. C'est un enjeu significatif sur le SAGE. Les valeurs retenues à l'époque sont les suivantes :

Transfert Canaux

Désignation	NEGATIF prelevement m³/s	POSITIF realimentation m³/s
Lavet		0,2
Noue		0,3
Louge		0,2
Save		1,0
Gimone		0,6
Arrats		0,2
Gers		2,2
Baïse		2,9
Boues		0,4
Canal de la Neste	**7,9**	

[2] P = PUISSANCE du tronçon théorique MW = M x 1,2 x 8 x H/1000 ou 1,2 correspond aux taux d'équipement par rapport au module et 8 un facteur de conversion (9,81x rendement)
Le taux d'équipement de 1,2 maximise la production (on valorise des débits élevés mais qui n'apparaissent que 20% du temps environ en hautes eaux). Autrefois, le taux d'équipement était plutôt de 0.5 car ce qui était recherché était plutôt une production toute l'année adaptée aux besoins de l'usine.

E = PRODUCTIBLE ANNUEL MWh = P x 3500, où 3500 correspond au nombre d'heure de fonctionnement équivalent à pleine puissance.

Remarque : En ce qui concerne la haute montagne, le transfert de Cap de long était valorisé à 1,32 m³/s soit 42 Mm³/an environ, valeur qui s'avère aujourd'hui supérieure aux éléments mobilisés dans l'état des lieux du SAGE NRG (25 Mm³).

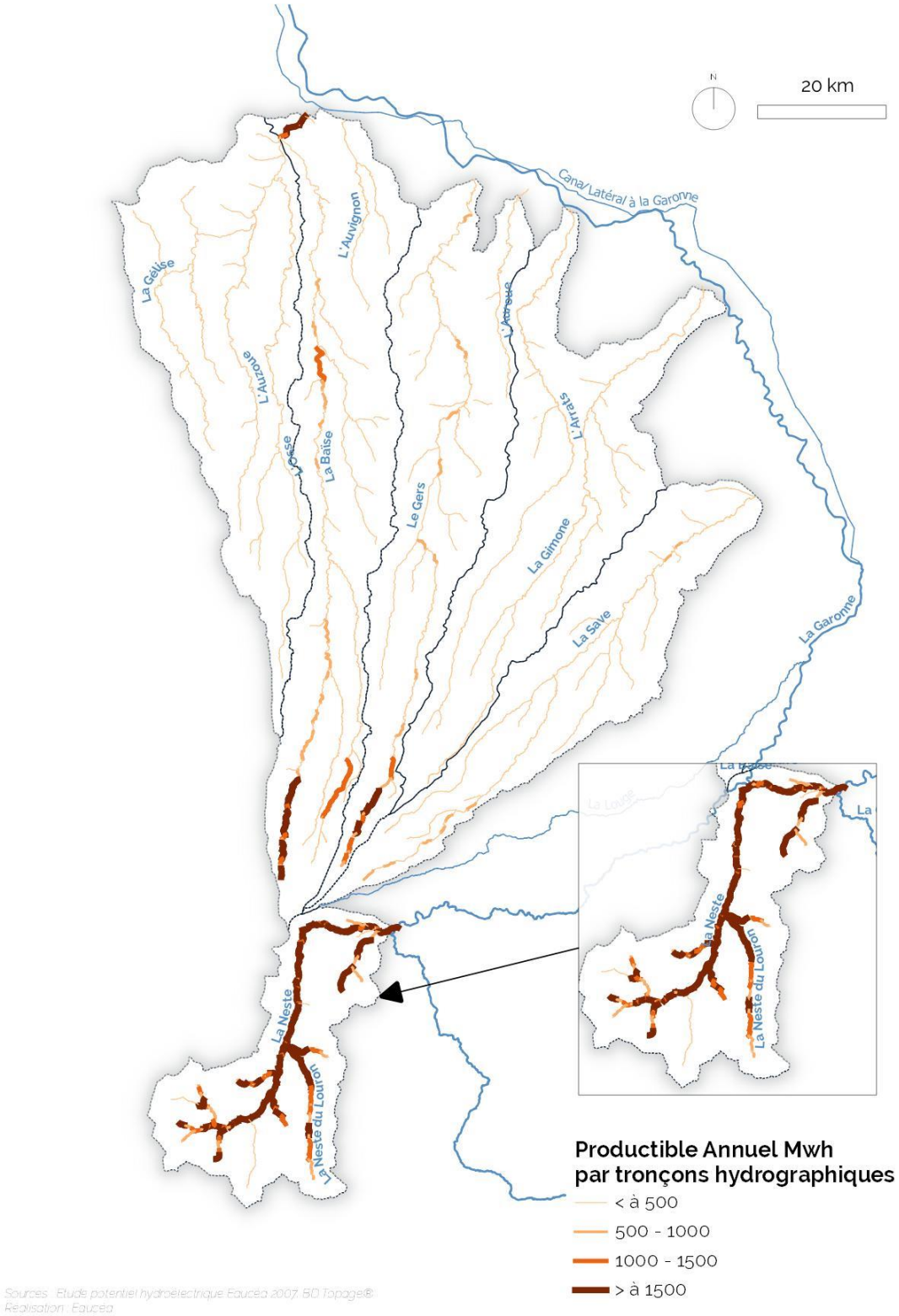


Figure 5 : Carte du productible annuel MWh par tronçons hydrographiques (source : étude du potentiel hydroélectrique Eaucea 2007)

Commission géographique	Cumul du productible pontentiel brut moyen annuel (GWh)
Baïse - Auvignon	92
Gers - Auroue	54
Gimone - Arrats	19
Neste	378
Save	29
Osse Gélise Auzoue	14
Total SAGE NRG	586

Figure 6 : Carte et tableau évaluant le productible annuel théorique du SAGE NRG

En bilan sur le SAGE Neste, la valeur du productible annuel théorique serait de 586 GWh à comparer au productible réellement réalisé soit 520 GWh.

Cette proximité des résultats s'explique par la méthode qui a été utilisée dans le cadre du SDAGE. Le potentiel brut étudié était limité à des aménagements fonctionnant au fil de l'eau qui sont moins performants que les barrages réservoirs. En effet, les réservoirs du type de ceux installés en montagne peuvent valoriser la quasi-totalité des débits entrants alors que le fil de l'eau est limité à un peu moins de la moitié de ces volumes ; par exemple les petites crues ne sont pas exploitables au fil de l'eau alors qu'elles peuvent être stockées dans un réservoir.

Potentiel d'amélioration des ouvrages hydroélectriques existants

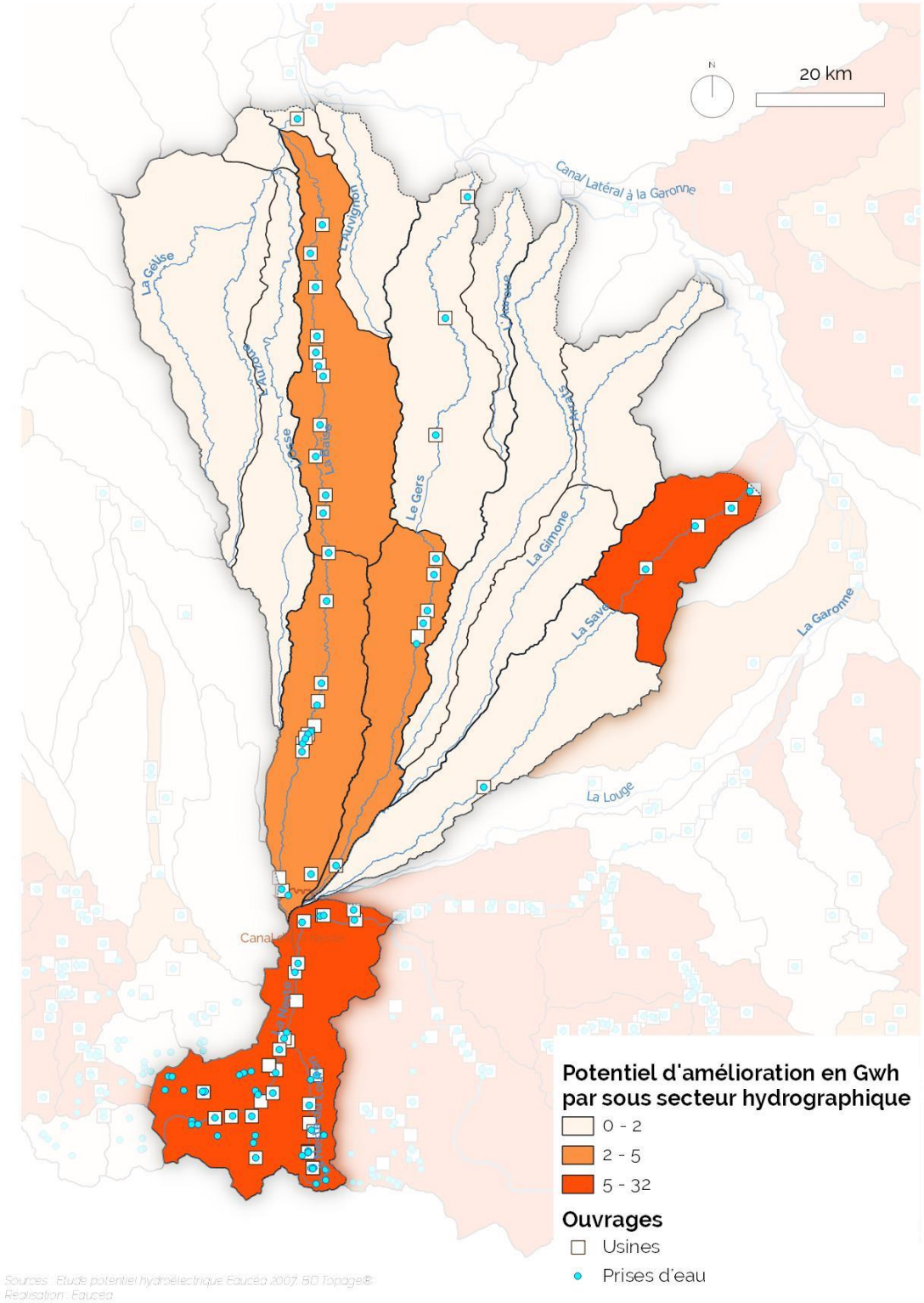


Figure 7 : Carte du potentiel d'amélioration en GWh par sous-secteur hydrographique (source : étude du potentiel hydroélectrique Eaucea 2007)

En 2007, une comparaison avait été établie entre les productibles déclarés par les producteurs et le productible théorique. Lorsque des écarts significatifs étaient observés, ils étaient considérés comme significatifs d'un gisement potentiel mobilisable sous réserve de travaux d'optimisation. Les résultats de cette approche sont sans doute critiquables compte tenu de la simplicité de l'analyse, mais ils rappellent l'importance du principe d'optimisation qui permet de produire plus d'énergie décarbonée avec des effets environnementaux plus limités qu'un projet neuf.

La méthode utilisée a donc été de comparer la production de chacune des usines du bassin avec le résultat du calcul de productible théorique (fonctionnement à 1,2 fois le module pendant 3 500 heures, équivalent au turbinage de 48% du module). Une production réelle inférieure à cette référence suggère un potentiel d'amélioration qui est calculé par différence.

La comparaison au ratio de référence a du sens pour les usines au fil de l'eau et permet un premier traitement des usines manifestement éloignées de leur optimum du site et les autres. Cette analyse reste cependant sommaire et ne peut se substituer à un diagnostic au cas par cas. Nous n'avons pas retenu les usines qui se partagent un même seuil (et donc la même ressource), les usines turbinant le débit réservé, ni celles qui se remplissent par pompage.

Le potentiel ainsi estimé s'élève à 61 GWh ce qui représente environ 12% de la production actuelle connue. Cette marge de progrès (référence 2007) doit être confirmée par une analyse de détail des situations identifiées (problème d'estimation de module, de coefficient de chute, etc.).

Sous Secteur hydrographique	Nom	Potentiel d'amélioration (GWh)
O01	La Neste	32
O25	La Save du confluent de l'Aussoue au confluent de la Garonne	15
O62	Le Gers de sa source au confluent du Sousson (inclus)	5
O65	La Baïse de sa source au confluent de la petite Baïse (incluse)	4
O66	La grande Baïse du confluent de la petite Baïse au confluent de la Gélise	3
O69	La Garonne du confluent de la Gélise (incluse depuis le confluent de l'Osse) au confluent du Lot	2
O63	Le Gers du confluent du Sousson au confluent de la Garonne	0
O24	La Save de sa source au confluent de l'Aussoue (inclus)	0
O27	La Gimone de sa source au confluent de la Marcaoue (incluse)	0
O28	La Gimone du confluent de la Marcaoue au confluent de la Garonne	0
O60	La Garonne du confluent du Tarn au confluent de l'Arrats (inclus)	0
O61	La Garonne du confluent de l'Arrats au confluent du Gers	0
O64	La Garonne du confluent du Gers au confluent de la Baïse	0
O67	La Gélise de sa source au confluent de l'Osse	0
O68	L'Osse	0
Total	SAGE NRG	61

Figure 8 : Tableau du potentiel d'amélioration par sous-secteurs hydrographiques

Potentiel des seuils en rivières à expertiser

Les seuils existants ont le plus souvent pour origine une exploitation de la force motrice de l'eau par des moulins et beaucoup sont tombés en désuétude. Certains sont nécessaires à la navigation ou au maintien de niveau d'eau compatible avec l'installation d'une prise d'eau ou d'une zone humide et d'autres constituent un élément de patrimoine architectural.

Ces ouvrages constituent des obstacles physiques à l'écoulement naturel des eaux et des sédiments et peuvent être des obstacles à la continuité écologique. L'état des lieux du SAGE les a présentés sur la base du ROE qui recense 1766 ouvrages.

DEFINITION DU REFERENTIEL DES OBSTACLES A L'ECOULEMENT (ROE)

Tout ouvrage lié à l'eau qui est à l'origine d'une modification de l'écoulement des eaux de surface (dans les talwegs, lits mineurs et majeurs de cours d'eau et zones de submersion marine). Seuls les obstacles artificiels (provenant de l'activité humaine) sont pris en compte. (source : SANDRE).

Cette donnée est filtrée par :

- La hauteur de chute. Nous pouvons en effet considérer que c'est un indicateur pertinent pour préqualifier le potentiel énergétique ;
- L'usage, pour désélectionner les ouvrages déjà équipés pour l'hydroélectricité.

Le résultat est une liste de 183 ouvrages. La carte ci-après identifie ces sites

Bassin	Hauteur de Chute	Usage	Nombre
Baïse - Auvignon	**De 3m à inférieure à 5m**	Industrie	1
		Transports et soutien de navigation	1
		(inconnu)	39
	De 5m à inférieure à 10m	(inconnu)	28
	Supérieure ou égale à 10m	(inconnu)	1
Total Baïse - Auvignon			**70**
Gers - Auroue	**De 3m à inférieure à 5m**	(inconnu)	10
Total Gers - Auroue			**10**
Gimone - Arrats	**De 3m à inférieure à 5m**	(inconnu)	24
Total Gimone - Arrats			**24**
Neste	**De 3m à inférieure à 5m**	Agriculture (irrigation, abreuvage)	1
		(inconnu)	5
	De 5m à inférieure à 10m	(inconnu)	5
	Supérieure ou égale à 10m	(inconnu)	1
Total Neste			**12**
Osse - Gélise - Auzoue	**De 3m à inférieure à 5m**	(inconnu)	21
	De 5m à inférieure à 10m	Alimentation en eau potable	1
		(inconnu)	10
	Supérieure ou égale à 10m	(inconnu)	1
Total Osse - Gélise - Auzoue			**33**
Save	**De 3m à inférieure à 5m**	Agriculture (irrigation, abreuvage)	1
		(inconnu)	33
Total Save			**34**
Total général			**183**

Figure 9 : Tableau du nombre de seuils par commission géographique et par usage

Le dernier filtre serait un diagnostic sur le gisement hydrologique, c'est-à-dire le débit pouvant être raisonnablement turbiné. Il ne paraît pas opportun de porter ce diagnostic a priori dans le cadre de cette évaluation, mais l'on peut rappeler que pour ces hauteurs de chute, le productible espéré reste modeste sur ces cours d'eau.

Par exemple, pour un seuil de 3 m situé sur le Gers à proximité de Montestruc le module étant de 3,5 m³/s, un aménagement type aurait une puissance de 150 kW environ et une production annuelle de 500 MWh environ.

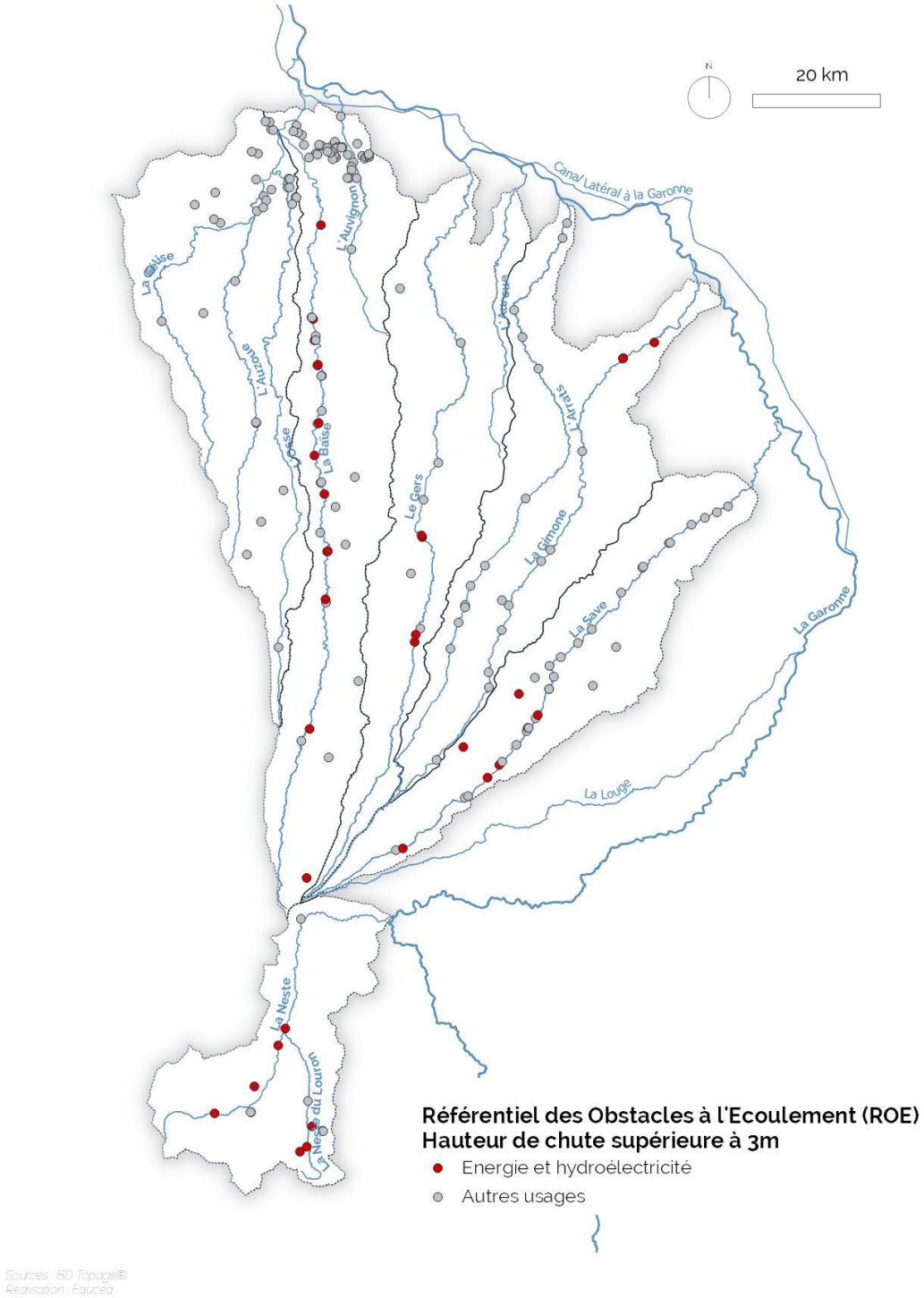


Figure 10 : Carte de la hauteur des seuils de franchissement sur les cours d'eau (source : ROE)

Potentiel des ouvrages de piémont

La maîtrise des débits sortants et des hauteurs de digue souvent conséquentes rendent intéressant l'expertise du potentiel de ces sites prioritairement gérés pour le soutien des débits. Dans cette analyse, le volume utile en tant que tel ne présente pas d'intérêt puisqu'il n'est pas question de l'exploiter au service de la production d'énergie. La production d'énergie, bien qu'accessoire pourrait devenir un service complémentaire apporté par ces ouvrages. Elle sera donc maximale sur la période estivale.

L'hypothèse centrale est que ces ouvrages peuvent turbiner le débit réservé et que leur capacité de régulation permet de lisser des apports fluctuants, sous réserve de maintenir un certain creux pendant la période hivernale et printanière. Sur cette base nous pouvons considérer qu'au moins 90% du module transitant par ces ouvrages (apports naturels et du canal de la Neste hors débit de crue) pourraient être valorisés. Les 10% restant correspondrait à des déversements ou des volumes non turbinables. Rappelons que ces ouvrages souvent en tête de bassin versant dépendent largement des transferts depuis la Neste pour leur remplissage.

Les données utiles pour l'analyse sont :

- La hauteur de la digue. Pour la chute exploitable nous retiendrons l'hypothèse d'un turbinage en pied d'ouvrage et d'une fluctuation du niveau de l'eau lié au cycle stockage et déstockage ; une valeur moyenne de 80% de cette hauteur a été retenue en première hypothèse (entre 100% de la hauteur quand le barrage est plein et 60% en fin de cycle).
- Le débit en sortie de barrage mesuré par la CACG calculé sur la période novembre 2012/décembre 2021 affecté d'un coefficient 90% ;
- Le débit de pointe turbiné est issu de l'analyse du cycle de gestion de ces barrages. Il est compris entre le débit réservé et un débit élevé correspondant aux trois mois de pointe soit 200% du module en moyenne.

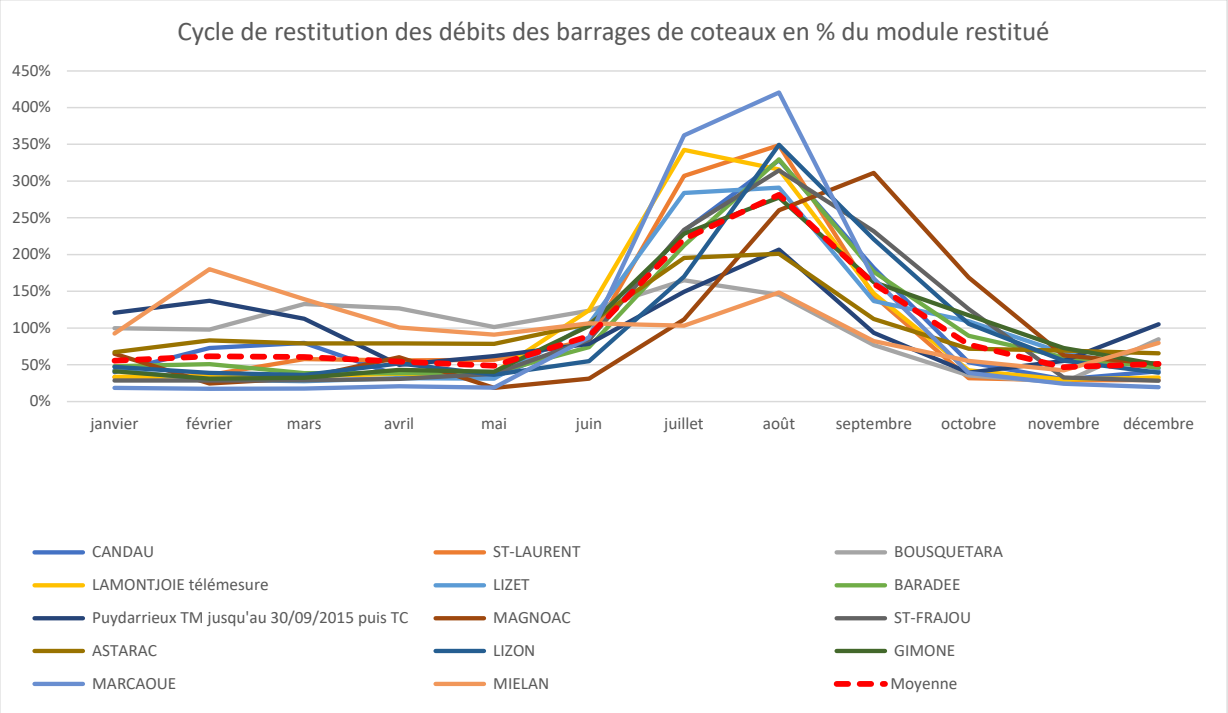
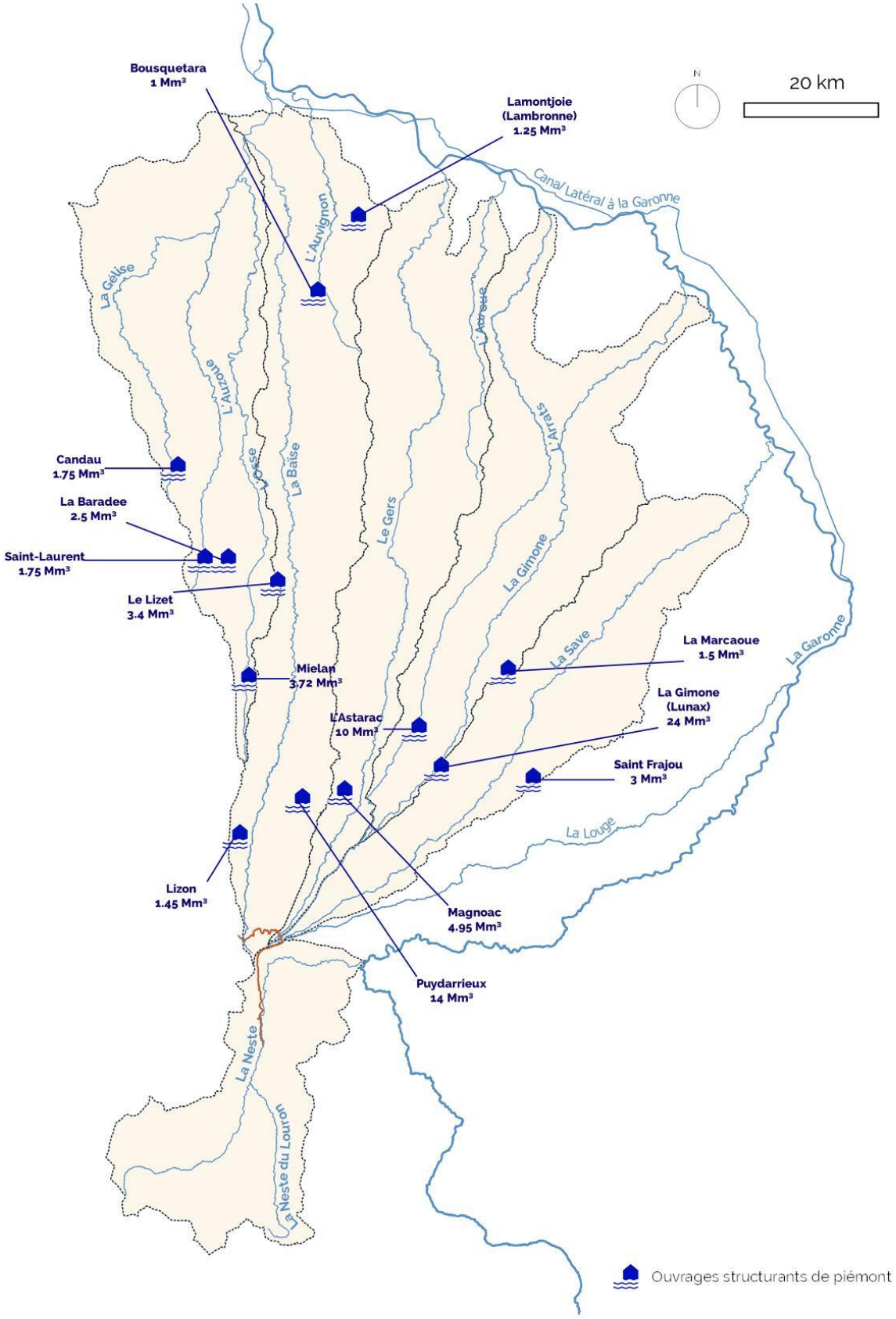


Figure 11 : Cycle hydrologique des barrages de coteaux (débit sortant)



Sources : BD Topage, AEAG - Réalisation : Eauscea

Figure 12 : Carte des principaux ouvrages structurant pour l'analyse du productible

Commission géographique	Ouvrages structurants de piémont	Hauteur*	Module	Puissance kW	Productible en MWh	Puissance kW	Productible en MWh
Baise-Auvignon	BOUSQUETARA	9.75	0.03			336	2 944
	CASTAGNERE	8.75					
	LAMONTJOIE (Lambronne)	9.5	0.03	4	32		
	LIZON	18	0.03	8	70		
	PUYDARRIEUX	24	1.06	324	2 842		
	Sous total			*336*	*2 944*		
Gers-Auroue	MAGNOAC	18.8	0.13	31	269	31	269
	Sous total			*31*	*269*		
Gimone - Arrats	LA GIMONE (LUNAX)	29	0.47	174	1 525	289	2 531
	LA MARCAOUE	16	0.03	6	50		
	L'ASTARAC	16	0.53	109	957		
	SAINT-CRICQ	16					
	Sous total			*289*	*2 531*		
Osse-Gélise-Auzoue	CANDAU	8.5	0.03	4	31	81	713
	LA BARADEE	11.1	0.05	8	68		
	LE LIZET	14	0.21	37	326		
	MIELAN	15	0.13	26	224		
	SAINT LAURENT	10.5	0.05	7	63		
	Sous total			*81*	*713*		
Save	ST FRAJOU	17.2	0.03	7	60	7	60
	Sous total			*7*	*60*		
	Total général			744	6 517	744	6 517

**** Données Agence de l'eau Adour Garonne : Hauteur du barrage au-dessus du terrain naturel (exprimé en mètre)***

Figure 13 : Potentiel de Puissance et productible hydroélectrique estimés pour les barrages structurants de piedmont

Le coefficient de 1,3 pour déterminer les puissances provient du calcul ci-dessous :

Module x 200% (débit max turbiné) * 8 (9.8 * coefficient de rendement) * (0.8 pondération de la chute x H) =1.28.

Ces résultats, modestes en production, sont sans doute maximisant comme le montre le retour d'expérience de l'équipement de Puydarrieux.

Retour d'expérience :

Le barrage de Puydarrieux qui présente le plus gros potentiel, est équipé depuis 2015. La centrale a ensuite subi deux avaries ayant entrainé son arrêt total de production en février 2019 et a été remise en service à la fin du mois de juillet 2023.

Elle est déclarée pour une Puissance Maximale Brute de 315 kW. La puissance électrique observée depuis sa remise en service (1 seul mois d'exploitation) atteint 260 kW (le lac n'était pas plein). La centrale ne turbine pas tous les lâchers du lac. Elle est théoriquement dimensionnée pour évoluer entre 256 l/s (débit réservé) et 1800 l/s. Cependant elle est en mesure de prendre plus de débit (jusqu'à 2000 l/s). Dans de meilleures conditions de fonctionnement, une puissance électrique de l'ordre de 290-300 kW pourrait être observée.

Le productible estimé et qui était observé avant les avaries de début 2019 est de l'ordre de 1,1 GWh.

Les collinaires

Nous pouvons considérer que ces aménagements très nombreux sont avec les techniques actuelles sans intérêt réel pour l'hydroélectricité en raison des faibles débits transitant par ces ouvrages souvent d'une hauteur modeste.

Le bassin versant cum, en biulé intercepté par ces plus de 3000 ouvrages de coteaux n'est pas connu précisément mais des hypothèses réalistes conduiraient à environ 860 km² (1ha /1 000 m³ de stock). Le flux en débit serait donc de l'ordre de 130 Mm³/an. Ce volume turbiné sous 5 m de chute (hauteur supposée pour un collinaire type) représenterait à peine 165 kW de puissance à répartir en 3000 ouvrages !

Les stations de transfert d'énergie par pompage

« Une station de transfert d'énergie par pompage ou STEP fonctionne en circuit fermé. Son principe marche sur une double retenue d'eau : l'eau du bassin supérieur situé en amont est turbinée aux heures de très forte consommation puis recueillie dans une retenue en aval. La retenue supérieure constitue donc une retenue d'énergie. » Source EDF.

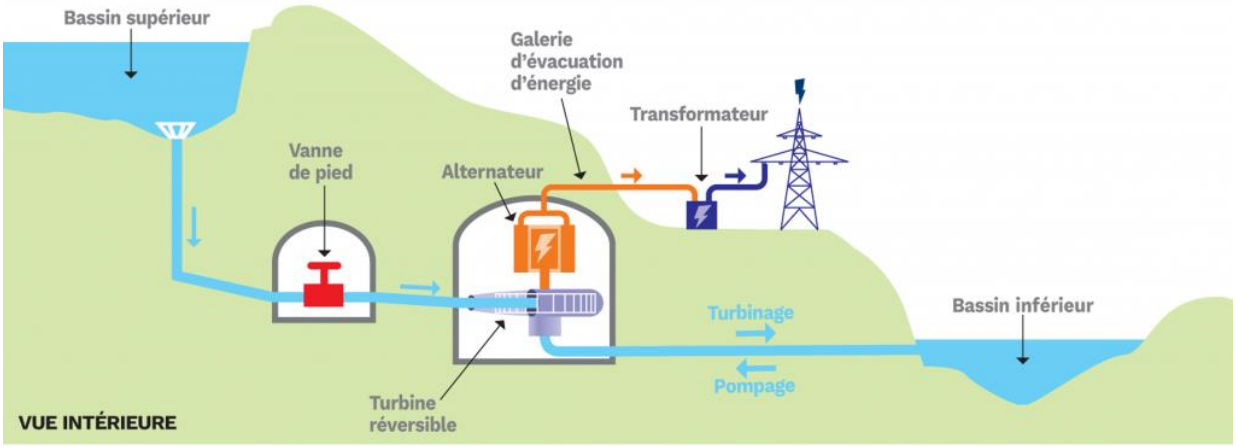


Figure 14 Schéma de process permet de voir en coupe les différents éléments d'une station de transfert d'énergie par pompage ou STEP. Source https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z

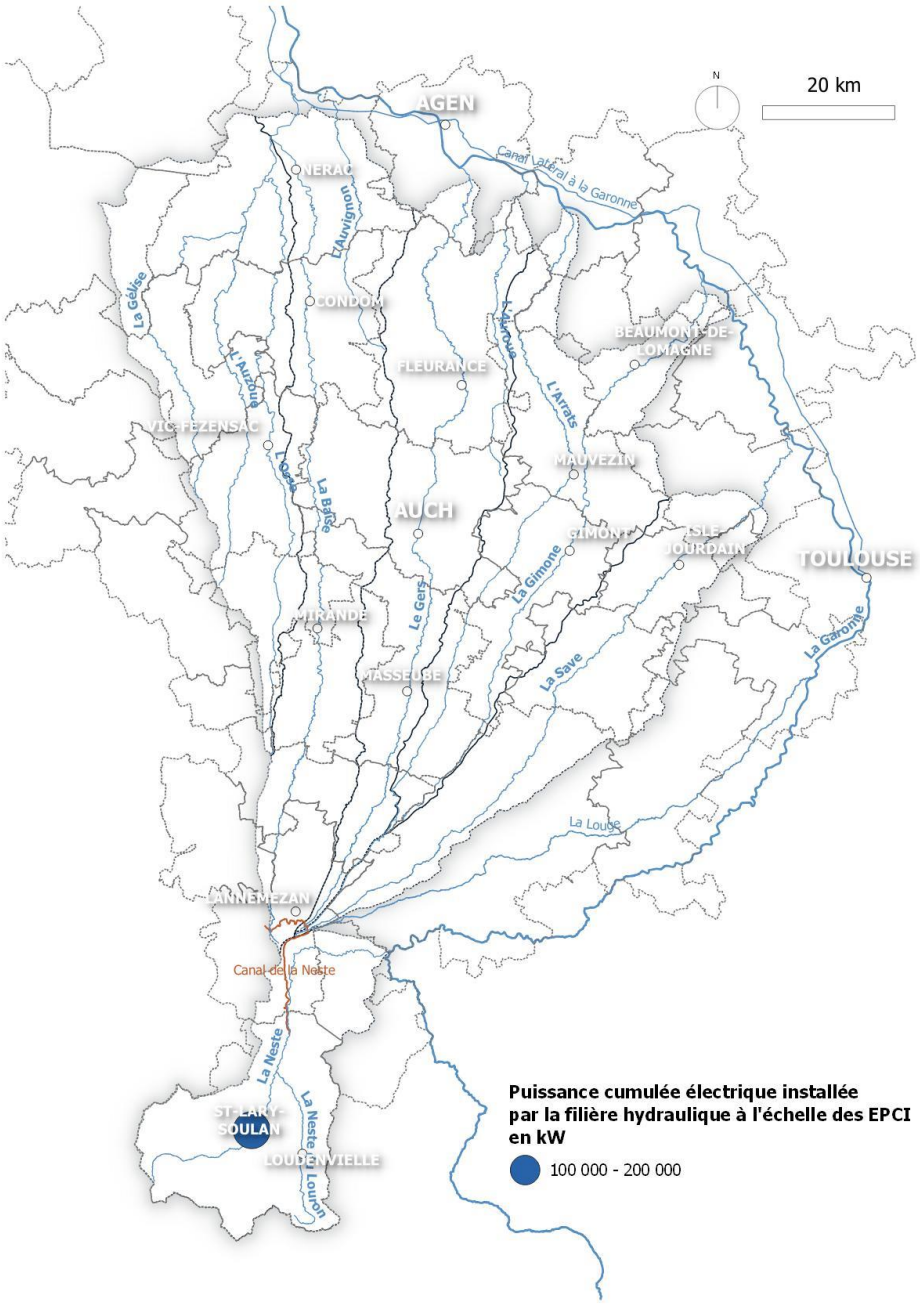
Ces aménagements sont intéressants car ils peuvent accumuler de l'énergie et la restituer au moment utile pour le réseau électrique. En revanche en bilan énergétique, ils ne produisent pas d'énergie. En effet, la consommation d'énergie pour le pompage l'eau pour remplir le réservoir amont est supérieure à la production (perte liée au rendement du système). C'est un peu le principe de l'usine de Pragnères ou Cap de Long jouerait ce rôle d'accumulateur et le gave de Pau celui de source d'eau majoritaire.

Les secteurs de montagne sont favorables à ce type d'installation, mais aucun projet ne semble impliquer le bassin de la Neste.

L'accélération de la production d'énergies renouvelables

La loi pour l'accélération de la production d'énergies renouvelables prévoit de mettre en place des zones d'accélération sur le territoire. Pour ce faire, l'Etat met à disposition des communes et du public un outil cartographique permettant d'obtenir des informations sur le développement des énergies renouvelables sur le territoire.

En application de l'article 15 de la loi « Accélération de la Production d'Energies Renouvelables » publiée le 10 mars 2023, le ministère de la Transition énergétique a mis en place un portail afin de mettre à disposition des collectivités les données relatives aux énergies renouvelables sur leur territoire ainsi qu'au potentiel de développement de telles EnR. Ce portail doit également permettre aux communes la définition de leurs zones d'accélération. Une version bêta » est d'ores et déjà disponible. Concernant la filière hydraulique, seule la Neste est concernée :



Sources : BD Topage, IGN - Réalisation : Eauceá

Synthèse

Le tableau ci-dessous résume par commissions géographiques l'ensemble des données analysées en 2007/2010 pour le SDAGE puis en 2023 spécifiquement pour le SAGE NRG. Les unités ont été adaptées aux valeurs rencontrées et homogénéisées.

	Potentiel brut calculé selon méthodologie nationale SDAGE 2007	SAGE 2022			Potentiel d'amélioration des ouvrages hydroélectriques existants SDAGE 2007	Seuils en rivière à expertiser SAGE 2023	Potentiel ouvrages de piédmont SAGE 2023	
Commission géographique	Productible moyen annuel (MWh)	Nombre d'installations	Puissance maximum (kilowatt)	Productible moyen annuel (MWh)	Productible moyen annuel (MWh)	Nombre	Puissance maximum (kilowatt)	Productible moyen annuel (MWh)
Baïse - Auvignon	92 087	21	3 000	13 000	7 501	70	336	2 944
Gers - Auroue	54 386	6	1 000	5 000	4 543	10	31	269
Gimone - Arrats	18 645	1			-	24	289	2 531
Neste	377 873	27	195 000	501 000	32 496	12		
Save	29 000	4		200	14 537	34	7	60
Osse Gélise Auzoue	14 000	-			1 883	33	81	713
Total SAGE NRG	585 992	59	199 000	520 000	60 959	183	744	6 517

Figure 15 : Tableau bilan du potentiel hydroélectrique

En conclusion

Les résultats précédents sont à prendre comme des ordres de grandeurs car des variantes dans les partis pris d'aménagement sont possibles pour chaque site. Nous retiendrons que la grande hydroélectricité du bassin de la Neste représente et représentera toujours la part dominante de la production hydraulique. Il est possible que Les concessionaires de l'Etat (SHEM, EDF, …) puissent améliorer les performances de ces outils industriels à la faveur de nouveaux investissements. Cela dépend aussi du contexte administratif des concessions qui s'avère assez complexe et sans doute en mutation.

Il faut aussi attirer l'attention sur les conséquences d'une exploitation multiusage des retenues de montagne notament pour le soutien des débits ou pour le tourisme. En général cela n'a pas ou peu d'impact sur le volume de la production (le productible) mais peut avoir des effets pénalisants pour la régulation du réseau électrique régional ou national. Corrélativement, cela impacte la rentabilité économique de ces ouvrages stratégiques pour le territoire du SAGE.

S'il semble normal que le territoire contribue aux productions d'énergies renouvelables décarbonnées, le SAGE doit veiller à l'insertion environnementale de ces projets notamment du point de vue de la ressource en eau et de la biodiversité.

Les changements climatiques auront des répercussions très nombreuses sur les questions énergétiques tant vis-à-vis de la demande (climatisation, chauffage, transport) que des ressources. L'hydroélectricté sera largement concernée par les effets de réduction de la ressource en eau mais aussi par les transformations du régime hydrologique. Par ricochet, les stocks hydroélectriques seront eux aussi soumis à des attentes renforcées vis-à-vis de la régulation des débits.

La biodiversité aquatique, est un enjeu étroitement associé aux modalités de gestion de cette production : les débits réservés, les fluctuations liées aux éclusées, les incidences sédimentaires, le marnage des plans d'eau, les ouvrages de continuité écologique constituent un ensemble de préocupations qui interfèrent sur la production.

D'autres énergies renouvelables sont aussi potentiellement concernées par les décisions du SAGE comme la biomasse ou le photovoltaïque. Elles ne sont pas formellement visées comme un enjeu des SAGE, mais des questions ont émergé lors des concertations concernant l'exploitation forestière des ripisylves et le photovoltaïque flottant.