



EDITION 2023

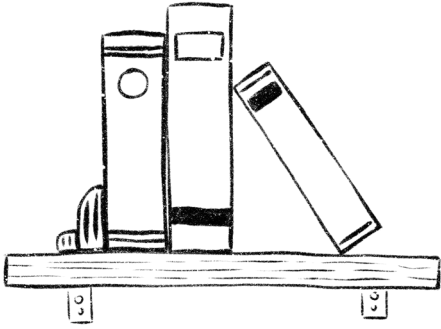
Combien d'eau consomment les centrales nucléaires ?

Observatoire par site

La **Société française d'énergie nucléaire** (Sfen) est une association scientifique et technique à but non lucratif, qui rassemble 4 000 professionnels, ingénieurs, techniciens, chimistes, médecins, professeurs, et étudiants, des sites industriels et des organismes de recherche nucléaire français. Sa mission est le développement des connaissances de toutes celles et ceux qui s'intéressent à l'énergie nucléaire.

Avertissement au lecteur

Nous attirons l'attention sur le fait que cette analyse se base sur des données brutes de prélèvements et de consommations d'eau des centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) ne pouvant être directement comparées entre elles sans une analyse approfondie des conditions d'exploitation des sites. En effet, les volumes mensuels comme annuels peuvent varier en fonction de la production réelle d'un site, des événements d'exploitation, des maintenances ou travaux programmés ou encore des conditions environnementales. La bonne compréhension des données nécessite une analyse multifactorielle de l'ensemble de ces paramètres pour les 18 CNPE du parc EDF. Par ailleurs, les prélèvements pour le refroidissement des CNPE sont suivis depuis leur mise en service permettant de détecter toute anomalie.



Sommaire

P.6



- | Editorial
- | Avant propos
- | Résumé pour décideurs
- | Méthodologie
- | Synthèse des résultats

P.29



Bilan national

P.31



CNPE* en bord de cours d'eau - cycle fermé

- | Cattenom
- | Chooz
- | Nogent
- | Golfech
- | Cruas
- | Civaux
- | Chinon
- | Dampierre
- | Belleville
- | St Laurent
- | Bilan

P.44



CNPE en cycle ouvert au bord du Rhône

- | Tricastin
- | Bugey
- | St Alban
- | Bilan

P.50



CNPE en bord de cours d'eau - Bilan

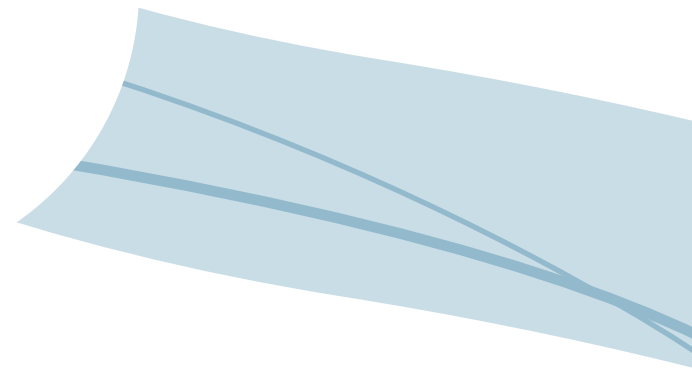
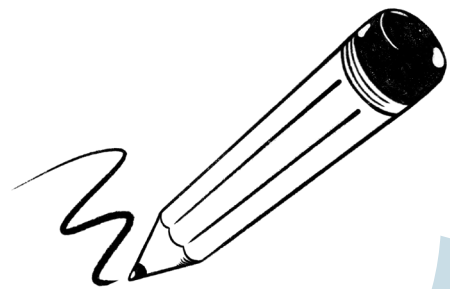
P.52



CNPE en bord de mer (y compris CNPE de Blayais)

- | Blayais
- | Gravelines
- | Paluel
- | Flamanville
- | Penly
- | Bilan

* CNPE : Centre Nucléaire de Production d'Électricité



Editorial

Avec les perspectives de sécheresse annoncées pour l'été 2023, la question de l'utilisation d'eau des centrales nucléaires est dans le débat public. L'eau est un élément essentiel à l'équilibre des écosystèmes. Son utilisation est aussi indispensable à la pérennité des sociétés humaines que ce soit pour la consommation directe d'eau potable, l'agriculture, les activités manufacturières et la production d'électricité. Il faut donc mettre en balance l'eau consommée par une partie des réacteurs nucléaires (ceux en circuit dit « fermé ») avec les services rendus par l'électricité.

Afin de nourrir et éclairer ces débats, la Sfen publie aujourd'hui pour la première fois une importante étude sur la consommation d'eau des centrales nucléaires rapportée au débit des cours d'eau où elles sont implantées. Ceci est une première approche, sachant que des analyses plus fines peuvent être menées. Le premier objet de cette étude est de **permettre aux personnes intéressées un accès facile et rapide à une base de données construite sur des sources consolidées et publiques**. Il s'agit aussi de clarifier les différentes notions qui peuvent prêter à confusion, comme la distinction entre prélèvement et consommation ou celle entre circuit ouvert et circuit fermé.

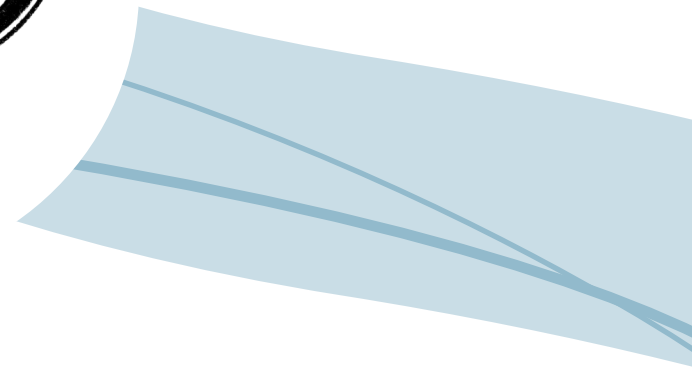
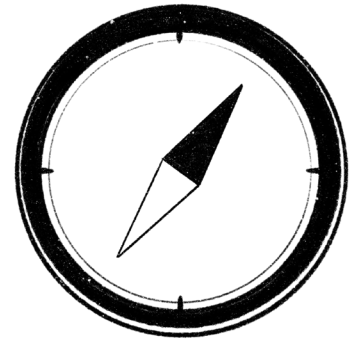
Cette étude permet aussi de **visualiser la consommation d'eau des centrales nucléaires, à la bonne maille, qui est la maille locale**. C'est en effet au niveau des bassins versants que se posent les questions d'impact sur les écosystèmes ainsi que celles de la répartition de l'eau entre les différents usages. **La Sfen mesure ainsi l'empreinte de chaque centrale**, définie ici, en alignement avec le dernier rapport de l'Agence du Rhône¹, comme le pourcentage que représente sa consommation d'eau par rapport au débit du cours d'eau.

Ce document est une première édition et n'a pas la prétention de contribuer à la littérature académique sur le sujet. Il s'adresse à un public large.

Nous serons attentifs à vos questions et commentaires pour nourrir nos futurs travaux, à l'adresse de contact sfen@sfen.org. Je tiens à remercier Ilyas Hanine, Responsable des études de la Sfen, pour ce travail, ainsi que les membres de notre section technique 4, « Sûreté et Environnement ».

Valerie Faudon,
Délégue Générale de la Sfen

¹ Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse « Etude de l'hydrologie du fleuve Rhône sous changement climatique » Mars 2023 p 31 Mission 3



Avant propos

Le 6ème rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) atteste que le réchauffement climatique devrait entraîner des vagues de chaleur et des sécheresses de plus en plus fréquentes. Au niveau national, selon le BRGM², un été sur trois entre 2020 et 2050 connaîtra une sécheresse comparable à celle de 2003, le plus forte jamais enregistrée, puis un été sur deux entre 2050 et 2080, et deux années sur trois entre 2080 et 2100³.

En France métropolitaine, l'été 2022 s'est révélé⁴ juste en dessous de l'été 2003, en termes d'intensité et durées des épisodes caniculaires. L'été a connu pas moins de trois épisodes caniculaires (6 jours en juin, 14 jours en juillet et 14 jours en août) avec une moyenne de température de +2,3 degrés par rapport à la normale et des pointes entre + 4 et 5 degrés. Dans le même temps, les débits des cours d'eau en France ont été proches des minimas historiques ou entre les minimas historiques et le dernier décile. La thermie a également été exceptionnelle puisque les températures d'eau maximales historiques ont été dépassées sur un ou plusieurs jours. Enfin le mois de juillet 2022 a été le mois de juillet le plus sec jamais enregistré en France avec un déficit de pluviométrie de 85%.

Le Gouvernement a publié en avril dernier un « Plan d'action pour une gestion résiliente et concertée de l'eau », baptisé « plan Eau ». Ce plan engage l'ensemble des acteurs privés et publics concernés pour organiser une sobriété d'usage, optimiser la disponibilité de la ressource, et préserver la qualité de l'eau et les écosystèmes associés⁵. La première mesure de ce plan appelle toutes les filières économiques à établir « un plan de sobriété pour contribuer à l'atteinte de ces objectifs ».

Pour produire de l'électricité, les réacteurs nucléaires prélèvent de l'eau dans l'environnement (mer, cours d'eau : fleuve et rivière) pour leur refroidissement. L'eau prélevée, après avoir été utilisée pour refroidir les installations, est restituée en quasi-totalité (97%) à l'environnement, sous une réglementation et des contrôles stricts. La différence, ou prélèvement net, concerne la portion l'eau évaporée dans les aéroréfrigérants, qui équipent certains réacteurs en bord de cours d'eau. Elle est comptabilisée dans les consommations d'eau douce nationales.

² BRGM, Étude de la CCR et de Météo France 2018 citée par Cour des comptes « Sols argileux et catastrophes naturelles » (février 2022)

³ Sénat, « Pour une approche systémique de l'adaptation des centrales nucléaires au changement climatique » (Rapport d'information du 21 mars 2023)

⁴ Météo France « Changement climatique : l'été 2022 et ses extrêmes météorologiques pourraient être la norme après 2050 » 30/08/2022

⁵ www.ecologie.gouv.fr/plan-action-gestion-resiliente-et-concertee-eau

La question de la consommation d'eau des réacteurs nucléaires a pris au printemps 2023 une place importante dans le débat public avec deux angles distincts : **l'enjeu national de l'adaptation et de la résilience de notre système électrique au changement climatique**, et celui, local, **de la répartition de l'eau entre les différents usagers**.

L'adaptation des centrales au changement climatique a fait l'objet de plusieurs publications début 2023, dont le rapport d'information de la commission des finances du Sénat⁶, puis un rapport de la Cour des comptes⁷. L'enjeu d'adaptation est d'autant plus complexe que le GIEC n'accorde dans ses conclusions qu'un niveau de confiance moyen aux projections d'hydrologie pour la plaque d'Europe Centrale et de l'Ouest⁸. L'ASN a confirmé en audition qu'il existe « peu d'études fiables sur l'évolution du débit des cours d'eau sur plusieurs décennies ». Elle a déjà prévenu que la question de l'adaptation sera un des éléments clefs du cinquième réexamen de sûreté des réacteurs nucléaires pour l'autorisation d'exploitation au-delà de 50 ans. EDF dispose déjà d'un projet d'adaptation pour le parc en exploitation (ADAPT). Il s'agit d'explorer des trajectoires climatiques et hydrologiques « site par site » puis d'étudier les conséquences de tels scénarios. La Cour des comptes note dans son rapport que les services d'EDF, en particulier le service de climatologie de la R&D

ont « *connu une montée en puissance et un développement de l'expertise en interne* »⁹. Le plan ADAPT inclut aussi des travaux plus prospectifs de veille technologique, en particulier via des visites techniques approfondies sur des sites nucléaires exposés déjà dans le monde à des situations que l'on qualifierait de « caniculaire ou de sécheresse », comme celui de la centrale de Palo Verde, localisée en plein désert de l'Arizona. En ce qui concerne le « nouveau nucléaire », la question de l'adaptation est prise en compte dès la phase de conception. On notera que les deux premières paires d'EPR2 doivent être construites en bord de mer, et n'auront donc pas d'impact sur la consommation d'eau douce.

Ce travail **complète les études en cours sur l'adaptation par un focus spécifique sur la question locale de la répartition des ressources en eau douce**. Il s'intègre dans le cadre de deux objectifs du plan Eau, celui de « *décliner l'objectif territoire par territoire* » et celui de « *mieux piloter la ressource en mesurant mieux les volumes prélevés* ». Il s'agit d'abord, comme pour tous les autres acteurs économiques concernés, de rapporter prélèvements et consommations aux caractéristiques hydro-écologiques de chaque site. Ainsi, chaque bassin versant (espace géographique alimentant un cours d'eau et drainé par lui) sera doté d'un plan d'adaptation

propre et sa déclinaison pour les réacteurs nucléaires sera bien locale¹⁰. Il s'agit aussi de fournir des données fiables sur la situation actuelle, afin de nourrir un débat éclairé et de jeter les bases d'une politique publique efficace. En témoignent les vives discussions qui ont encadré la mise à jour¹¹ de la série de données sur l'estimation de la consommation d'eau douce en France en mars 2023.

⁶ Ibid.

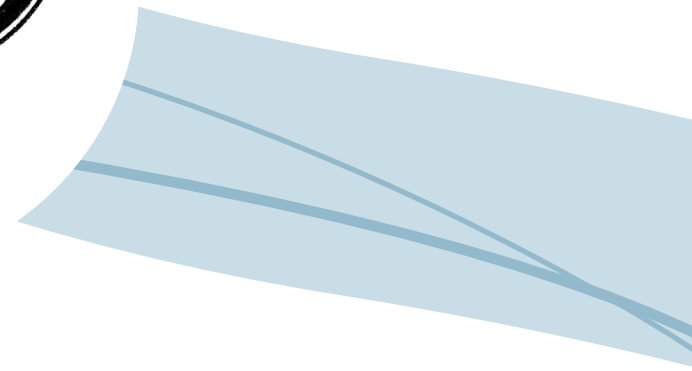
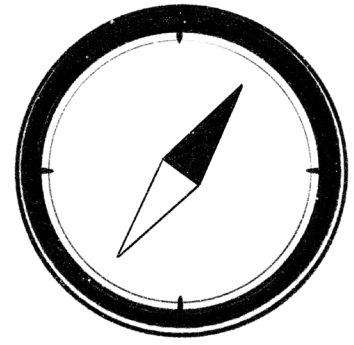
⁷ Cour des comptes, « L'adaptation au changement climatique du parc de réacteurs nucléaires » (mars 2023). On y trouve une estimation des investissements d'adaptation programmés sur la période 2022-2038, avancée à 600 millions d'euros.

⁸ IPCC, Sixth assessment report, Working Group I – The Physical Science Basis, Regional fact sheet - Europe

⁹ Cour, *ibid.* (p.40)

¹⁰ Pour assurer le refroidissement des centrales, les circuits fermés ne seraient pas systématiquement plus avantageux que les circuits ouverts, et inversement.

¹¹ www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/leau-en-france-ressource-et-utilisation-synthese-des-connaissances-en-2021



Résumé pour décideurs

D'un **point de vue méthodologique**, le rapport de la Sfen s'appuie, en plus des sources existantes, sur les déclarations mensuelles de prélèvement et de consommation d'eau des centrales nucléaires (source EDF) ainsi que sur les données de débits des stations hydrométriques les plus proches. Ces données permettent de calculer **l'empreinte des installations**, c'est-à-dire le pourcentage que représente leur consommation d'eau par rapport au débit du cours d'eau.

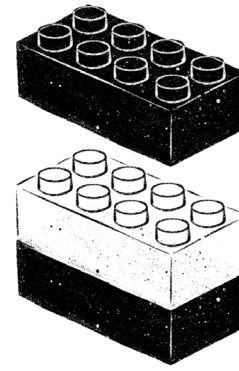
- **Au niveau national** : aujourd'hui 30 réacteurs en France sur 54 fonctionnent avec des aéroréfrigérants (circuit fermé) et consomment de l'eau douce par évaporation (de l'ordre de 1 m³/s par réacteur, à mettre en regard du débit moyen des fleuves). Les variations de consommation sont faibles sur l'année. Les 26 autres réacteurs (circuit ouvert), en bord de mer ou de cours d'eau, ont une consommation d'eau quasi nulle. **Au total, en 2021, 97 % de l'eau douce prélevée par les centrales nucléaires sur les cours d'eau a été restituée au milieu d'origine.** Les 3% restant ont représenté 410 Mm³ d'eau, et représentent aujourd'hui 12% des consommations totales françaises d'eau douce. Toutes choses égales par ailleurs, un

circuit ouvert consomme bien moins d'eau qu'un circuit fermé, mais il prélève plus d'eau dans l'environnement et engendre une augmentation plus importante de température entre l'amont et l'aval. **Il n'existe donc pas un mode de refroidissement à privilégier de façon systématique** : cette décision est multifactorielle et propre à chaque installation.

- **Sur l'année 2021, la consommation moyenne d'un centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) représente 1 % du débit des cours d'eau où il est installé** (avec une médiane à 0,6%). D'une manière générale, les besoins en prélèvement de ces réacteurs sont faibles par rapport aux CNPE en circuit ouvert, avec par exemple 2m³/s sur Civaux. La part de l'eau consommée sur l'eau prélevée (21% en moyenne) varie en fonction des installations, de la production (corrélation forte) et de la période de l'année. Ainsi, sur la période 2018-2021, en été, 20 % de l'eau prélevée est consommée tandis qu'en hiver, 30 % de l'eau prélevée est consommée.

- **La consommation des réacteurs en circuit ouvert au bord du Rhône est très faible en proportion**, par rapport aux deux réacteurs du

Bugey et aux quatre réacteurs de Cruas qui fonctionnent en circuit fermé. Les prélèvements de ces réacteurs en circuit ouvert se montent à 11 milliards de m³ d'eau en 2021 dont **plus de 99 % est restitué au Rhône**. Ces réacteurs sont soumis à une réglementation exigeante concernant leurs rejets thermiques : un retour d'expérience d'EDF sur la canicule 2022, où l'exploitation de certains CNPE a fait l'objet d'une surveillance renforcée, montre une incidence négligeable à la fois en termes de pertes de production et d'effets sur les paramètres physico-chimiques et écologiques du Rhône (et de la Garonne).



Méthodologie

Deux sources d'information ont servi à établir les analyses présentées ici. Les données ont été regroupées dans des tableaux **consultables sur demande**.

Les données CNPE (prélèvements, production d'électricité etc.) proviennent essentiellement des rapports environnementaux annuels relatifs aux installations nucléaires (au titre de l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012). Ces rapports sont fournis sur les sites internet des centrales hébergés sur le site institutionnel d'EDF. Les données de production proviennent d'EDF. La base de données PRIS de l'AIEA sert à compléter les données manquantes le cas échéant.

Les données de débit des cours d'eau sont tirées de la base de données hydrométriques¹². Les stations sont précisées pour chaque CNPE. Les stations hydrométriques ont été choisies en accord avec la réglementation¹³ ou à défaut de données (par exemple sur Ternay pour Saint Alban), la station en amont la plus proche.

Tableau récapitulatif des sources de données des indicateurs présents dans le rapport	
<i>Prélèvement mensuel</i>	Volumes issus des rapports environnementaux. Source : EDF
<i>Consommation mensuelle</i>	Volumes issus des rapports environnementaux ou, à défaut, soustraction des données de prélèvements avec les données de restitution. Source : EDF
<i>Débit cours d'eau</i>	Moyenne mensuelle des débits instantanés mesurés aux stations hydrométriques pertinentes, figurées sur la carte supra. Source : Eaufrance
<i>Production d'électricité mensuelle et annuelle</i>	Source : EDF (ou le cas échéant PRIS, AIEA)
<i>Débit de prélèvement/ consommation/restitution calculé par CNPE</i>	Prélèvement/consommation/restitution mensuel(le) rapporté(e) aux nombres de secondes dans le mois
<i>Empreinte</i>	Débit de consommation du CNPE rapporté au débit du cours d'eau
<i>Coefficient de consommation</i>	Rapport entre la consommation mensuelle d'eau du CNPE et ses prélèvements mensuels

¹² www.hydro.eaufrance.fr/rechercher/entites-hydrometriques

¹³ (BRLi, 2023c) mission 3, p. 67, note de bas de page n°3

REMARQUES

- Les débits des cours d'eau sont moyennés au pas mensuel. Ceci limite la portée des enseignements sur les écosystèmes, notamment les espèces piscicoles, que l'on peut en tirer (pour des études spécifiques¹⁴, on utilise des débits journaliers). Aussi, pour certains CNPE, la station peut se trouver très en amont ou en aval du lieu de prélèvement : c'est ici la résolution spatiale qui est en jeu (sur la référence précédente, cela exclut la possibilité de méthode comme « les micro habitats », p. 86/124). Ces précautions prises, la précision des données que la Sfen met ici en forme constitue un bond en avant par rapport à ce qui existait précédemment et qui était facilement **accessible au grand public et aux décideurs**. La Sfen s'est assurée de disposer de la meilleure mesure possible et de se conformer, le cas échéant, à la réglementation pour la définition des stations hydrométriques.

- Cette étude ne tient compte **que des restitutions liées aux eaux de refroidissement (> 99 % des restitutions)**. Pour l'eau consommée, on néglige les consommations des postes d'eau à usage industriel et à usage domestique (< 1 % des consommations). Les prélèvements en nappe, liés à l'approvisionnement en eau potable ou les puits d'appoint ultime, ne représente qu'une part très faible du bilan en eau¹⁵. Pour cette raison, et parce que le périmètre du présent document reste celui des prélèvements et consommations liés au refroidissement des CNPE, les bilans des

prélèvements en nappe ne sont pas restitués ici. Les données sont consultables dans les rapports environnementaux des CNPE.

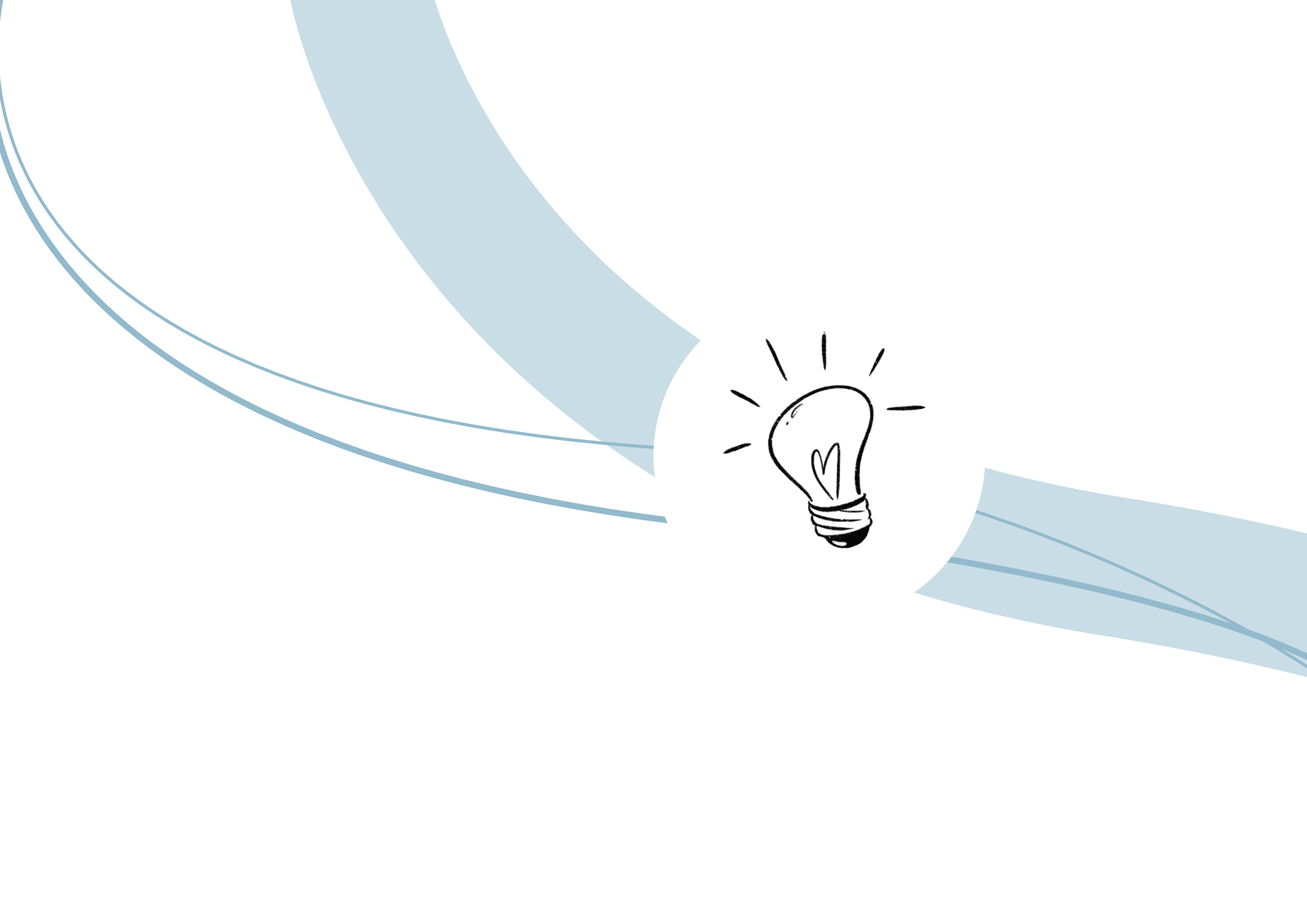
- Dans ce document, l'eau consommée correspond à la différence entre eau prélevée et eau restituée. Par « restituée », il faut comprendre une proximité spatiale et temporelle entre le lieu et l'instant de prélèvement de l'eau depuis le milieu, et le lieu et l'instant de restitution de l'eau à son milieu d'origine. Autrement dit, on prélève et on restitue au même milieu, immédiatement après que l'eau est passée dans le circuit de refroidissement. L'eau consommée est extraite définitivement du milieu vers l'atmosphère via les tours aéroréfrigérantes. On peut parler aussi de **prélèvements nets** à la place de consommation.

- Pour la définition de **l'empreinte de chaque CNPE**, l'étude se base sur la définition donnée dans l' « étude Rhône » soit le rapport en pourcentage « *de l'ensemble des influences anthropiques situées en amont du point considéré sur le débit naturel moyen sur une période donnée au droit du point considéré. Cette empreinte représente la part de la ressource mobilisée et traduit le niveau de pression qu'ils exercent sur le fleuve* ». Ici l'influence anthropique étudiée est bien sûr pour l'essentiel le prélèvement et la restitution d'eau par l'installation. Le débit de référence correspond à la moyenne mensuelle.

¹⁴ www.gesteau.fr/sites/default/files/creseb-guidedmb.pdf

¹⁵ En 2019, 133 milliers de m³ d'eau prélevés en nappe au Cruas, à comparer aux 447 millions de m³ d'eau prélevée dans le Rhône pour le refroidissement.

¹⁶ Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse « Etude de l'hydrologie du fleuve Rhône sous changement climatique » Mars 2023



Synthèse des résultats

BILAN NATIONAL

Le parc nucléaire actuellement en exploitation en France compte 56 réacteurs à eau sous pression (REP) sur 18 sites de centrales nucléaires aussi appelés Centres Nucléaires de Production d'Electricité (CNPE). Chaque site compte de 2 à 6 réacteurs, ou « tranche ».

Les prélèvements d'eau sont réalisés en majeure partie pour assurer le refroidissement de l'eau du circuit secondaire. Par conception, ce refroidissement fonctionne :

- Soit **en circuit ouvert** : le système prélève l'eau dans l'environnement et lui fait parcourir l'intérieur des tubes d'un condenseur. L'eau s'échauffe au contact des tubes puis retourne en totalité directement au milieu aquatique, à une température plus élevée (passage unique). Un tel système a une consommation d'eau quasiment négligeable mais l'énergie thermique extraite du condenseur est intégralement transférée au milieu aquatique, avec une augmentation de température de quelques degrés entre la prise d'eau et l'eau restituée. En France, 26 réacteurs fonctionnent en circuit ouvert : les 18 réacteurs construits en bord de mer¹⁷, et 8 des 14 réacteurs construits sur le Rhône (le fleuve français qui a le débit le plus élevé). Le tableau ci-contre, tiré du rapport EDF « Centrales Nucléaires et Environnement » (2020), fournit les ordres de grandeur des débits de fonctionnement pour le refroidissement des différents réacteurs.

Tableau I Ordre de grandeur des débits de fonctionnement des pompes pour le prélèvement d'eau des centrales en circuit ouvert

ORDRE DE GRANDEUR DES DÉBITS D'EAU PRÉLEVÉS PAR RÉACTEUR (Nb DE RÉACTEURS PAR PALIER)	
<i>Sites fluviaux</i>	
Palier 900 MWe (6 réacteurs)	45 m ³ /s
Palier 1300 MWe (2 réacteurs)	57 m ³ /s
<i>Sites marins + estuaire</i>	
Palier 900 MWe (10 réacteurs)	38–40 m ³ /s
Palier 1300 MWe (8 réacteurs)	45 m ³ /s
EPR 1650 MWe (1 réacteur)	61 m ³ /s

¹⁷ Le CNPE du Blayais est inclus dans les centrales en bord de mer, même si sa réglementation thermique est alignée sur celle des fleuves.

- Soit **en circuit fermé**¹⁸ : l'eau prélevée dans un fleuve à débit plus faible ou dans une rivière, se réchauffe dans le condenseur puis est refroidie par un courant d'air dans une tour de refroidissement (dite aëroréfrigérante). Une partie de l'eau s'évapore dans l'atmosphère (panache de vapeur d'eau) et l'énergie thermique est cédée en quasi-totalité à l'atmosphère. L'autre partie retourne au condenseur, avec un appoint d'eau prélevée dans le milieu¹⁹. Les tours aëroréfrigérantes permettent à la fois de réduire la quantité d'eau prélevée et la température de l'eau restituée. On reprend ci-contre le même tableau pour les circuits fermés.

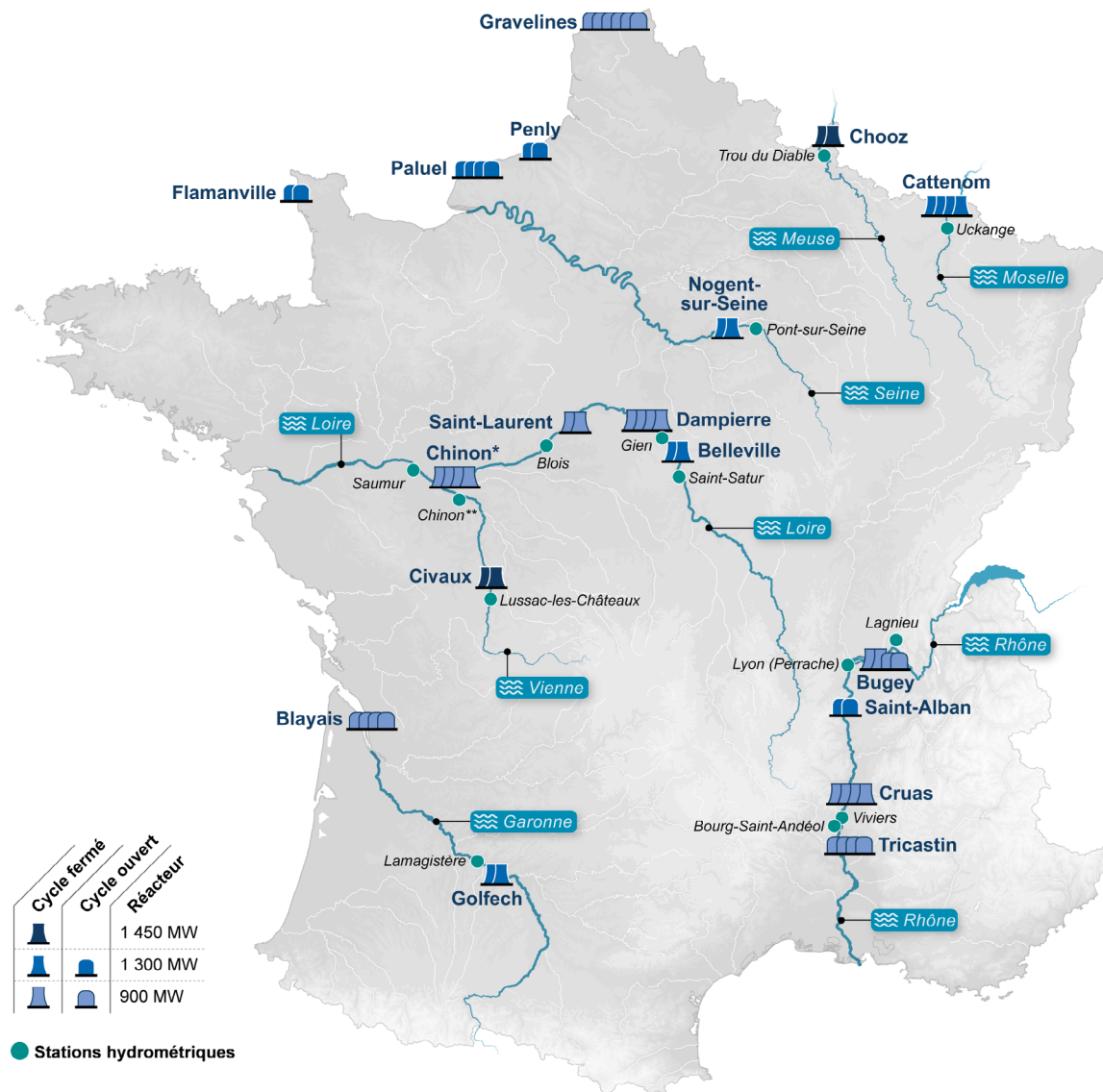
Le choix entre circuit ouvert et circuit fermé s'est fait à la construction sur la base de facteurs économiques (CAPEX d'un aëroréfrigérant par exemple), techniques et des facteurs hydro-écologiques du milieu. Toutes choses égales par ailleurs, un circuit ouvert consomme bien moins d'eau qu'un circuit fermé, mais ses prélèvements sont plus importants et l'élévation de température entre l'amont et l'aval l'est également.

Tableau II Ordre de grandeur des débits de fonctionnement des pompes pour le prélèvement d'eau des centrales en circuit dit « fermé ».

ORDRE DE GRANDEUR DES DÉBITS D'EAU PRÉLEVÉS ET ÉVAPORÉS PAR RÉACTEUR (Nb DE RÉACTEURS PAR PALIER)	
Palier 900 MWe (16 réacteurs)	2 m ³ /s dont 0,67 m ³ /s évaporé
Palier 1300 MWe (10 réacteurs)	2 m ³ /s dont 0,75 m ³ /s évaporé
Palier 1450 MWe (4 réacteurs)	2 m ³ /s dont 0,85 m ³ /s évaporé

¹⁸ Certains experts préfèrent parler de circuit semi fermés, appellation plus exacte.

¹⁹ Le circuit fait aussi l'objet d'une purge continue par laquelle une faible partie de l'énergie thermique est transférée au cours d'eau.



* Sur la Loire ** Sur la Vienne

Figure 1 : Carte géographique des réacteurs nucléaires en exploitation en France et des stations hydrométriques utilisées dans l'analyse (Sfen)

Cette figure dresse le bilan pour l'ensemble des CNPE en France en 2021 en faisant bien la distinction eau douce, eau de mer. Pour l'ensemble des CNPE situés en bord de mer, **le bilan pour l'année 2021 se monte à 21 milliards de m³ d'eau prélevée** et 99,9% de cette eau est restituée au milieu.

Pour les prélèvements d'eau douce, **le bilan pour 2021 se monte à 13 milliards de m³ d'eau prélevée dont 97 % est restitué au cours d'eau** – ce bilan inclut, rappelons-le, les réacteurs fonctionnant en circuit ouvert et ceux en circuit fermé. Environ 3% de l'eau prélevée a été consommée, soit 410 millions de m³ d'eau.

Le ministère de l'Ecologie a remis à jour en avril 2023²⁰, à l'occasion de la publication du plan eau, l'ensemble des données métropolitaines sur la disponibilité de la ressource en eau, les prélèvements et les consommations :

- La ressource en eau douce se trouve dans les eaux de surface (cours d'eau, lacs) et dans les nappes d'eau souterraines et représente un volume moyen de près de 208 milliards de m³, lequel se renouvelle année après année, grâce aux ressources apportées à la fois - par les précipitations et par les fleuves et rivières arrivant des territoires voisins (moyenne 1990-2019)

- En moyenne, entre 2010 et 2019, l'eau prélevée en France métropolitaine est estimée à 27,6 milliards de m³, et le volume annuel

d'eau consommée est estimé à 4,1 milliards de m³ (soit environ 15 % des 27,6 milliards de m³ d'eau prélevée, hors alimentation des canaux) qui représente 64 m³/habitant. L'agriculture est la première activité consommatrice d'eau avec 58 % du total, devant l'eau potable (26 %), le **refroidissement des centrales électriques (12 %)**, et les usages industriels (4 %). Cette répartition est variable selon les bassins

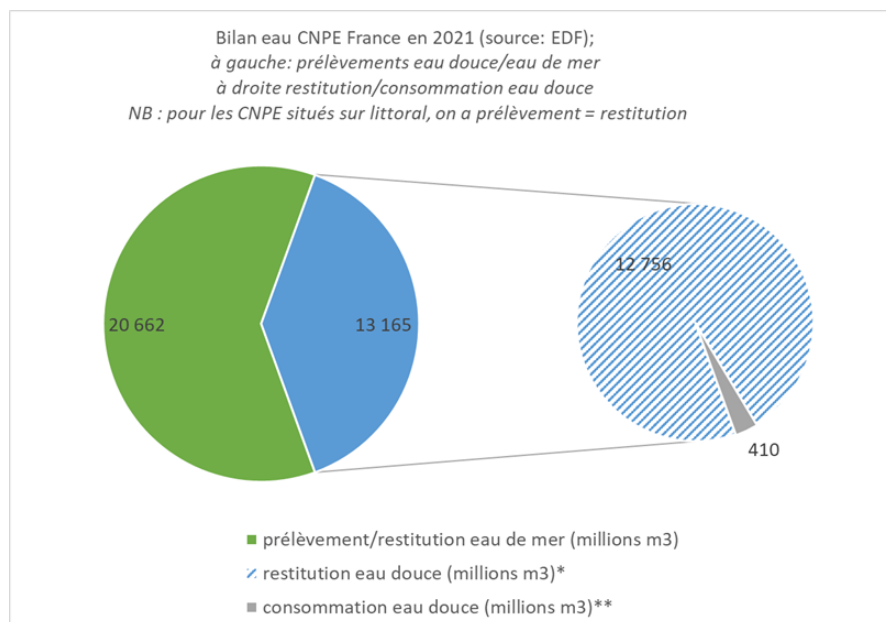


Figure 2: Bilan eau CNPE France en 2021 (source: EDF)

²⁰ www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-prelevements-deau-douce-principaux-usages-en-2020-et-evolution-depuis-25-ans-en-france

Au pas mensuel, on n'observe aucune saisonnalité particulière sur l'année 2021. Ceci s'explique par le profil de production singulier de cette année pour le parc français (cf. encart ci-dessous).

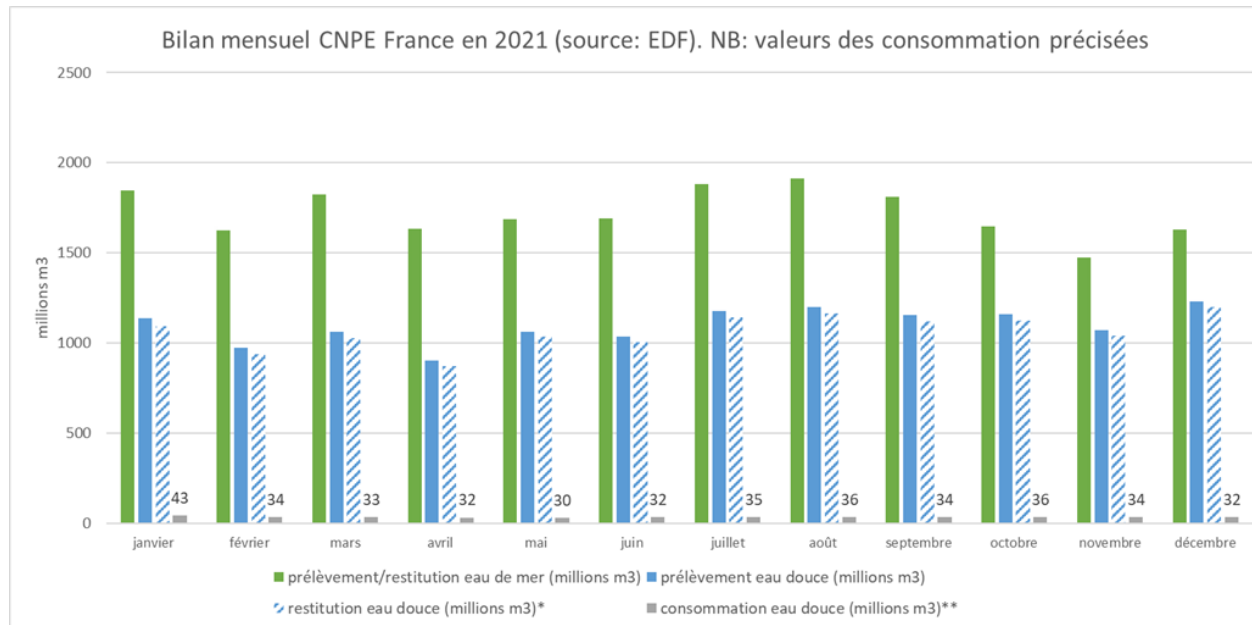


Figure 3 : Bilan mensuel CNPE France en 2021 (source: EDF)

Profil de la production nucléaire mensuelle en 2021

Pour les années entourant la période de pandémie, 2019-2022, **une baisse de la production des centrales nucléaires françaises conduit mécaniquement à minorer les prélèvements et consommations d'eau des centrales pour leur fonctionnement sur une année de production statistiquement « normale »** (cf. infra pour les justifications empiriques). L'écart se monte à quelques pourcents. En outre l'année de production présentée ici (2021) montre un profil singulier par rapport à une année de production « normale » (triangle vert sur la figure). La figure ci-contre donne le profil de production nucléaire mensuelle depuis 2014 (source : ODRE). Très clairement la modulation estivale du parc (période de moindre consommation qui est donc privilégiée pour les arrêts pour rechargement et maintenance) se matérialise par un creux de production en été – période durant laquelle la disponibilité de l'eau peut devenir critique – avec des baisses pouvant atteindre jusqu'à 40 % en 2022 entre hiver et été²¹.

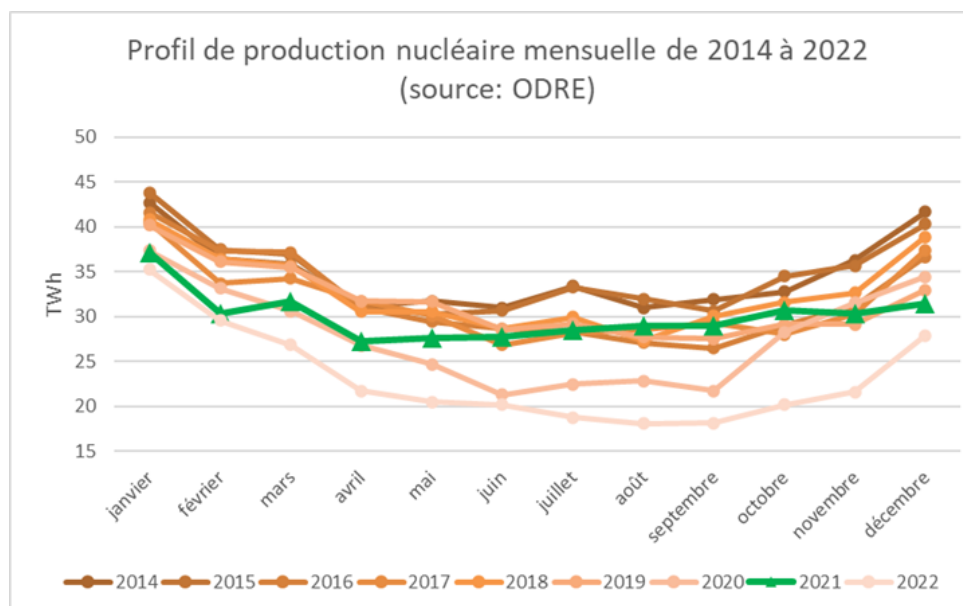


Figure 4: Profil de production nucléaire mensuelle de 2014 à 2022 (source: ODRE)

²¹ EDF, Bilan du fonctionnement des centrales nucléaires du Blayais, de Saint Alban-Saint-Maurice, de Golfech, du Tricastin et du Bugey pendant la période estivale 2022

CONSOMMATION D'EAU DOUCE (réacteurs en circuit fermé)

Pour l'ensemble des réacteurs situés en bord de cours d'eau et fonctionnant en circuit fermé (1er groupe dans notre classification), le bilan de l'eau prélevée se monte à 1,8 milliards de m³ sur l'année 2021 ; 79 % de ces prélèvements est restitué au milieu d'origine (1,4 milliards de m³ d'eau). Ainsi, le bilan de l'eau consommée se monte lui à 0,39 milliards de m³ d'eau (figure de gauche ci-dessous).

La consommation des CNPE en circuit fermé est nettement corrélée à leur production. Chaque point du graphique ci-contre correspond à un CNPE sur un mois de l'année 2021 (par exemple Nogent en 2021). Chaque point est situé sur le graphique suivant la production mensuelle du CNPE (axe des abscisses) et la consommation d'eau mensuelle (axe des ordonnées). Visuellement, la corrélation est quasi-linéaire. Statistiquement, ce résultat est vérifié : le R² de la simple régression linéaire, tracée en vert pointillé, est de 0,899. Un gradient de couleur dénote le pourcentage du débit du cours d'eau consommé. Le gradient de couleur est dominé par le bleu. Une deuxième représentation des données, centrée sur l'empreinte des CNPE, est donnée plus loin.

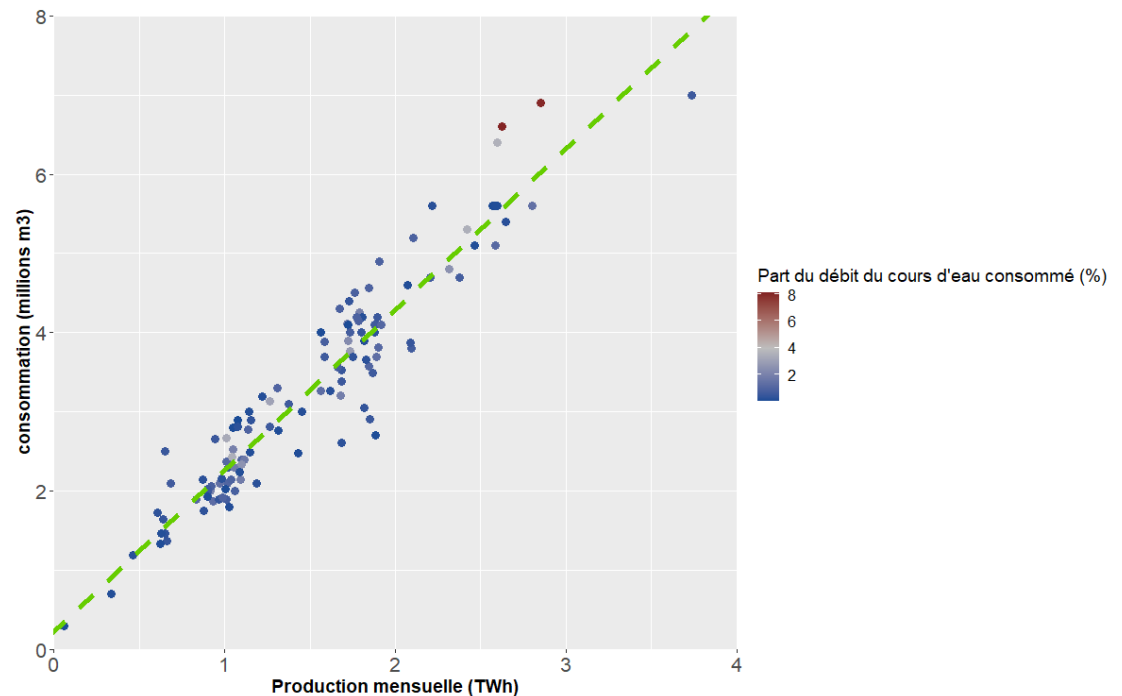


Figure 5: consommation des CNPE en circuit fermé en fonction de la production mensuelle de 2021

Sur la figure 6 (ci-contre) où l'on représente l'empreinte en 2021 de chaque CNPE, l'empreinte des CNPE ventilée par mois, plusieurs points doivent être soulignés. D'abord à l'échelle annuelle, **la moyenne du débit de consommation de l'eau représente 1 % du débit du milieu (barre horizontale bleu) duquel est prélevé cette eau consommée ; la médiane est à 0,6 % (barre horizontale violette).** Pour rappel, dans cette étude, l'empreinte désigne la part du débit mobilisé par la consommation des réacteurs. Ensuite, les empreintes les plus élevées ne concernent que les points associés à une production mensuelle relativement élevée (figure 5). Enfin, les mois d'été (juillet, août, septembre), où le débit des cours d'eau est plus faible, sont ceux où l'empreinte est la plus élevée.

Indication de lecture

Les « boîtes à moustaches » permettent une représentation de la distribution des valeurs mensuelles par CNPE. Le trait au milieu de chaque boîte donne la médiane. Chaque boîte contient 50 % des valeurs. Les moustaches représentent le 1^{er} et dernier quartil : elles situent les 25 % des valeurs les plus faibles et les 25 % les plus élevées.

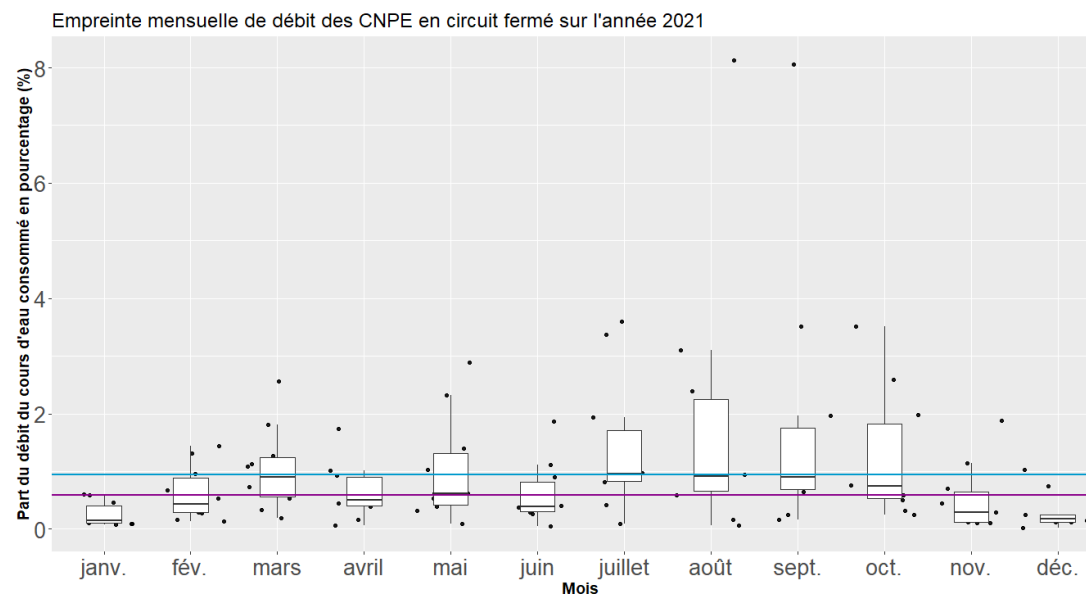


Figure 6: Empreinte mensuelle de débit des CNPE en circuit fermé sur l'année 2021

Dans ces analyses, la Sfen a également constaté une saisonnalité du rapport entre eau prélevée et eau consommée. Sur les données historiques de 2018 à 2021²³, on observe une moindre consommation de l'eau prélevée en été qu'en hiver (figure 7 ci-dessous) : en hiver, 30 % de l'eau prélevée est consommée (en médiane) alors qu'en été, 20 % de l'eau prélevée est consommée. A noter toutefois qu'en décembre, la médiane indique 25 % environ (voir l'encart ci-dessous).

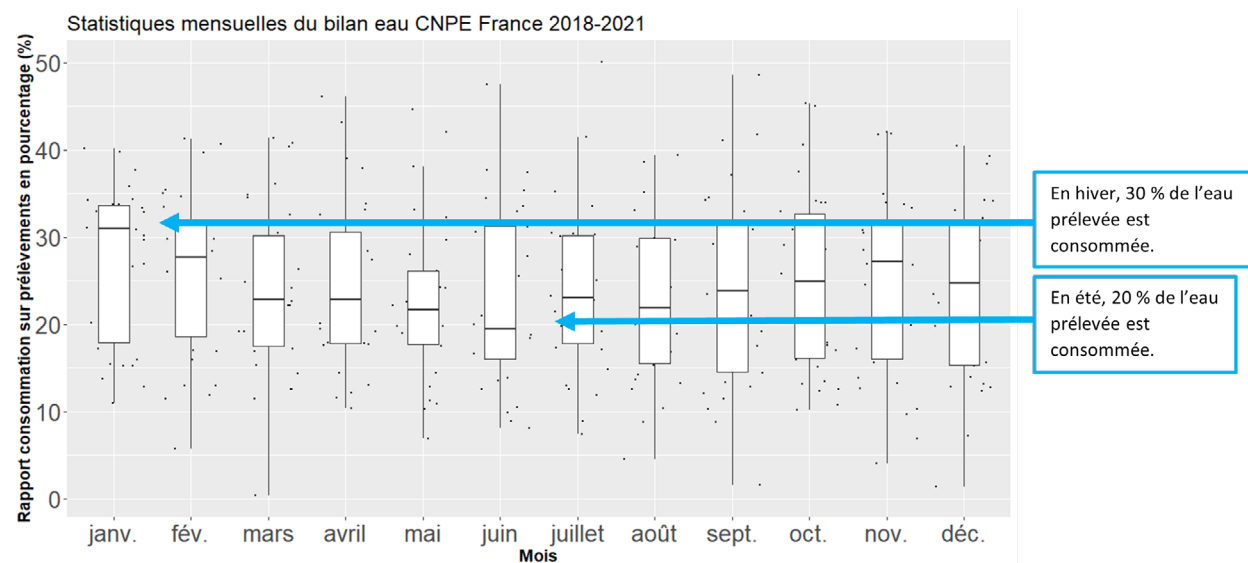


Figure 7: Statistiques mensuelles du rapport de consommation sur prélèvement des CNPE en France (2018-2021)

Explication possible pour la valeur du ratio consommation sur prélèvement en décembre

Trois points de mesure particulièrement faibles peuvent expliquer pourquoi le mois de décembre ne semble pas ici suivre la tendance globale : (Civaux, décembre 2021), (Cruas, décembre 2019) et (Chinon, décembre 2019). Compte tenu de la corrélation (ici causalité) nette entre production et consommation (voir supra), la Sfen a cherché à déterminer si une baisse ponctuelle de la production pouvait en être l'explication. Il est en effet apparu les évènements suivants :

- En décembre 2021, le CNPE de Civaux n'a pas produit
- Le 11 novembre 2019 a lieu un séisme en Ardèche qui conduit à la suspension du CNPE par l'ASN jusqu'au 12 décembre 2019. Cette perte de productible conduit à ce que 7 % de l'eau prélevée soit consommée en décembre (4 % en novembre)
- En 2019 sur le CNPE de Chinon, l'unité n°2 est en maintenance pour remplacement du rotor alternateur et l'unité 3 est en visite décennale²⁵. En conséquence, la production de décembre 2019 s'établit à 1,28 TWh (en 2021, la moyenne mensuelle s'établit à 1,84 TWh avec 1,82 TWh produit en décembre 2021)

²⁵ Chinon : Lettre d'information, décembre 2019 (n°199) et janvier 2020 (n°200)

Dans le cadre de la gouvernance de l'eau en France, ces empreintes n'ont de sens opérationnel que lorsque rapportée à celles des autres usagers de l'eau sur le bassin (agriculture, industrie etc.). Le « rapport Rhône » donne de telles comparaisons (cf. infra) : l'empreinte de l'ensemble des CNPE du Rhône représente de l'ordre de 2,5 % de l'empreinte totale à l'échelle annuelle. La gouvernance de l'eau en France²² repose sur le principe d'une gestion de l'eau par grands « bassins versants » qui sont les bassins hydrographiques rattachés aux principaux fleuves français (7 bassins en France métropolitaine).

Chaque bassin dispose d'une agence de l'eau, établissement public qui agit pour concilier dans le bassin la gestion de l'eau avec le développement économique et le respect de l'environnement, et qui est le principal organe de financement de la politique de l'eau.

Pour chaque bassin, il existe un comité de bassin, véritable parlement local de l'eau. Ce comité arrête les grandes orientations dans le cadre des politiques nationales et européennes de l'eau. Il est composé d'une représentation large de toutes les catégories d'acteurs de

l'eau : élus des collectivités, représentants de l'Etat et bien sûr des représentants des usagers de l'eau (industriels, agriculteurs, associations de défense de l'environnement, de pêche, de consommateurs...). Les producteurs d'électricité hydraulique et nucléaires sont représentés en comité de bassin dans le collège des usagers économiques via l'Union Française de l'Electricité. Des procédures de consultation du public sont aussi organisées.

²² www.ecologie.gouv.fr/gestion-leau-en-france

²³ Précisément il s'agit des données au pas mensuel pour Chooz (2020-2021), Cattenom (2019-2021), Nogent (2018-2021), Golfech (2019-2021), Cruas (2019-2021), Civaux, Chinon, Dampierre, Belleville, Saint Laurent et Bugey 4 et 5 (2018) – réacteurs en circuit fermé du site.

CIRCUITS OUVERTS AU BORD DU RHÔNE

Lorsqu'on inclut les centrales fonctionnant en circuit fermé et situées au bord du Rhône (2^{ème} groupe), à savoir Tricastin, Bugey et Saint-Alban, on obtient le bilan des prélèvements et consommations d'eau douce des CNPE en France. Sur l'année 2021, le bilan de l'eau douce prélevée se monte à 13,2 milliards de m³; 98,8 % de ces prélèvements sont restitués au milieu d'origine, soit 12,8 milliards de m³ d'eau. Ainsi, le bilan de l'eau consommée se monte lui à 0,410 milliards de m³ d'eau (les circuits ouverts consomment très peu d'eau), dont environ 18 millions de m³ d'eau consommée par le Bugey. Pour les seuls circuits ouverts, les prélèvements se montent à environ 11 milliards de m³ d'eau. Suite à la sécheresse de l'été 2022, EDF a mené une étude d'impact sur le fonctionnement des circuits ouverts au bord du Rhône pour cet été. Nous restituons les principaux résultats dans l'encart ci-dessous.

L'Agence de l'eau du bassin du Rhône a publié en mars 2023 une étude de l'hydrologie du Rhône sous changement climatique très complète. (BRLi, 2023²⁶). L'étude actualise et approfondit une précédente publication datant de 2014. L'étude comprend trois volets : faire un diagnostic des « besoins (actuels et projetés) et

de la ressource en eau et son évolution possible sous l'effet du changement climatique »²⁷ (mission 1), « évaluer la vulnérabilité au changement climatique vis-à-vis d'enjeux clés et évaluer les risques pour ces enjeux » (mission 2), enfin « tester et évaluer une capacité de prélèvements supplémentaires par tronçons, de façon durable » (mission 3).

L'étude diagnostique les prélèvements nets (consommation) pour l'ensemble des activités anthropiques sur le bassin du Rhône (agriculture, alimentation en eau potable, industrie, énergie). Ce diagnostic confirme d'abord les chiffres auxquels aboutit la Sfen. En outre, ils mettent en perspective la pression exercée par l'ensemble des CNPE sur le Rhône relativement à ces autres activités en termes d'empreintes. Celle-ci (calculée pour les quatre CNPE situés sur le Rhône) représente de l'ordre de 2,5 % du total à l'échelle annuelle. Les besoins de l'agriculture plus importants à l'entrée du printemps et jusqu'à la sortie de l'été font chuter ce chiffre sur la période (figure 8).

²⁶ BRLi, 2023, Etude de l'hydrologie du fleuve Rhône sous changement climatique – Mission 1, 2 et 3.

²⁷ Sauf mention contraire toutes les citations de l'encart proviennent de l'étude.

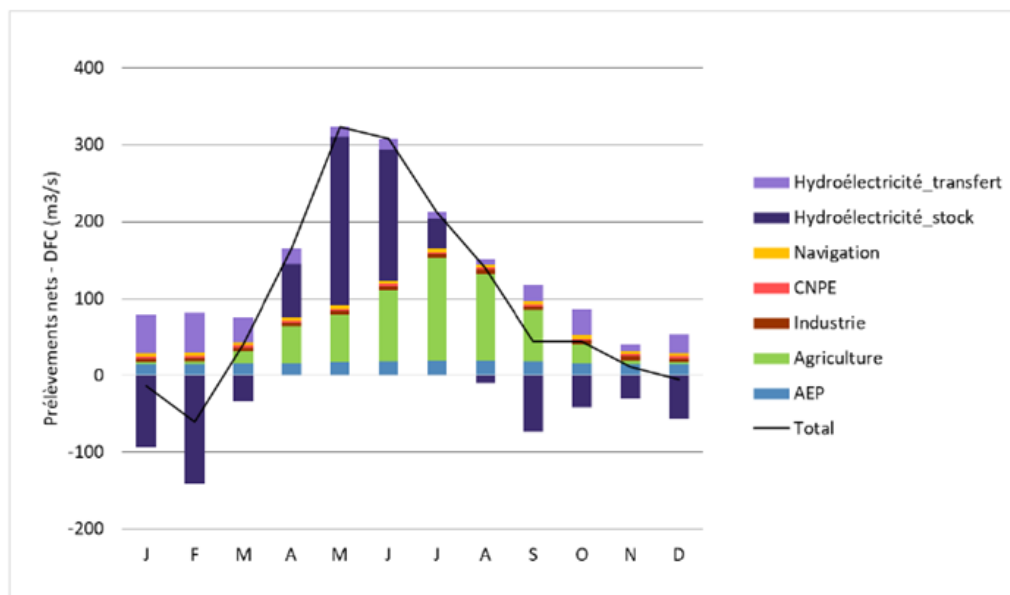


Figure 8: Consommations mensuelles des différentes activités sur le Rhône rapportées à un débit fictif de consommation
Tirée du rapport de mission 1 « Diagnostic actualisé de la situation hydrologique du fleuve » (p. 122)

L'étude rappelle enfin que deux paramètres dessinent les plages limites de fonctionnement pour la réglementation environnementale. A l'échelle annuelle, sous l'effet du réchauffement climatique²⁸, **les diminutions de puissances liées à la réglementation à horizon 2050 se montent entre 2 et 4 % (médiane) suivant le réacteur**. La période de juillet à septembre est la plus impactée par la baisse de puissance. **A l'échelle de l'ensemble des centrales situées sur le Rhône, la baisse s'élève à moins de 2% pour l'année et à 10 % pour le mois d'août.**

²⁸ La modélisation se cale sur la trajectoire RCP 8.5 du GIEC

Retour sur le bilan du fonctionnement des centrales nucléaires pendant l'été 2022

(Source : EDF, « bilan du fonctionnement des centrales nucléaires du Blayais, de Saint-Alban Saint-Maurice, de Golfech, du Tricastin et du Bugey pendant la période estivale », 2022 et webinaire Sfen)

- L'été le plus intense depuis 2003

Selon les statistiques de Météo France, l'été 2022 a été en moyenne le deuxième été le plus chaud et sec après l'été 2003. Cette situation climatique exceptionnelle - des températures très élevées par rapport à la normale de saison et un déficit historique des précipitations - a fortement contraint les cours d'eau, en particulier le Rhône qui, sur les mois de juillet et d'août 2022, a connu une hydraulité « très en-dessous de la moyenne [...] »²⁹. La température moyenne journalière relevée en amont des CNPE situés sur le Rhône a durablement dépassé le dernier décile par rapport à la période 1977 – 2021.

- Pas d'impact sur la sûreté des installations

De façon générale, EDF constate que les épisodes caniculaires de cet été ont été sans impact sur la sûreté des installations : tenue en température des matériels importants pour la sûreté et marges très importantes vis-à-vis des débits minimaux de sûreté.

- Une perte de production très faible pour raisons environnementales

Après la sécheresse de 2003, un référentiel réglementaire a été mis en place pour faire face aux situations exceptionnelles. Les CNPE peuvent aujourd'hui se retrouver dans trois situations définies de façon graduée vis-à-vis des limites thermiques

(à la fois sur les températures absolues, et sur l'échauffement relatif entre l'amont et l'aval du CNPE)³⁰ auxquelles correspond un système de réquisition à 3 étages: les « Conditions climatiques normales » (CNN) correspondant à un fonctionnement normal, les « Conditions climatiques exceptionnelles » (CCE) sur demande de RTE pour maintenir l'équilibre régional de tension, et les « Situations exceptionnelles » (SE) actionnées au niveau du gouvernement sur requis de RTE ou si d'autres instances publiques l'estiment nécessaire (par exemple la DGEC cet été, pour « pour économiser les réserves de gaz naturel et d'eau pour l'automne et l'hiver »).

Les différents CNPE ayant fait l'objet d'autorisations temporaires pendant l'été 2022, sont ceux du Bugey, de Saint-Alban, du Tricastin et de Golfech. C'est la première fois depuis 2003 que l'on fait usage du passage en SE. Au total, ce système de réquisition aura permis de sauvegarder 452 GWh; les pertes de production se montent elles à 501 GWh. Malgré le caractère exceptionnel de cet été, les pertes de restent en deçà de celles enregistrées en 2018 et 2019 (deux étés relativement chauds) et dix fois moindres que de celles de 2003. Elles représentent 0,2% de la production nucléaire annuelle, soit moins que la moyenne sur les 20 dernières années qui est de 0,3%³¹.

- Une surveillance environnementale renforcée

Lorsque le système de réquisition est sollicité, des programmes de surveillance hydroécologiques

sont mis en œuvre suivant une logique cumulative : le programme de surveillance défini en CCN au niveau de chaque CNPE est complété par des modalités spécifiques pour le programme de surveillance applicable en CCE, lui-même complété par des modalités renforcées lorsque le CNPE entre en SE. Ces surveillances consistent essentiellement à comparer le contexte amont et le contexte aval pour faire apparaître une éventuelle influence du CNPE sur le milieu.

Les résultats consolidés à date (paramètres physicochimiques et suivis microbiologiques) ne mettent pas en évidence d'influence notable du fonctionnement des CNPE pendant l'été 2022. Les résultats de surveillance sur postes spécifiques (panaché thermique et richesse piscicole) sont attendus.

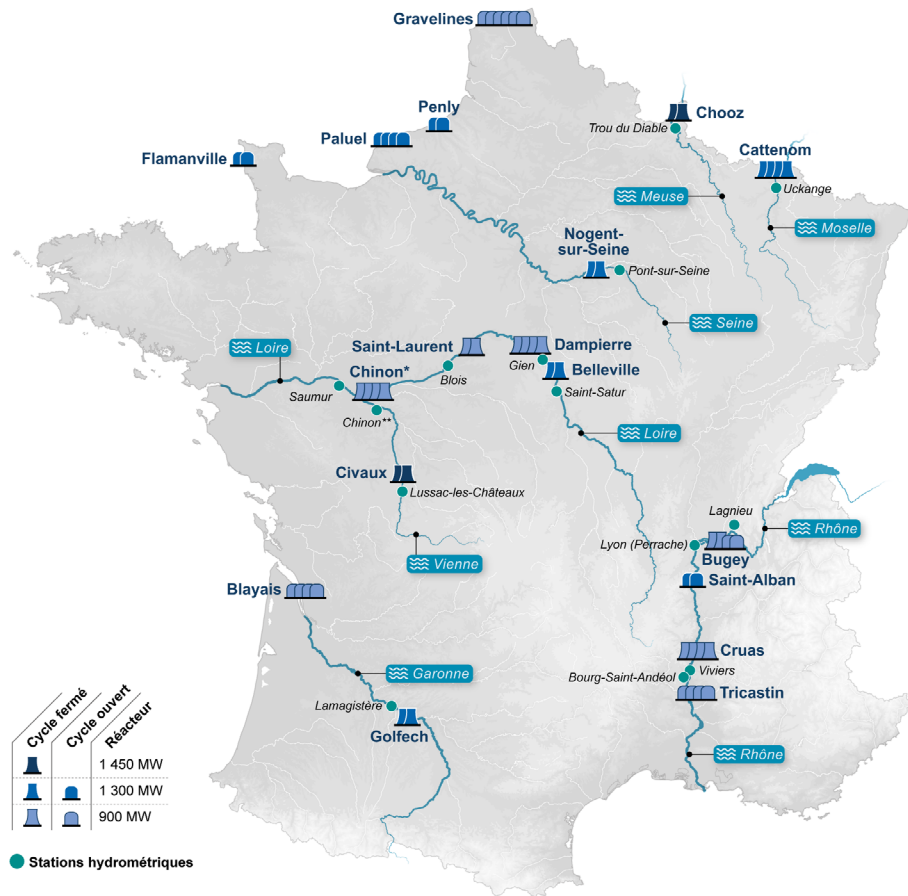
²⁹ EauFrance : Synthèse de la situation hydrologique sur le bassin Rhône-Méditerranée (juillet-août 2022).

³⁰ Certaines de ces limites étant elles-mêmes modulées par les mesures de débit du cours d'eau. Par exemple l'entrée en « Conditions climatiques normales » pour le CNPE du Tricastin est conditionnée à un débit du Rhône inférieur à 480 m³/s.

³¹ Ceci s'explique notamment par l'arrêt des deux tranches du CNPE de Chooz, pour cause de corrosions sous contraintes. EDF estime que le bas débit de la Meuse, aurait entraîné l'arrêt du CNPE pour quelques semaines entraînant une perte de l'ordre de 1,5 TWh. Dans un tel cas, les pertes totales se seraient montées à 2 GWh.

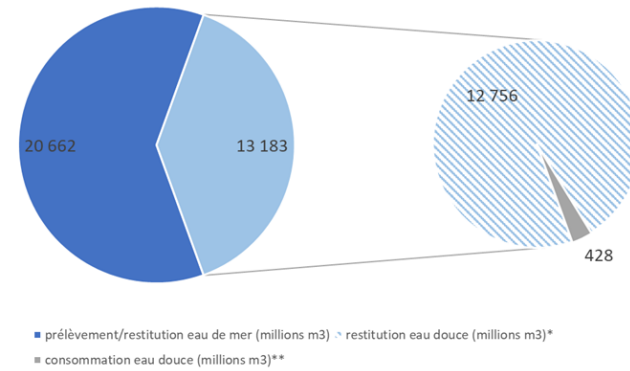


1. Bilan national

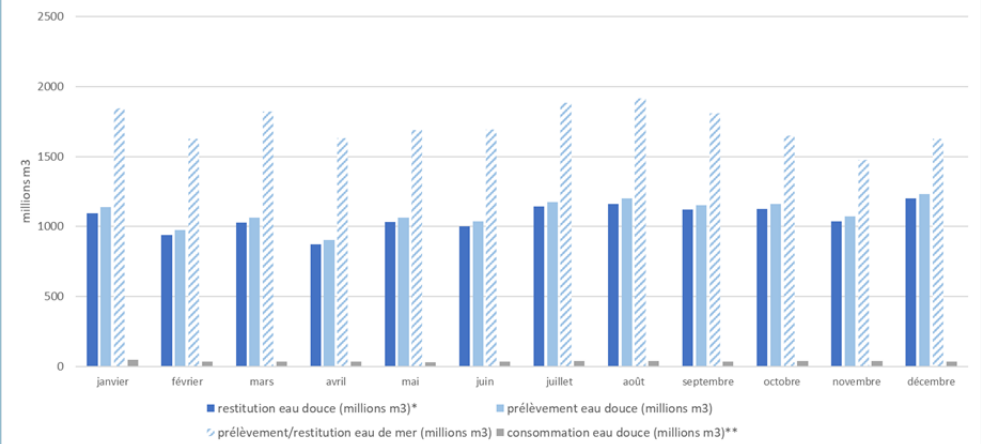


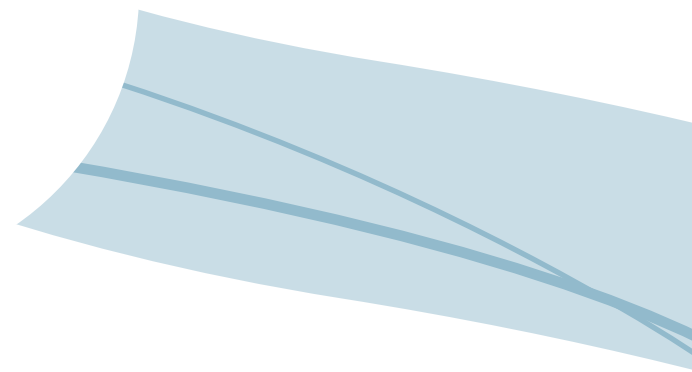
Production 360,7 TWh

Bilan eau CNPE France en 2021 (source: EDF);
à gauche: prélèvements eau douce/eau de mer
à droite restitution/consummation eau douce
NB : pour les CNPE situés sur littoral, on a prélèvement = restitution



Bilan mensuel CNPE France en 2021 (source: EDF)





2. CNPE en circuit fermé au bord de cours d'eau

Dans ce groupe, figurent les centrales fonctionnant en circuit fermé (avec des tours aéroréfrigérantes). Ces centrales se caractérisent par :

- Des prélèvements au MWh d'électricité produite plus faibles que celles fonctionnant en circuit ouvert ;
- Une consommation d'eau non nulle.

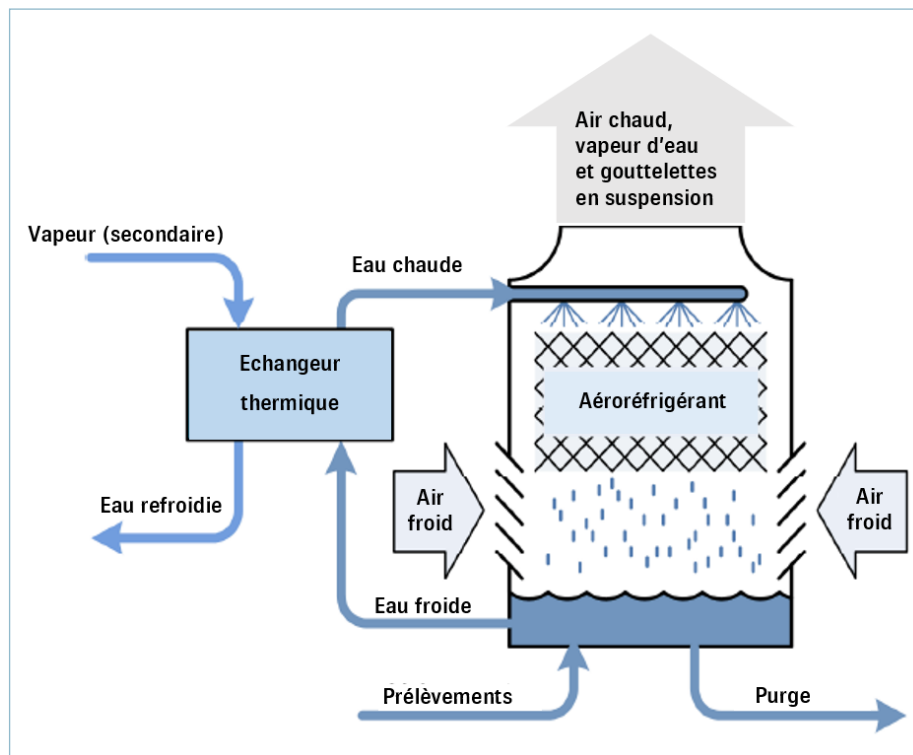


Schéma d'un refroidissement en cycle fermé (Rutberg, 2012)

| Cattenom

Conformément à la décision ASN n°2014 DC 0415, lorsque le débit moyen journalier de la Moselle est inférieur à $26 \text{ m}^3/\text{s}$, les prélèvements d'eau dans la Moselle sont subordonnés à des compensations provenant de lâchures d'eau réalisées par la retenue du Vieux Pré. En septembre 2021, une anomalie technique sur le barrage a conduit à l'absence de compensation des débits évaporés. EDF indique dans son rapport que « cet évènement n'a pas eu d'impact sur l'environnement » et que « des lâchures complémentaires de compensation ont été réalisées ». Ainsi, les seules lâchures ont eu lieu en octobre, pour un volume de 1,99 millions de m^3 (sur la figure, nous faisons figurer un débit fictif en vert correspondant à ce volume lissé sur le mois).

À Cattenom, l'eau n'est pas directement prélevée depuis la Moselle, mais depuis une retenue artificielle, le lac du Mirgenbach, construit pour les besoins du CNPE et alimenté par la Moselle, qui assure le refroidissement du CNPE.

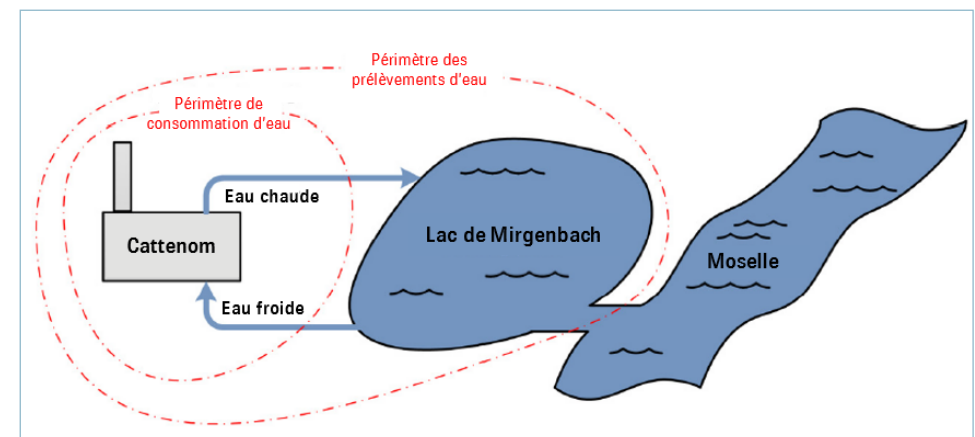
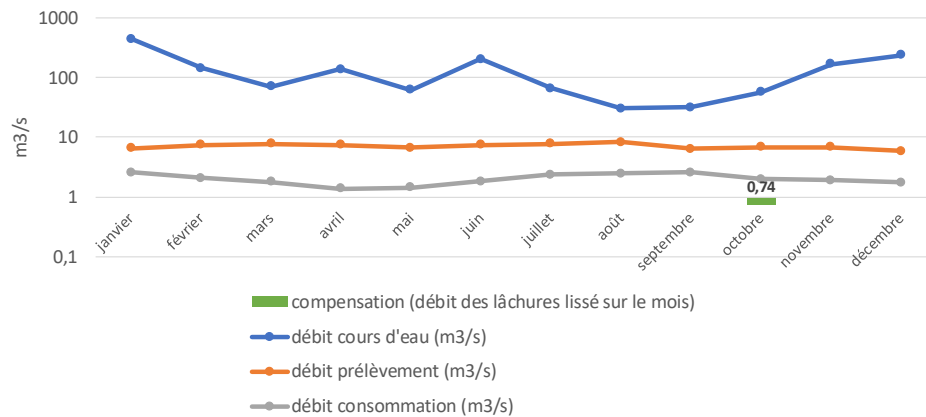


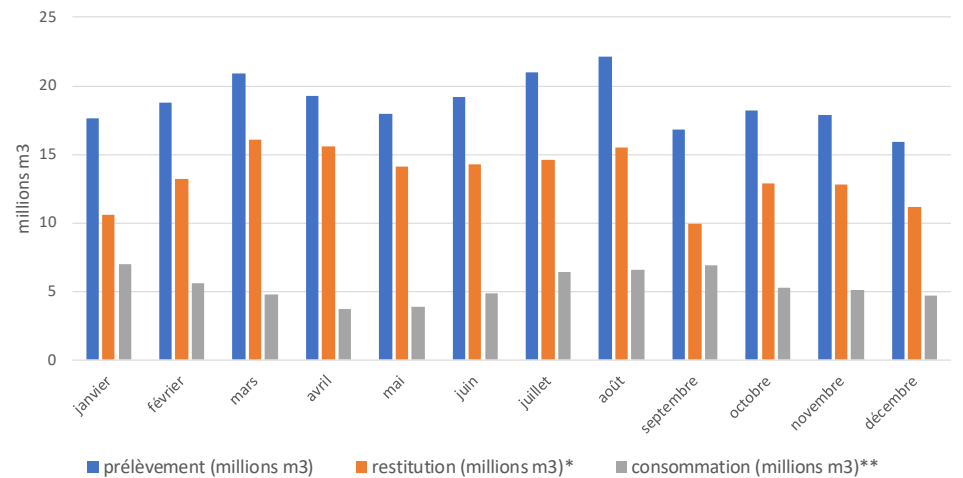
Schéma du refroidissement de Cattenom (Rutberg, 2012)

CATTENOM

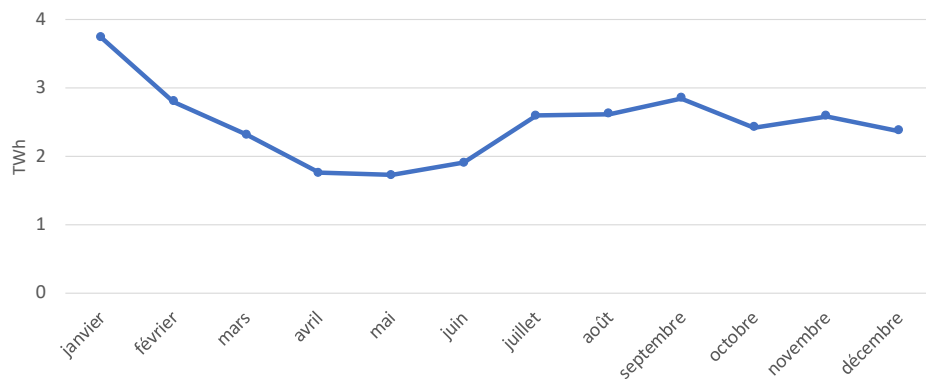
Comparaison des débits de la Moselle et des prélèvements et consommation du CNPE de Cattenom en 2021 (source: EDF, HydroPortail - eaufrance). NB: échelle logarithmique₁₀



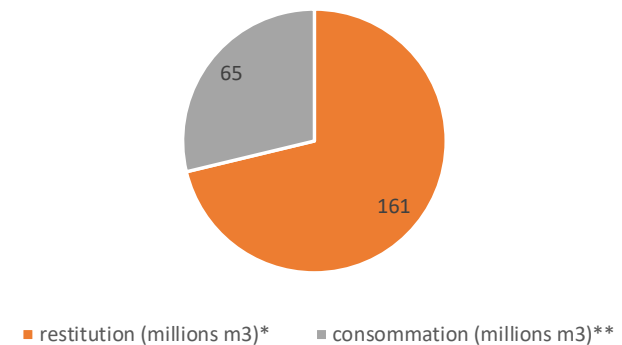
Bilan eau mensuel du CNPE de Cattenom en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Cattenom en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE Cattenom en 2021 (source: EDF)



Station hydrométrique

La Moselle à Uckange



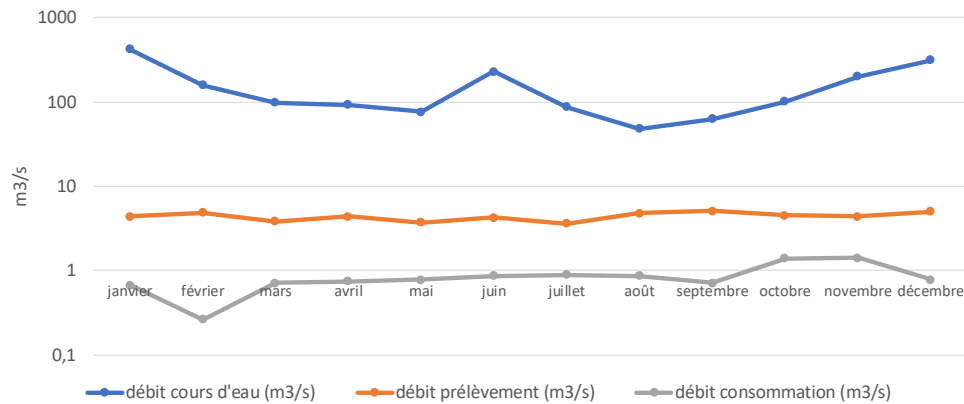
Production

29,7 TWh

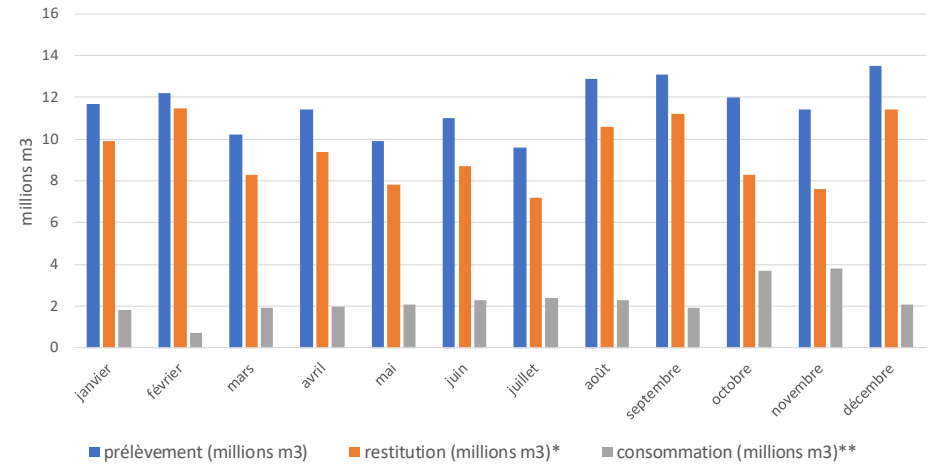
NB: L'eau n'est pas prélevée directement dans la Moselle. La station est en aval du CNPE.

CHOOZ

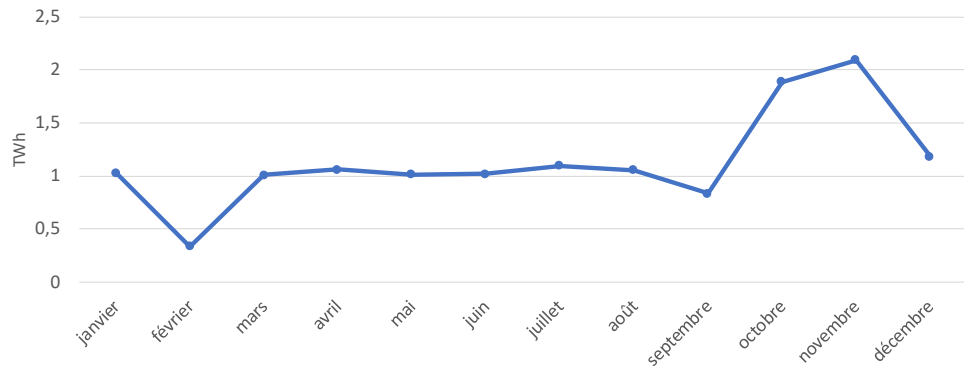
Comparaison des débits de la Meuse et des prélèvements et consommation du CNPE de Chooz en 2021 (source: EDF, HydroPortail - eaufrance).
NB: échelle logarithmique₁₀



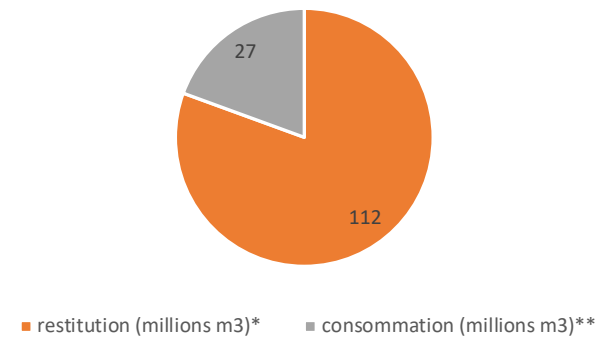
Bilan eau mensuel du CNPE de Chooz en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Chooz en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE Chooz en 2021 (source: EDF)



Station hydrométrique

La Meuse à Chooz - Trou du Diable

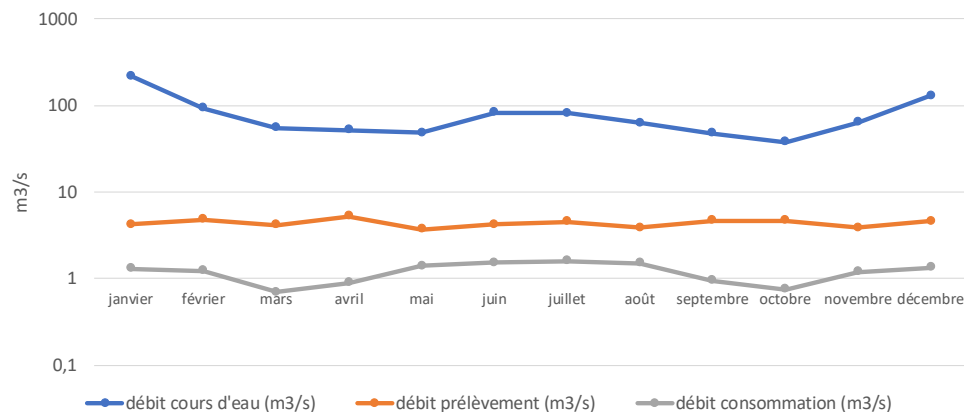


Production

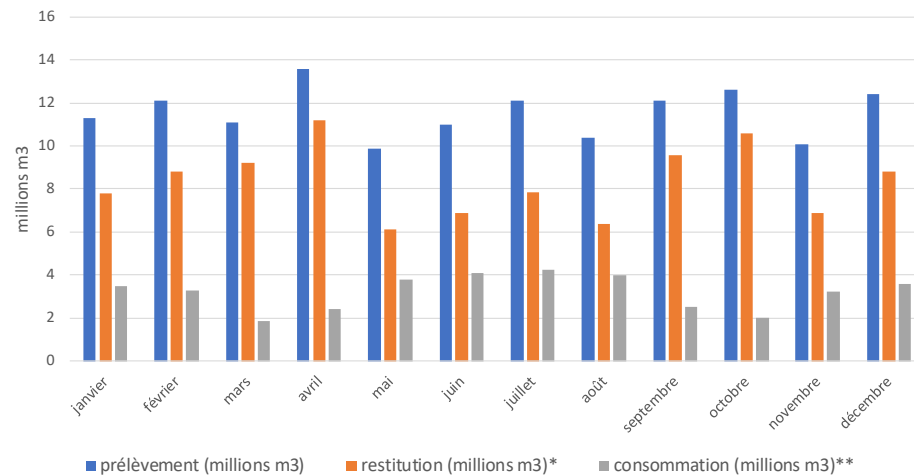
13,6 TWh

NOGENT

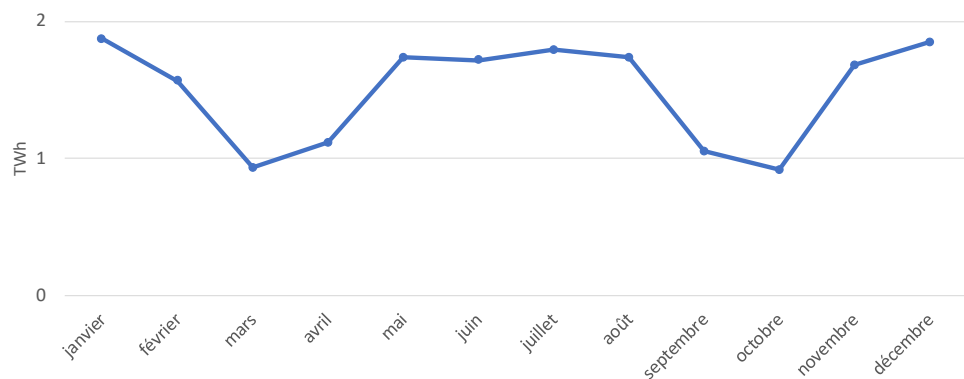
Comparaison des débits de la Seine et des prélèvements et consommation du CNPE de Nogent en 2021 (source: EDF, HydroPortail - eaufrance).
NB: échelle logarithmique₁₀



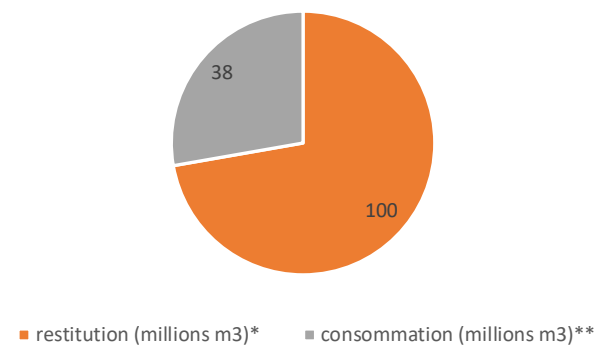
Bilan eau mensuel du CNPE de Nogent en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Nogent en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Nogent en 2021 (source: EDF)



Station hydrométrique

La Seine à Pont-sur-Seine

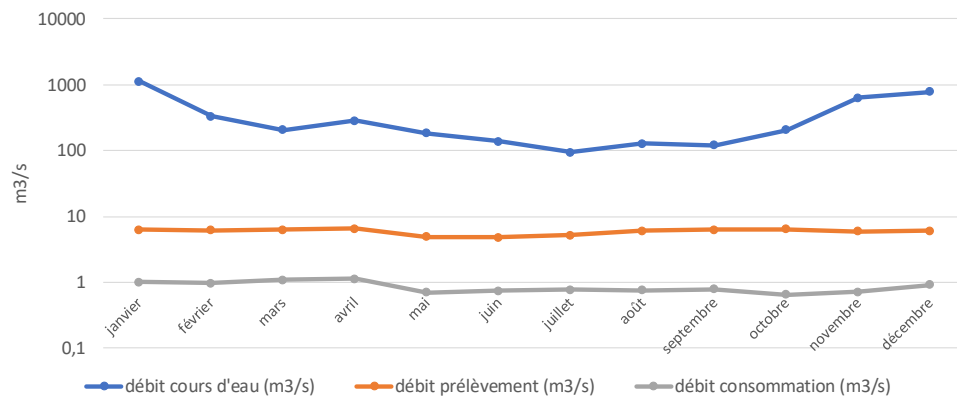


Production

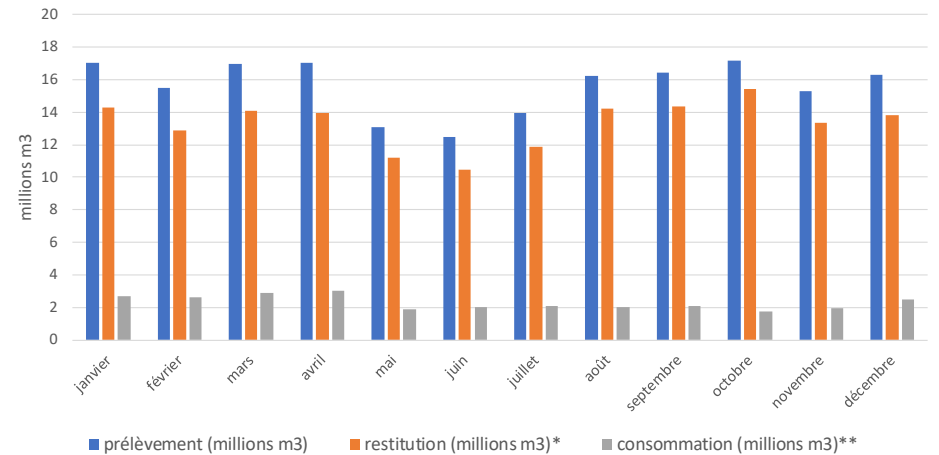
17,9 TWh

GOLFECH

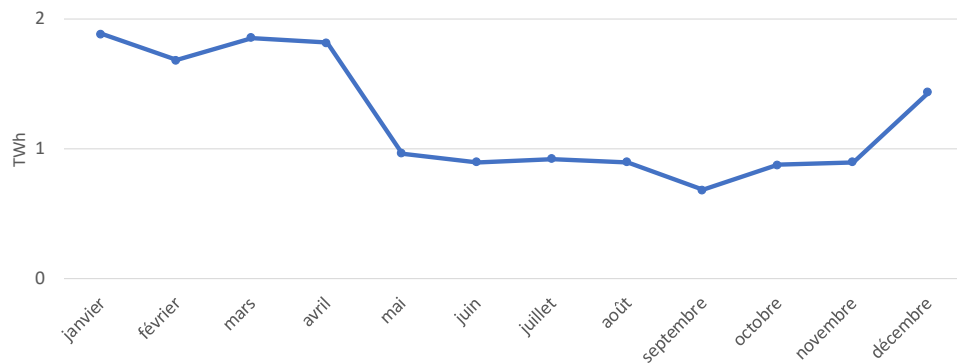
Comparaison des débits de la Garonne et des prélèvements et consommation du CNPE de Golfech en 2021 (source: EDF, HydroPortail - eaufrance). NB: échelle logarithmique₁₀



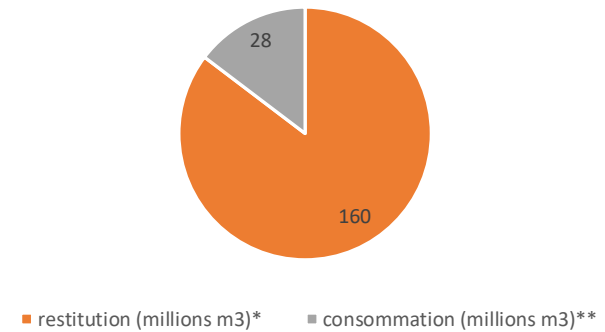
Bilan eau mensuel du CNPE de Golfech en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Golfech en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Golfech en 2021 (source: EDF)



Station hydrométrique

La Garonne à Lamagistère

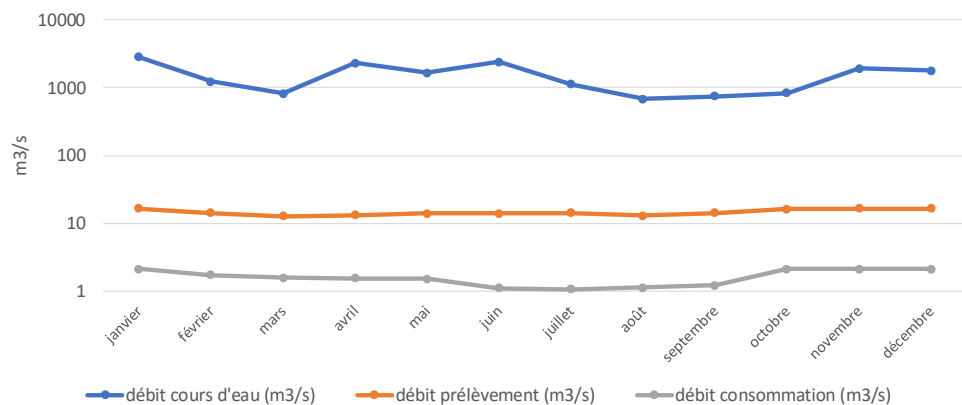


Production

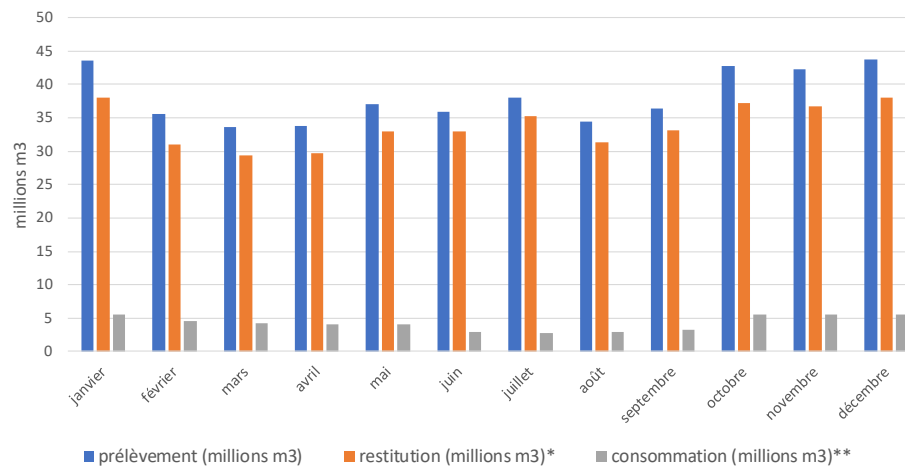
14,8 TWh

CRUAS

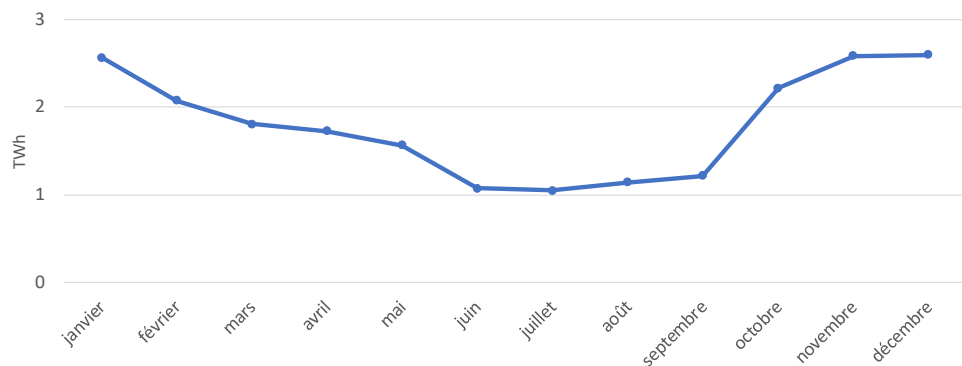
Comparaison des débits du Rhône et des prélèvements et consommation du CNPE de Cruas en 2021 (source: EDF, HydroPortail - eaufrance). NB: échelle logarithmique₁₀



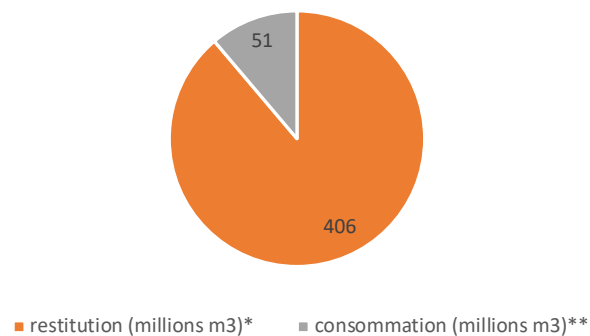
Bilan eau mensuel du CNPE de Cruas en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Cruas en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Cruas en 2021 (source: EDF)



Station hydrométrique

Le Rhône à Viviers

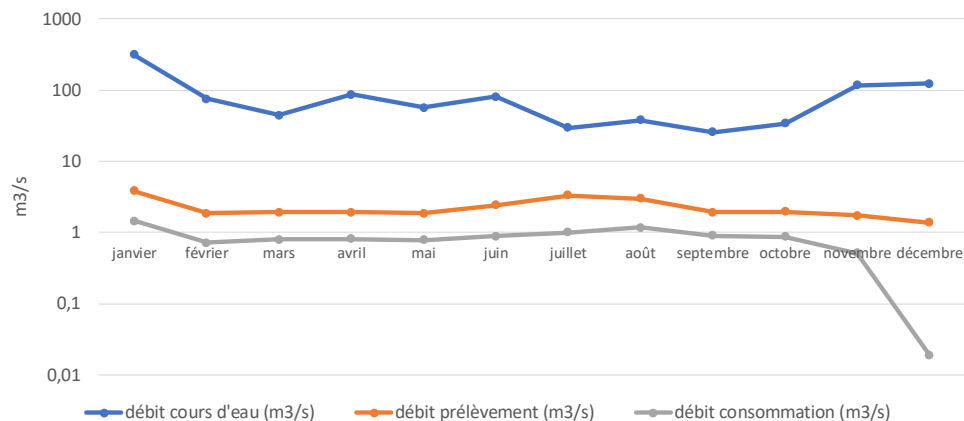


Production

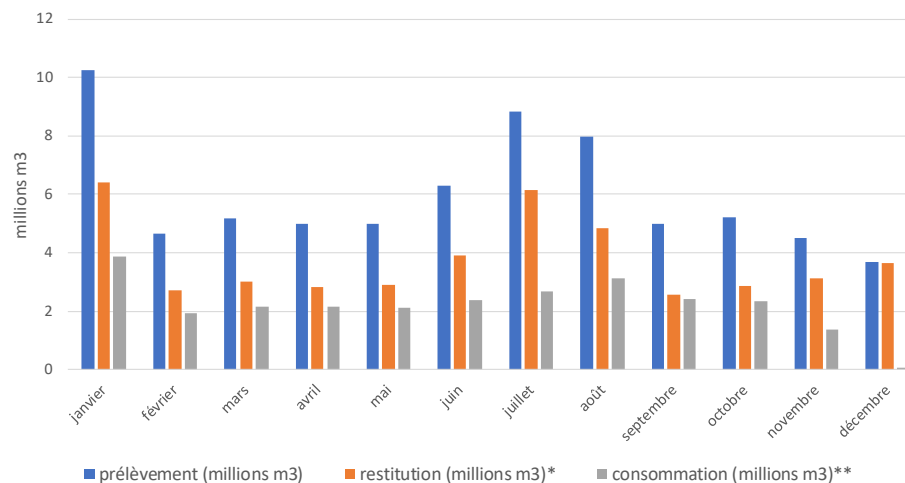
21,6 TWh

CIVAUX

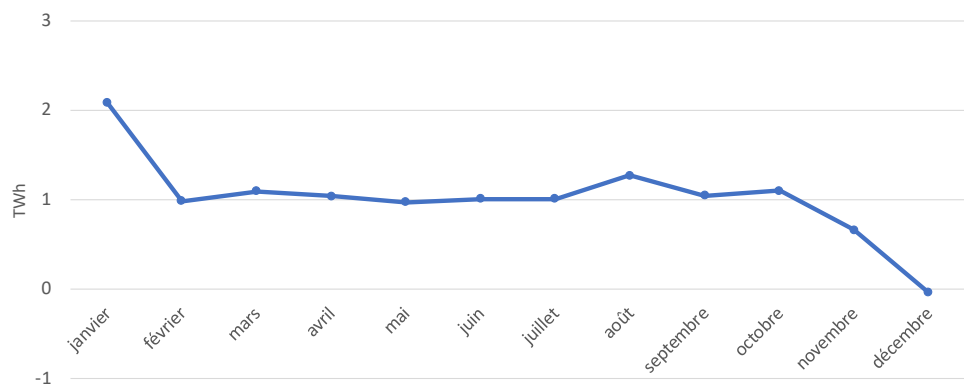
Comparaison des débits de la Vienne et des prélèvements et consommation du CNPE de Civaux en 2021 (source: EDF, HydroPortail - eaufrance).
NB: échelle logarithmique₁₀



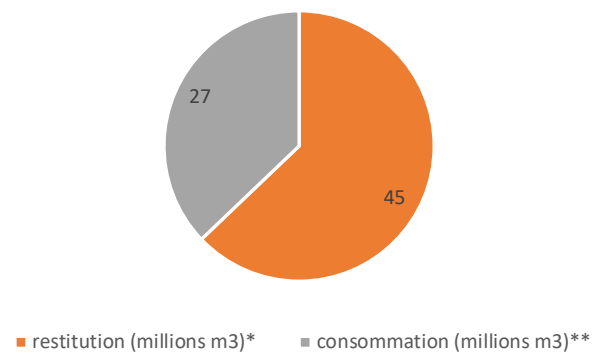
Bilan eau mensuel du CNPE de Civaux en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Civaux en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Civaux en 2021 (source: EDF)



Station hydrométrique

La Vienne à Lussac-les-Châteaux - Pont de Mazerolles

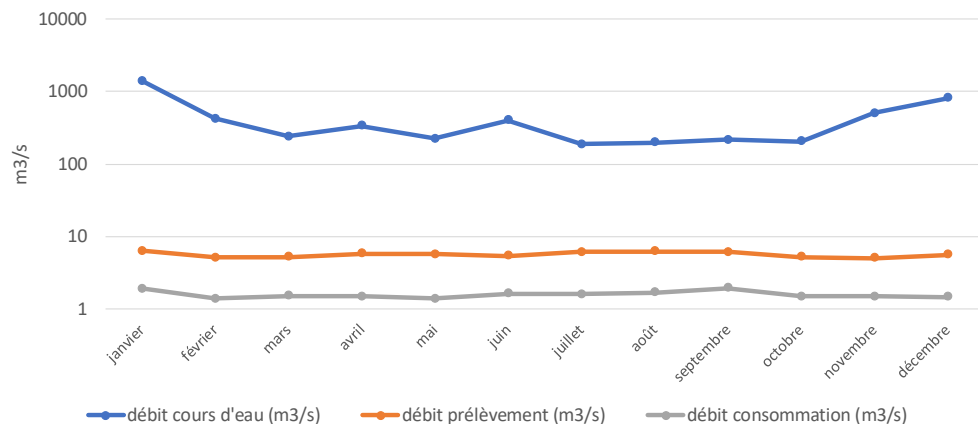


Production

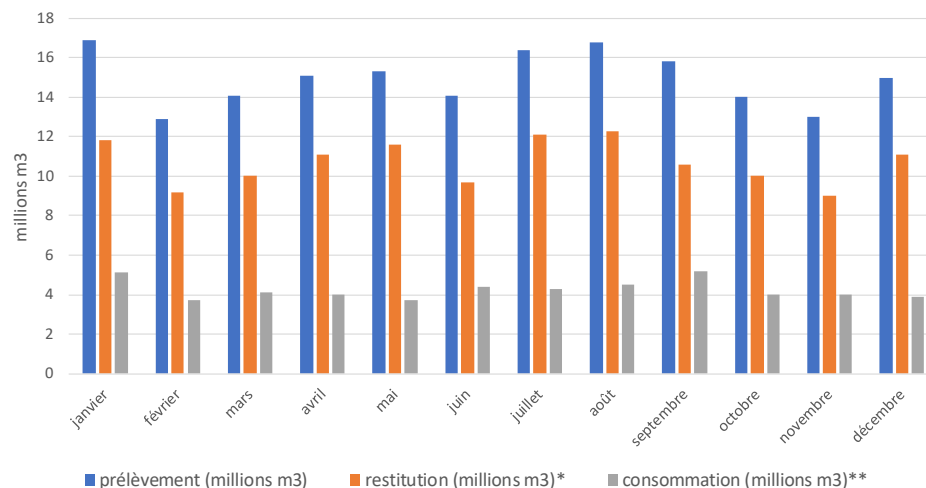
12,2 TWh

CHINON

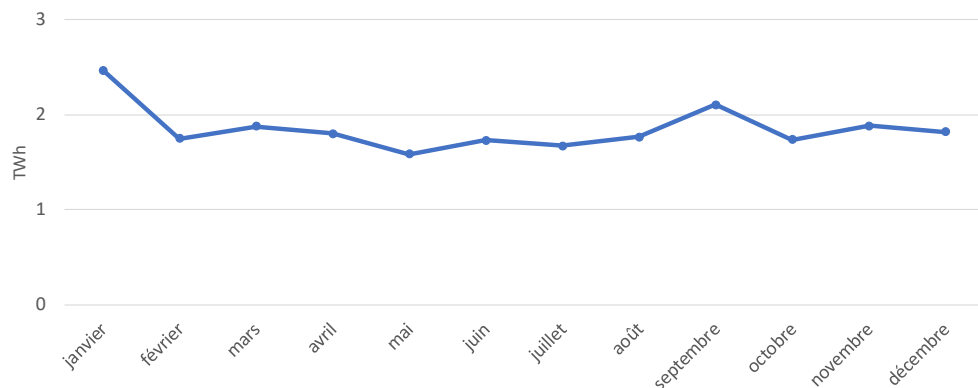
Comparaison des débits de la Loire et des prélèvements et consommation du CNPE de Chinon en 2021 (source: EDF, HydroPortail - eaufrance). NB: échelle logarithmique₁₀



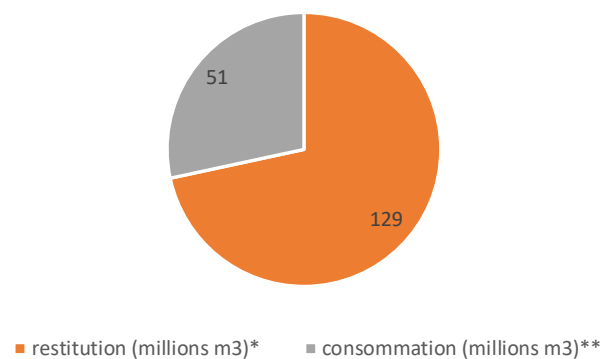
Bilan eau mensuel du CNPE de Chinon en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Chinon en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Chinon en 2021 (source: EDF)



Station hydrométrique

Loire à Saumur - Vienne à Chinon



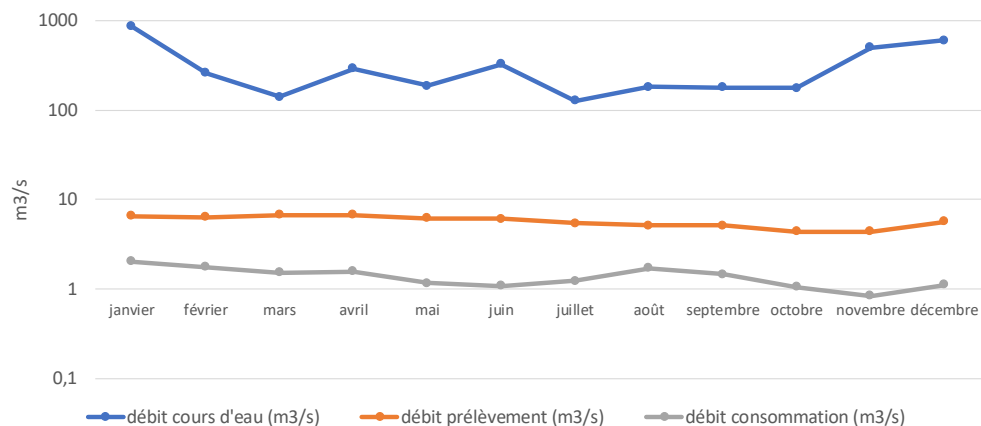
Production

22,2 TWh

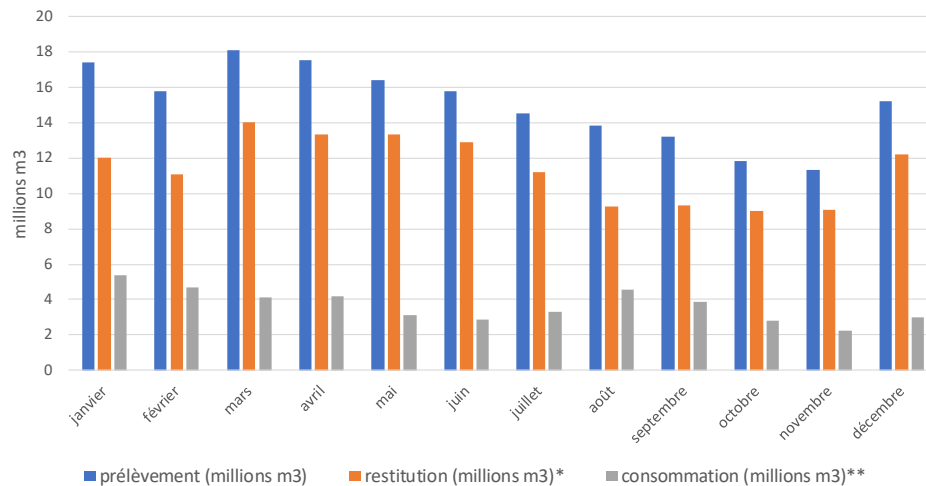
NB: le "-" dénote une différence de débits. Le CNPE de Chinon étant situé sur la Loire en amont de la rencontre de cette dernière avec la Vienne.

DAMPIERRE

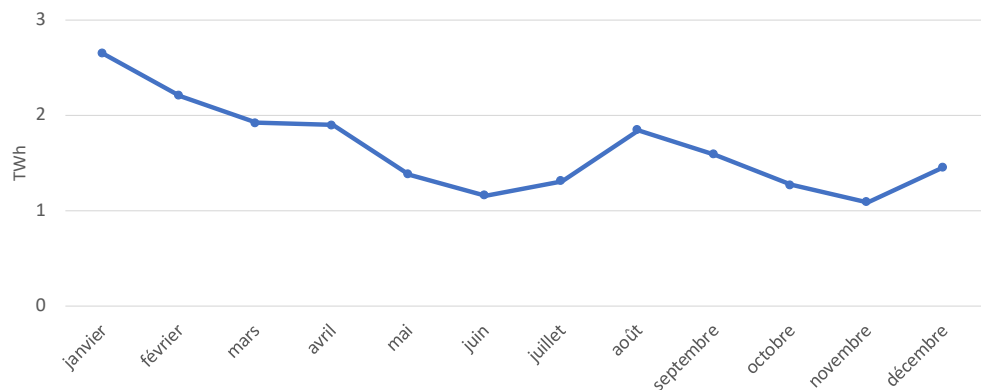
Comparaison des débits de la Loire et des prélèvements et de la consommation du CNPE de Dampierre en 2021
(source: EDF, HydroPortail - eaufrance). NB: échelle logarithmique₁₀



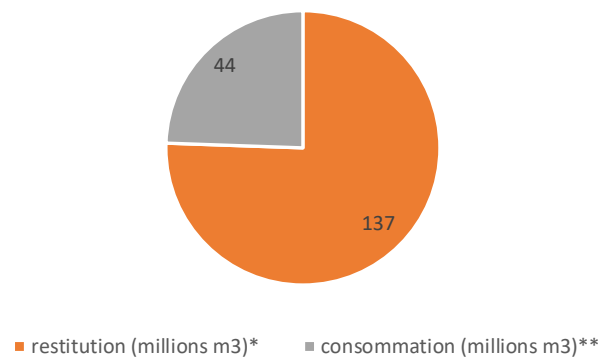
Bilan eau mensuel du CNPE de Dampierre en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Dampierre en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Dampierre en 2021 (source: EDF)



Station hydrométrique

Loire à Gien

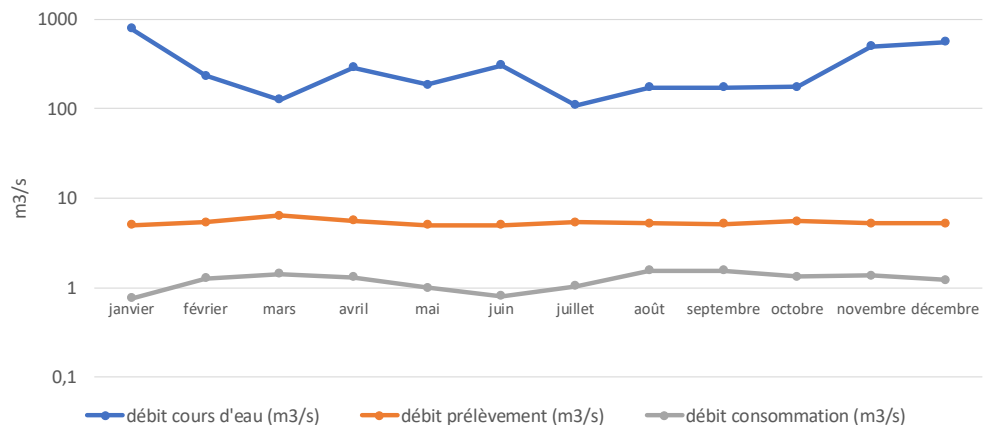


Production

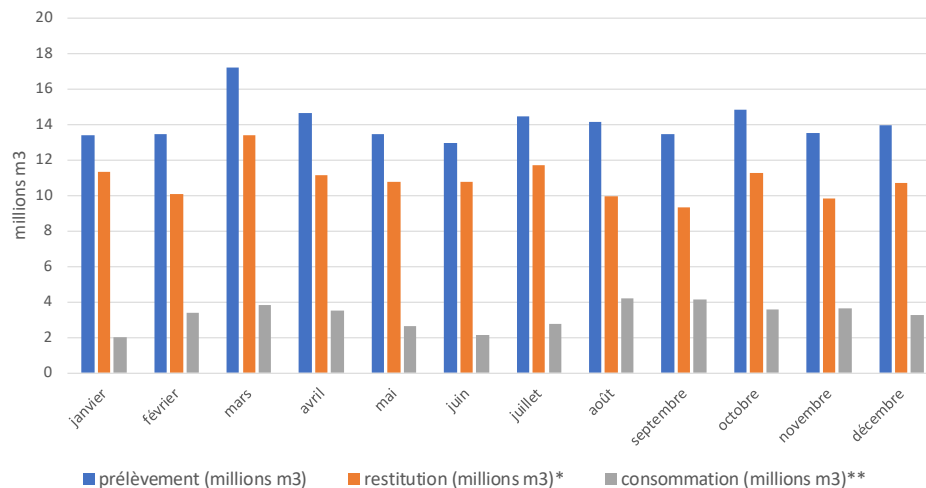
19,7 TWh

BELLEVILLE

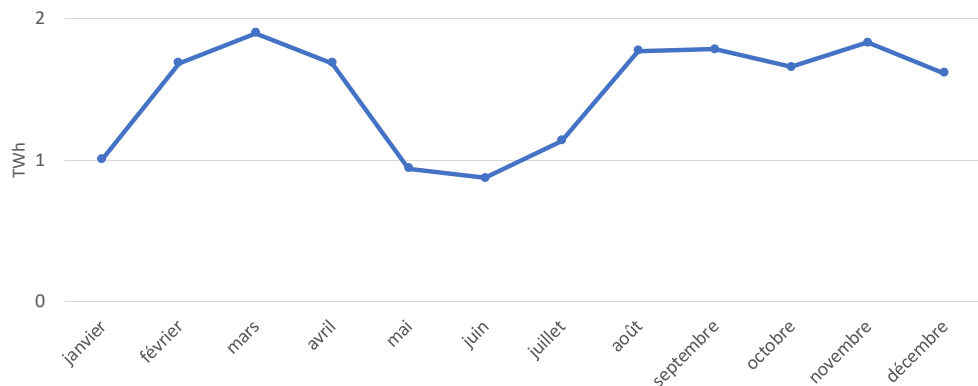
Comparaison des débits de la Loire et des prélèvements et consommation du CNPE de Belleville en 2021 (source: EDF, HydroPortail - eaufrance).
NB: échelle logarithmique₁₀



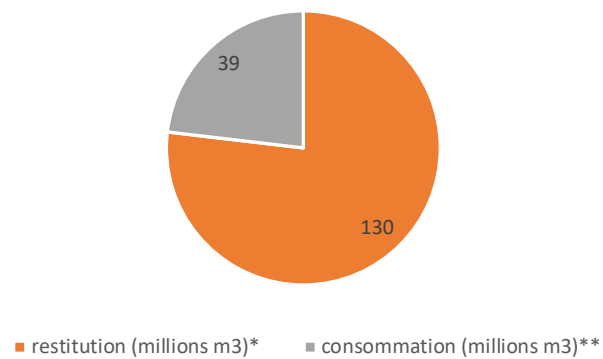
Bilan eau mensuel du CNPE de Belleville en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Belleville en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Belleville en 2021 (source: EDF)



Station hydrométrique froide

Loire à Saint-Satur

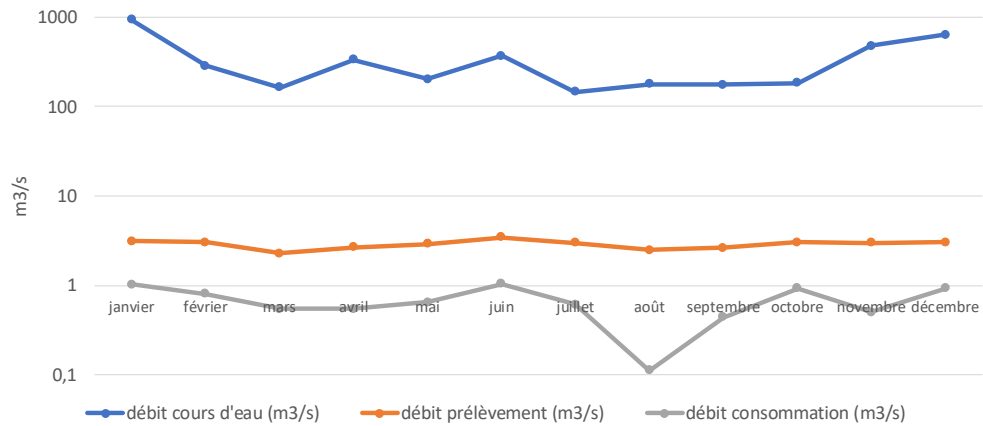


Production

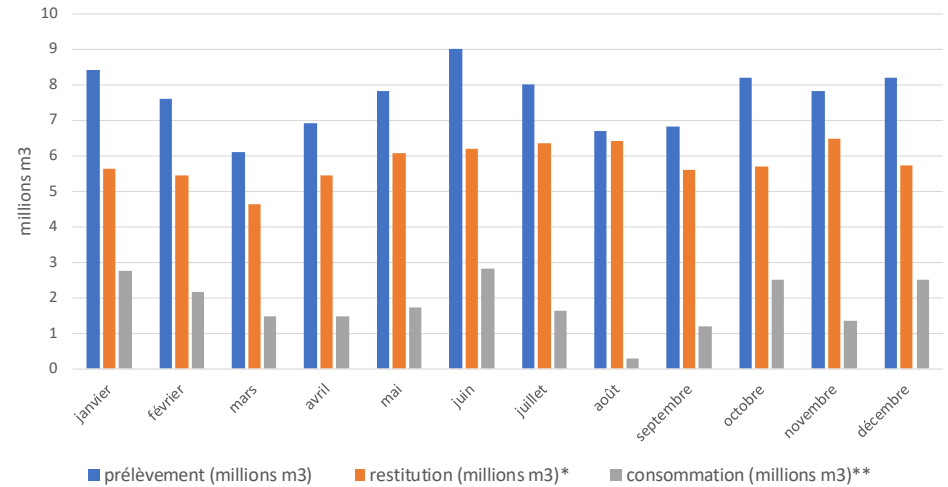
17,9 TWh

ST LAURENT

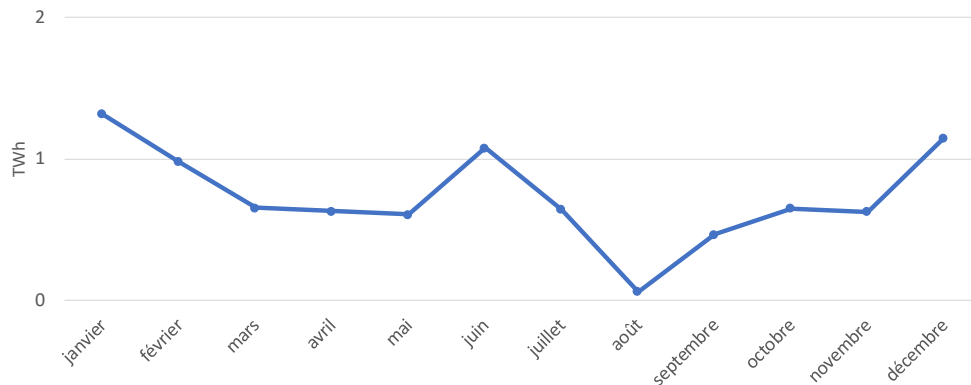
Comparaison des débits de la Loire et des prélèvements et consommation du CNPE de Saint Laurent en 2021 (source: EDF, HydroPortail - eaufrance).
NB: échelle logarithmique₁₀



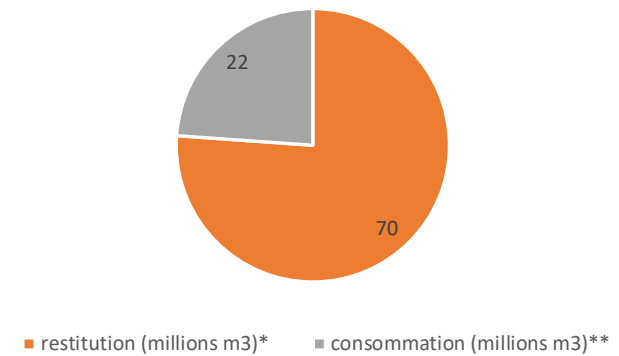
Bilan eau mensuel du CNPE de Saint Laurent en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Saint Laurent en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Saint Laurent en 2021 (source: EDF)



Station hydrométrique froide

Loire à Blois

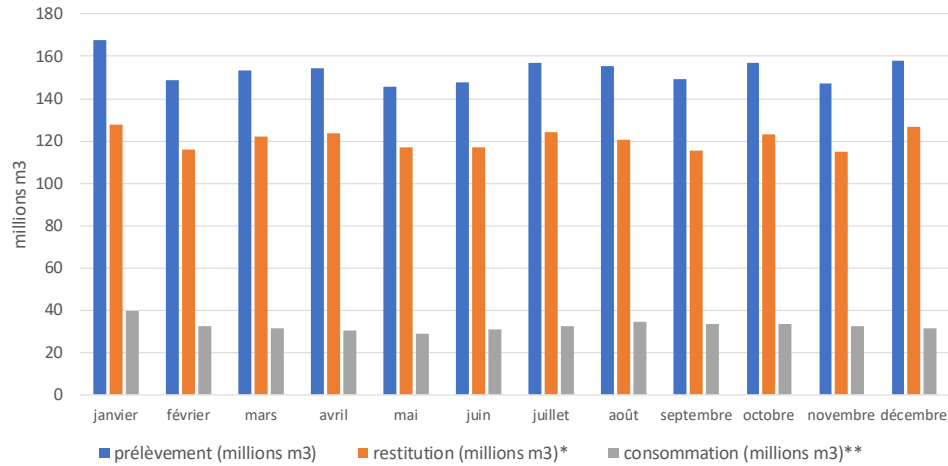


Production

8,9 TWh

BILAN

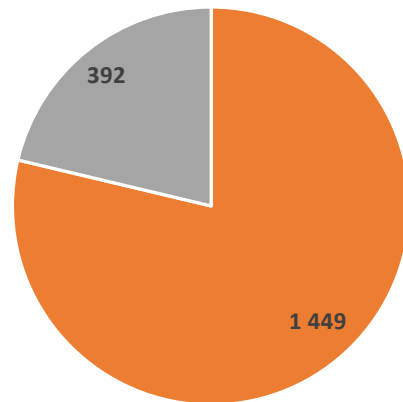
Bilan mensuel CNPE circuit fermé en bord de cours d'eau en 2021
(source: EDF)



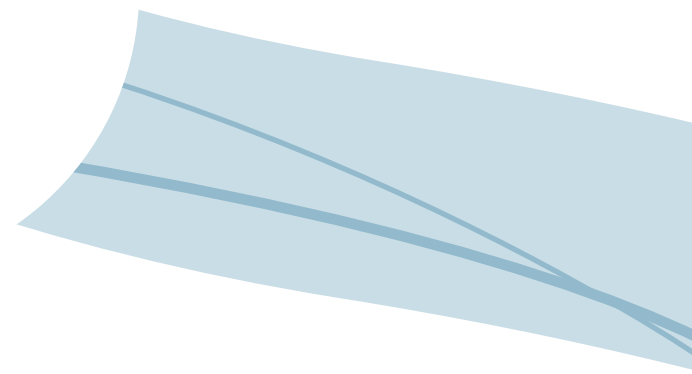
Production

178,6 TWh

Bilan eau CNPE circuit fermé en bord de cours d'eau en 2021 (source: EDF)



■ restitution (millions m3)* ■ consommation (millions m3)**



3. CNPE en cycle ouvert au bord du Rhône

Dans ce groupe, figurent les centrales fonctionnant en circuit ouvert et situées en bord du Rhône (y compris le CNPE du Bugey, cf. remarques infra). L'eau est donc prélevée depuis un milieu aquatique d'eau douce, par contraste avec les centrales situées sur un estuaire ou en bord de littoral, où l'eau est saumâtre ou salée. Ces centrales se caractérisent par :

- Des prélèvements plus élevés que celles fonctionnant en circuit fermé ;
- Une consommation d'eau nulle (> 99 % de l'eau prélevée est restitué au milieu d'origine). Par « restituée », il faut entendre une proximité spatiale (on prélève et on restitue au même milieu) et temporelle (on restitue juste après que l'eau soit passée dans le circuit de refroidissement), entre eau prélevée et eau restituée.

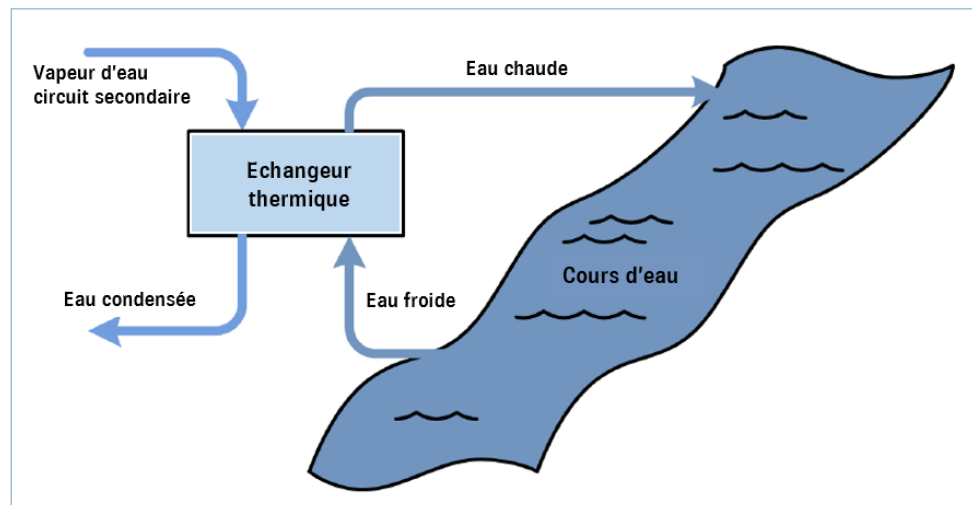
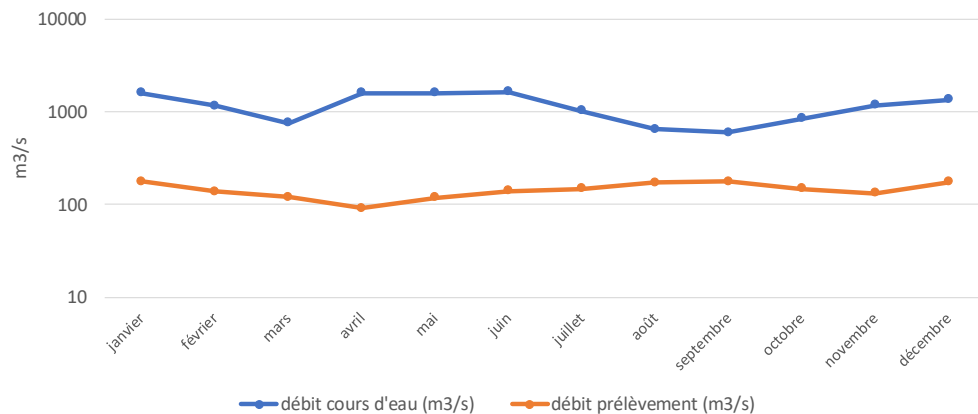


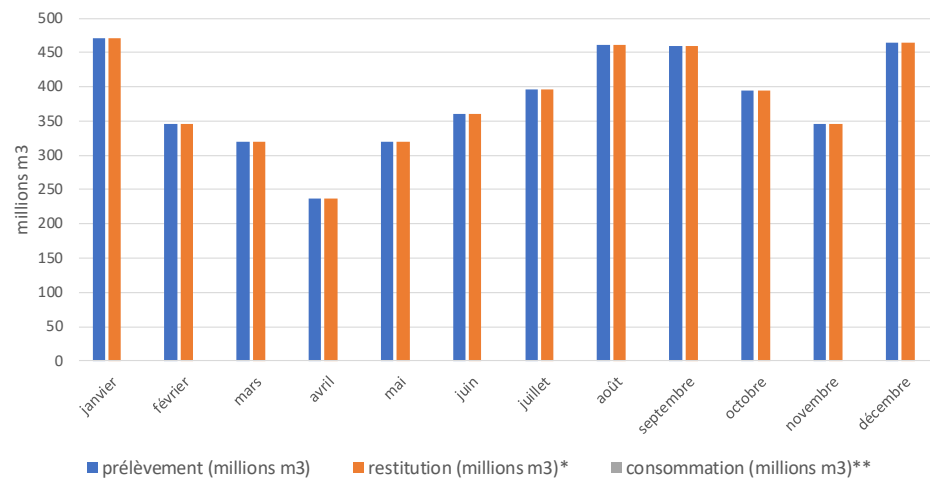
Schéma d'un refroidissement en cycle ouvert (Rutberg, 2012)

TRICASTIN

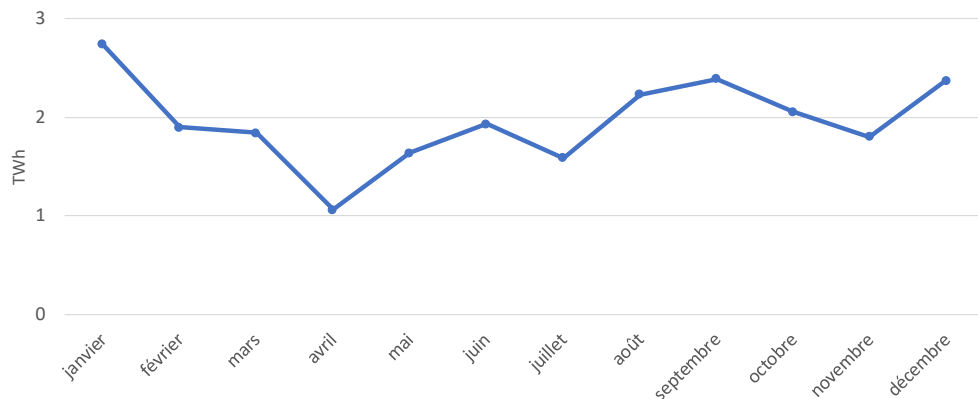
Comparaison des débits du canal de Donzère et des prélèvements du CNPE de Tricastin en 2021 (source: EDF, HydroPortail - eaufrance).
NB: échelle logarithmique₁₀



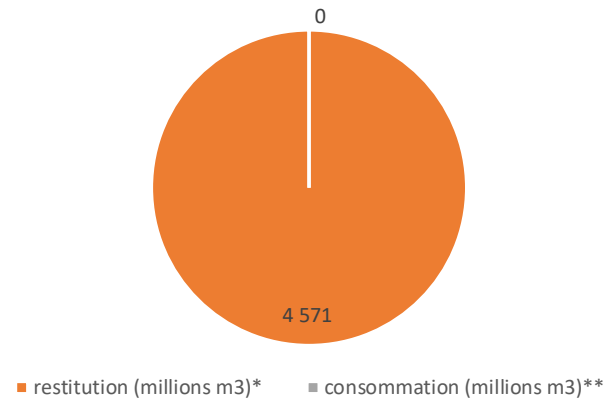
Bilan eau mensuel du CNPE de Tricastin en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE du Tricastin en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Tricastin en 2021 (source: EDF)



Station hydrométrique

Le Rhône à Viviers - Le Rhône à Bourg-St-Andéol

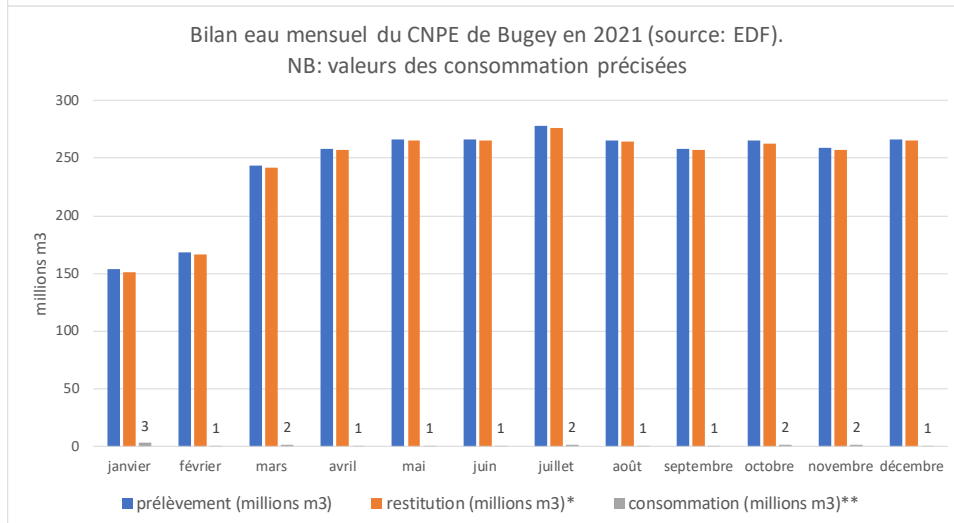
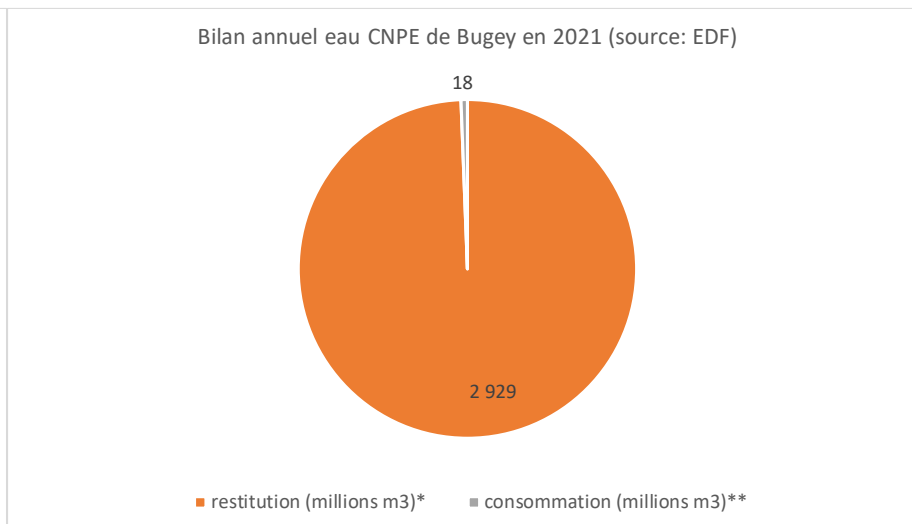
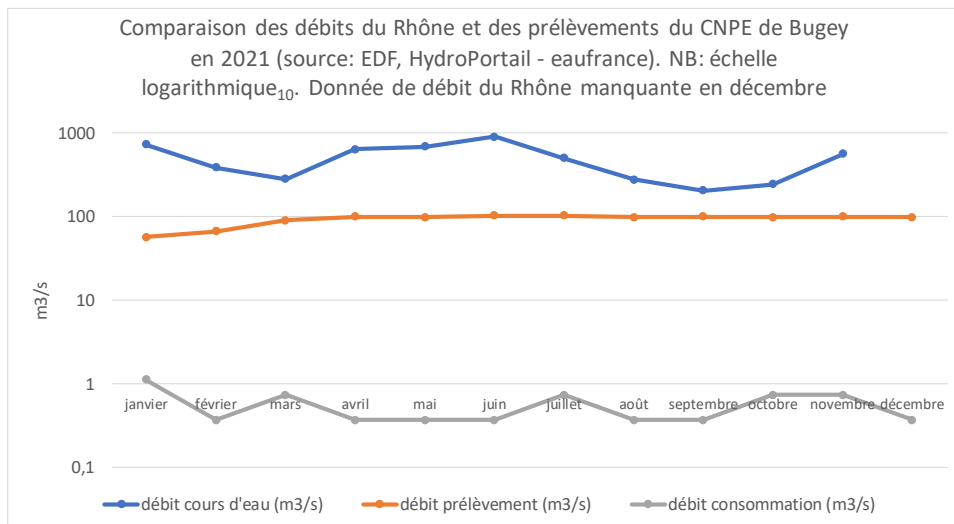


Production

23,5 TWh

NB: le "-" dénote une différence de débits (canal de Donzère).

BUGEY



Le CNPE du Bugey compte deux réacteurs refroidis en circuit fermé, et deux réacteurs refroidis en circuit ouvert. Les bilans prélèvements et consommations pour certaines années (2019, 2020, 2021 par exemple) ne permettent pas de discriminer entre les bilans en eau des différents réacteurs. Pour éviter une minoration de la consommation relative des CNPE du groupe « circuit fermé », la Sfen fait le choix de faire figurer le CNPE du Bugey ici.



Station hydrométrique

Le Rhône à Lagnieu DREAL Rhône Alpes



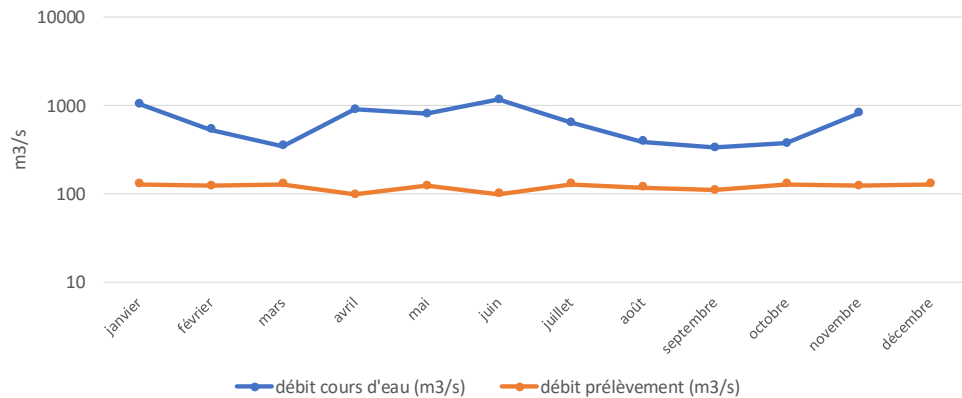
Production

20 TWh

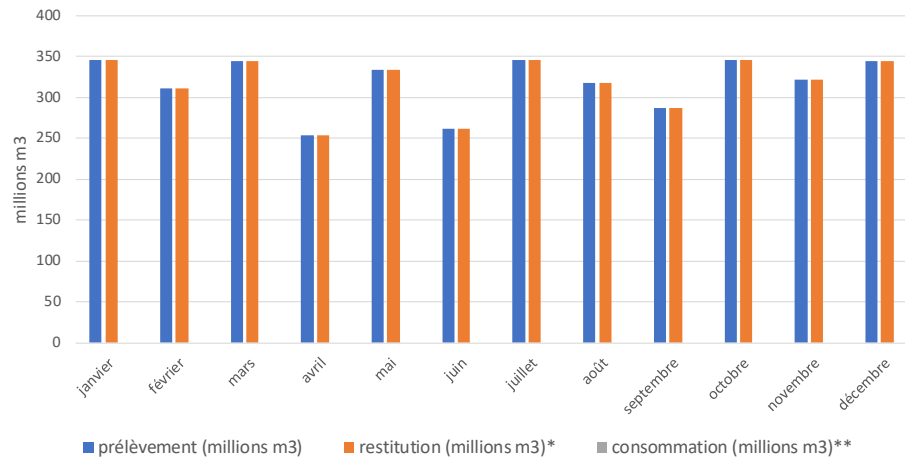
NB: manque de données de débit en décembre 2021

ST ALBAN

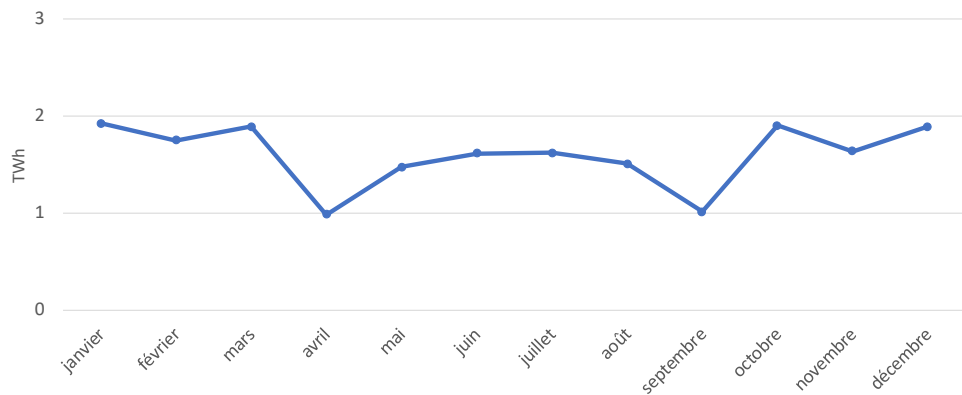
Comparaison des débits du Rhône et des prélèvements du CNPE de Saint Alban en 2021 (source: EDF, HydroPortail - eaufrance). NB: échelle logarithmique₁₀



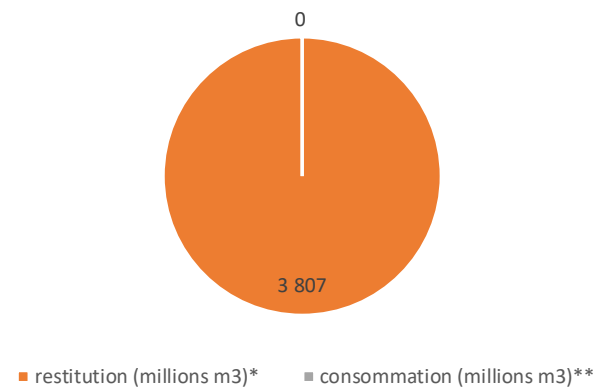
Bilan eau mensuel du CNPE de Saint Alban en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Saint Alban en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Saint Alban en 2021 (source: EDF)



Station hydrométrique

Le Rhône à Lyon Perrache



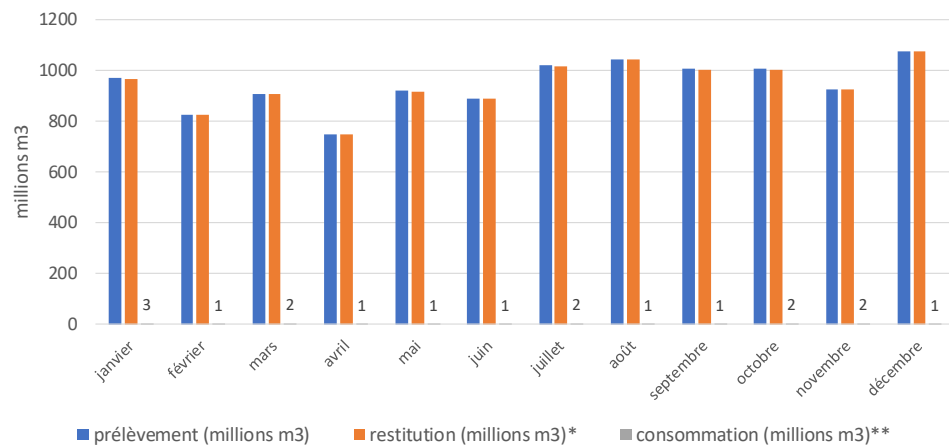
Production

19,2 TWh

NB: absence de données de débit, on prendra la station Le Rhône à Lyon Perrache-CNR

BILAN

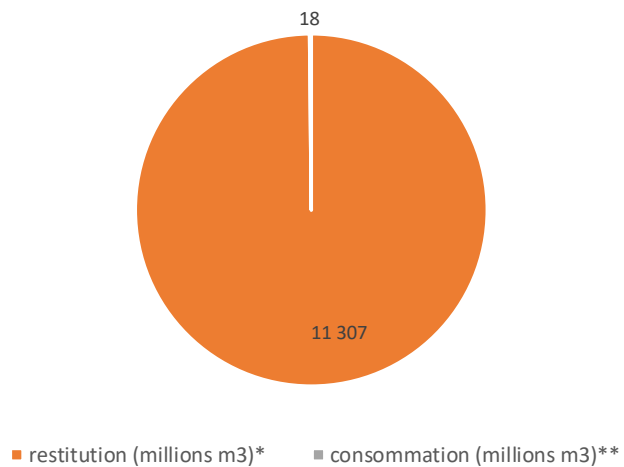
Bilan mensuel CNPE circuit ouvert en bord du Rhône en 2021
(source: EDF). NB: valeurs des consommation précisées

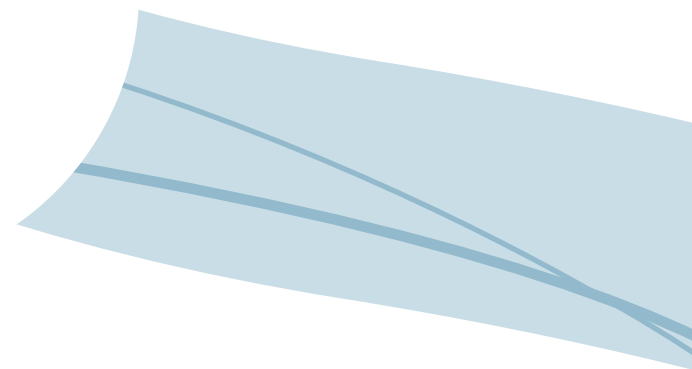


Production

62,7 TWh

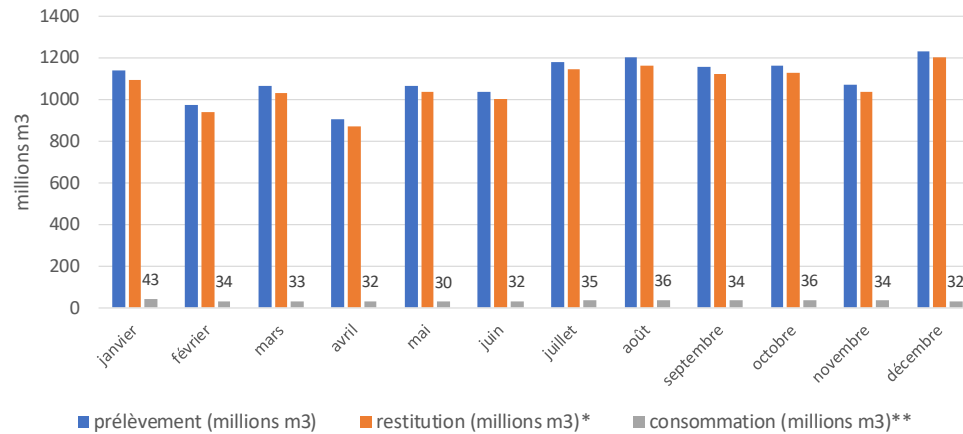
Bilan eau CNPE cycle ouvert en bord du Rhône en 2021 (source: EDF)



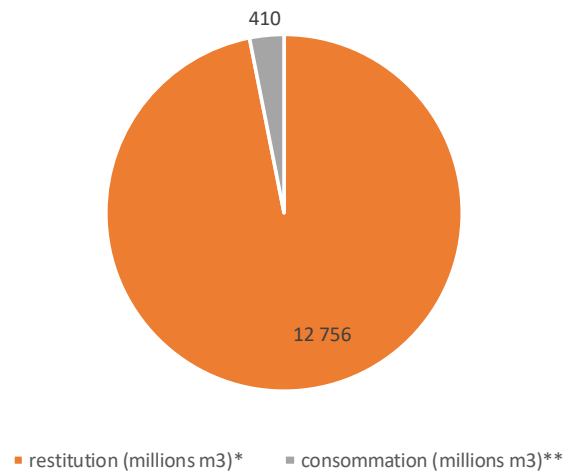


4. CNPE au bord de cours d'eau

Bilan mensuel CNPE en bord de cours d'eau douce en 2021
(source: EDF). NB: valeurs des consommations précisées

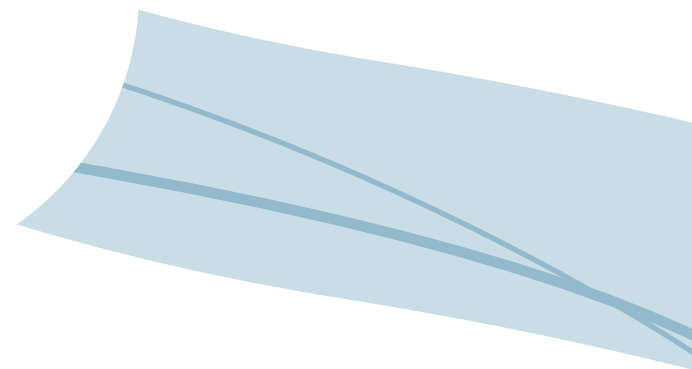


Bilan eau CNPE en bord de cours d'eau douce en 2021 (source: EDF)



Production

241,3 TWh



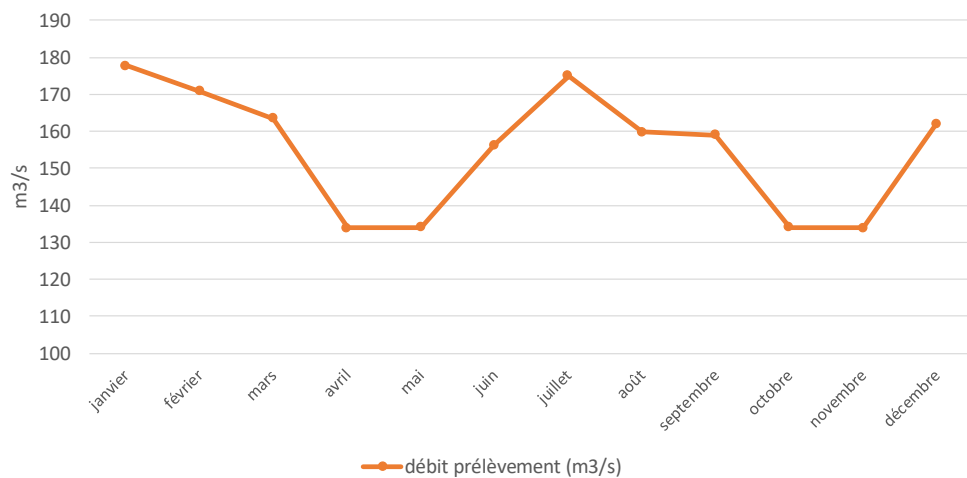
5. CNPE en bord de mer

Dans ce groupe, figurent les centrales situées en bord de littoral (ce qui inclut les estuaires et donc le CNPE du Blayais). Ces centrales fonctionnent en circuit ouvert et prélèvent l'eau de refroidissement directement dans l'étendue d'eau à proximité (mer ou estuaire). Les caractéristiques, comme pour le groupe précédent, sont les suivantes :

- Des prélèvements plus élevés que celles fonctionnant en circuit fermé ;
- Une consommation d'eau nulle (> 99 % de l'eau prélevée est restitué au milieu d'origine). Par « restituée », il faut entendre une proximité spatiale (on prélève et on restitue au même milieu) et temporelle (on restitue juste après que l'eau soit passée dans le circuit de refroidissement), entre eau prélevée et eau restituée.

BLAYAIS

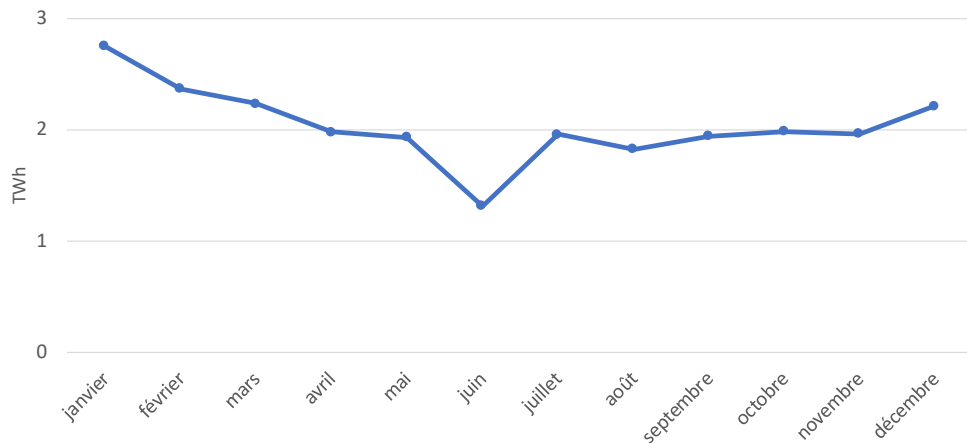
Débit mensuel des prélèvements du CNPE de Blayais en 2021 (source: EDF).



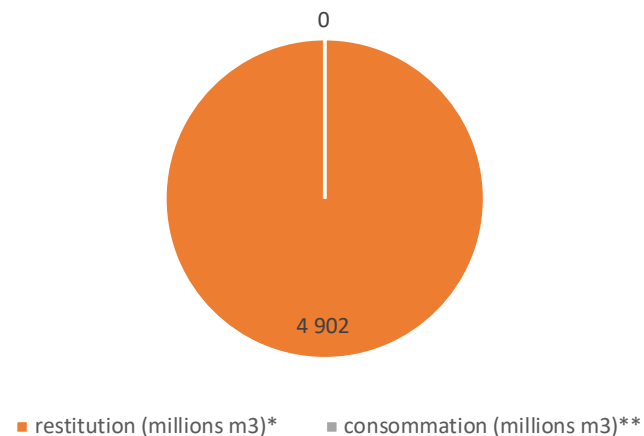
Bilan eau mensuel du CNPE de Blayais en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE du Blayais en 2021 (source: EDF)



Bilan brut eau CNPE de Blayais en 2021 (source: EDF)

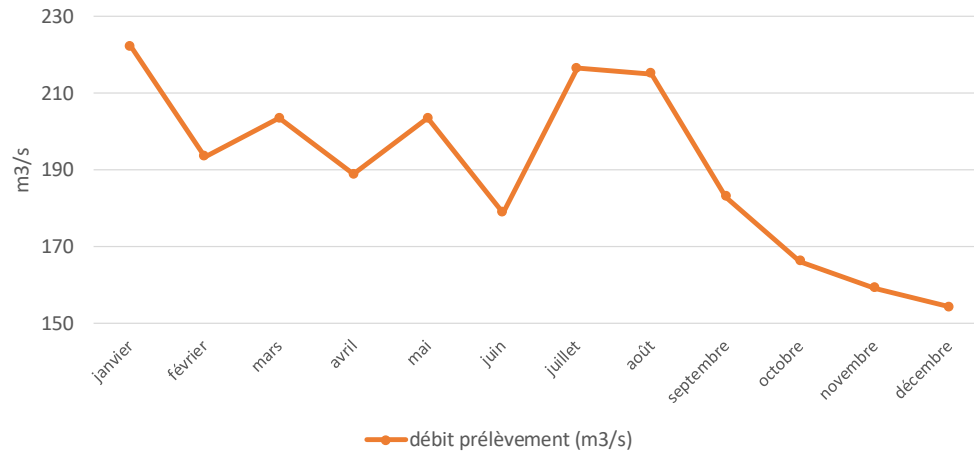


Production

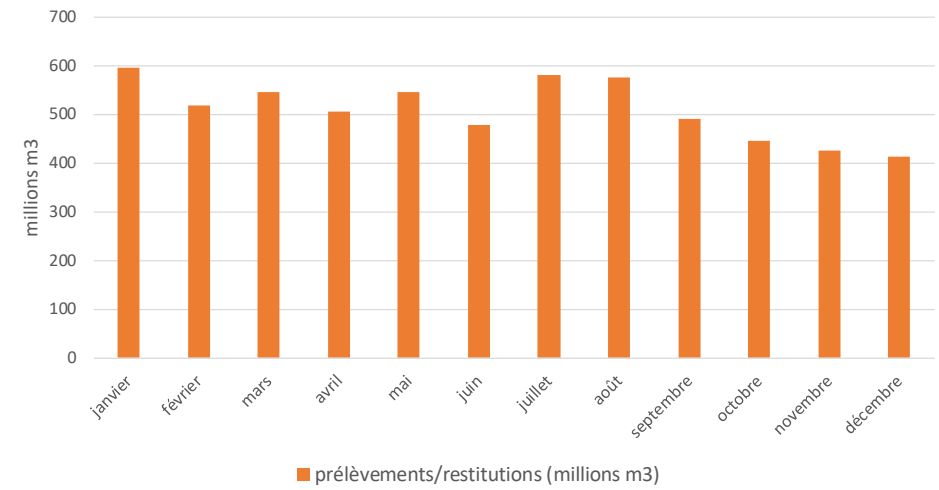
24,5 TWh

GRAVELINES

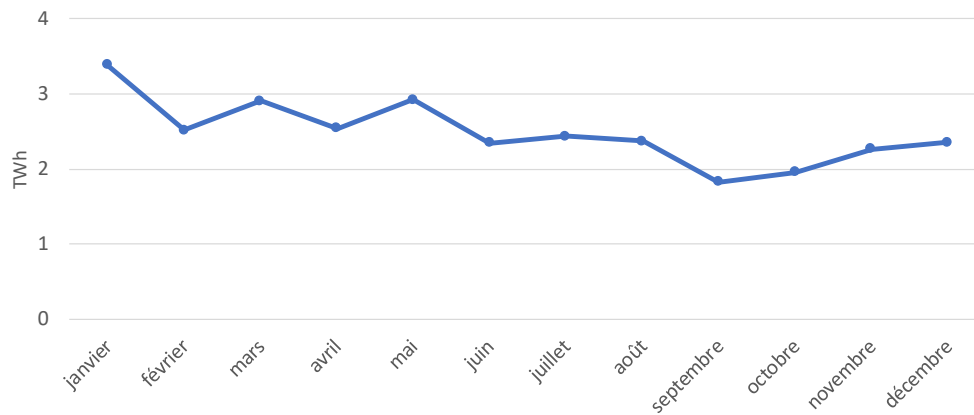
Débit mensuel des prélèvements du CNPE de Gravelines en 2021 (source: EDF).



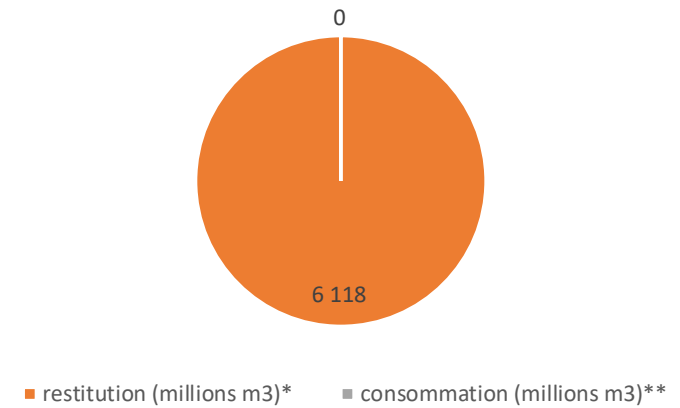
Bilan eau mensuel du CNPE de Gravelines en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Gravelines en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Gravelines en 2021 (source: EDF)

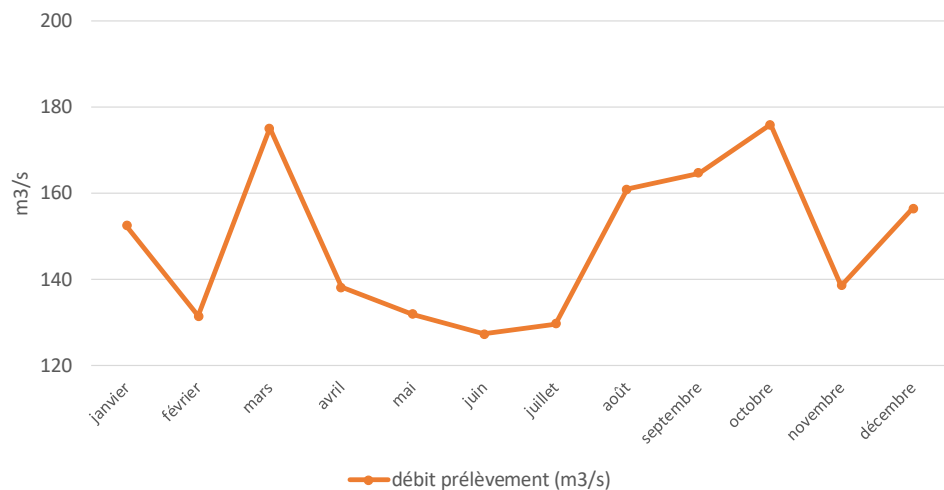


Production

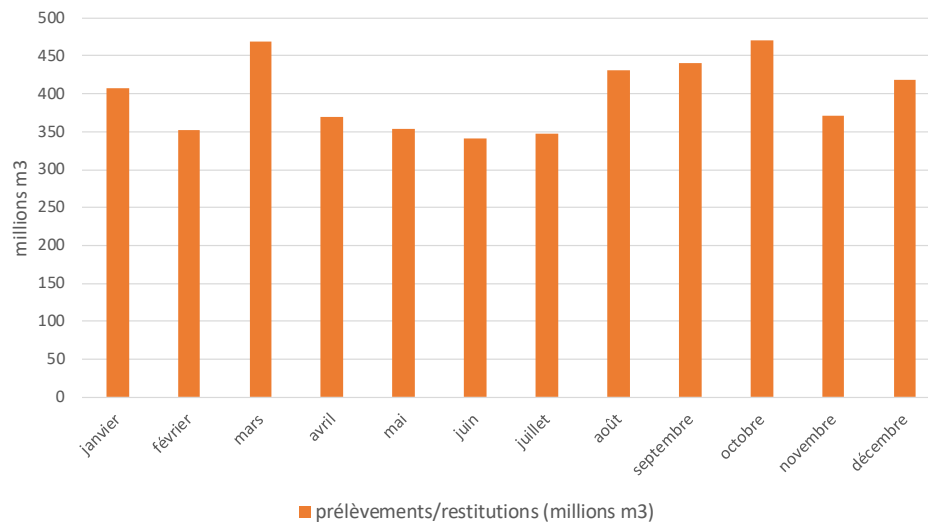
29,8 TWh

PALUEL

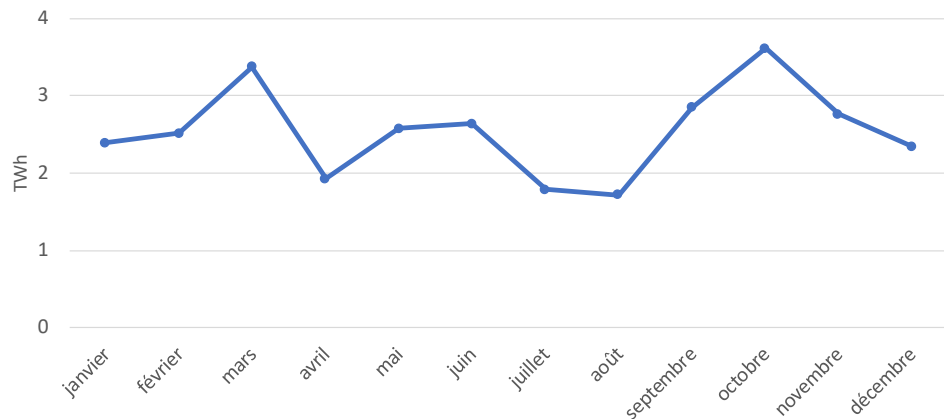
Débit mensuel des prélèvements du CNPE de Paluel en 2021 (source: EDF).



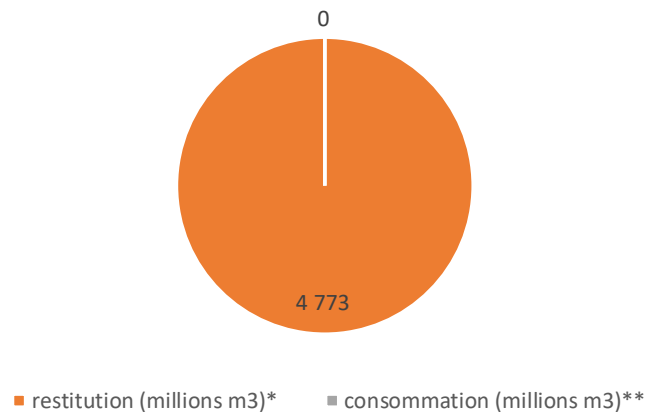
Bilan eau mensuel du CNPE de Paluel en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Paluel en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Paluel en 2021 (source: EDF)

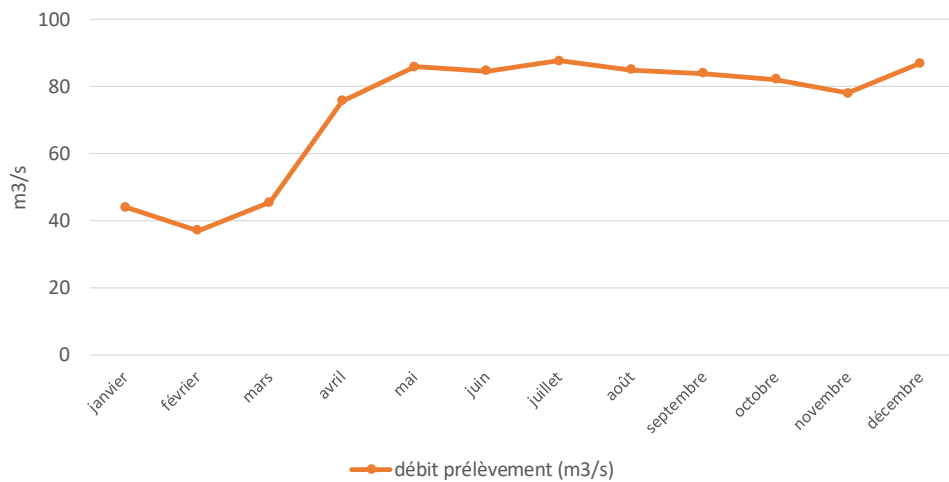


Production

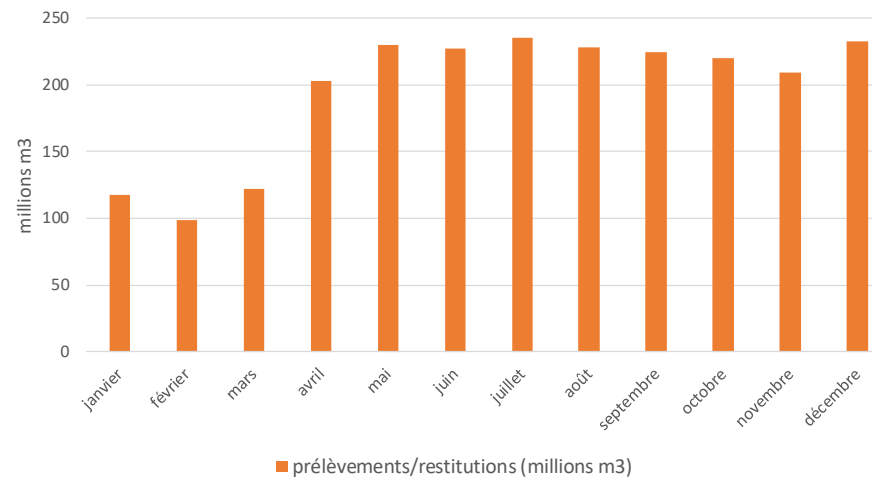
30,5 TWh

FLAMANVILLE

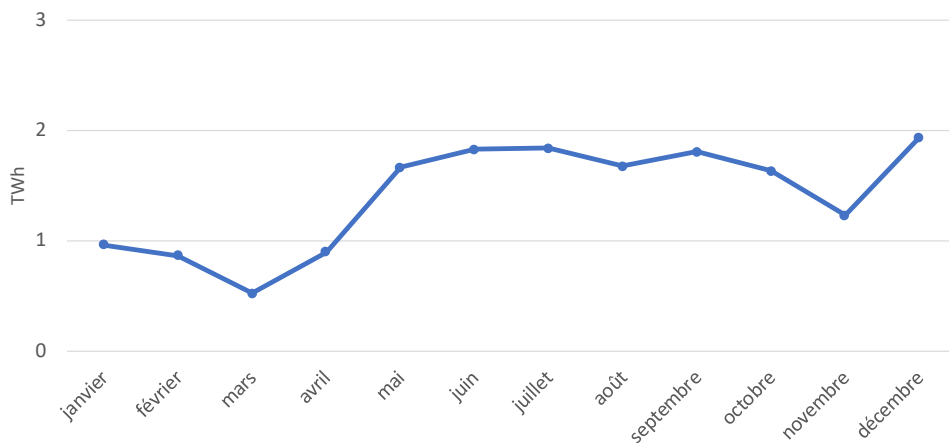
Débit mensuel des prélèvements du CNPE de Flamanville en 2021
(source: EDF)



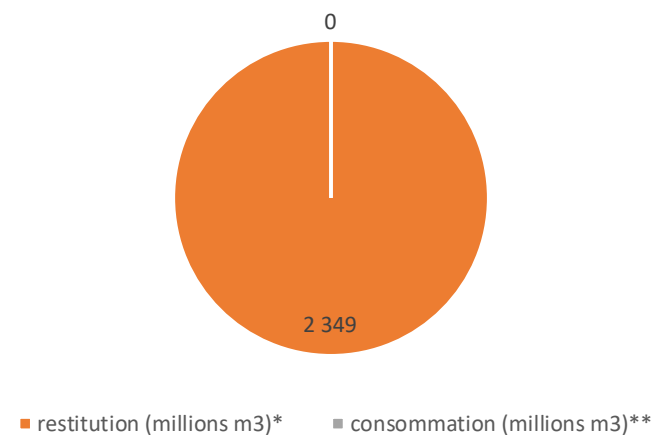
Bilan eau mensuel du CNPE de Flamanville en 2021
(source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Flamanville en 2021 (source: EDF)



Bilan annuel eau CNPE de Flamanville en 2021 (source: EDF)

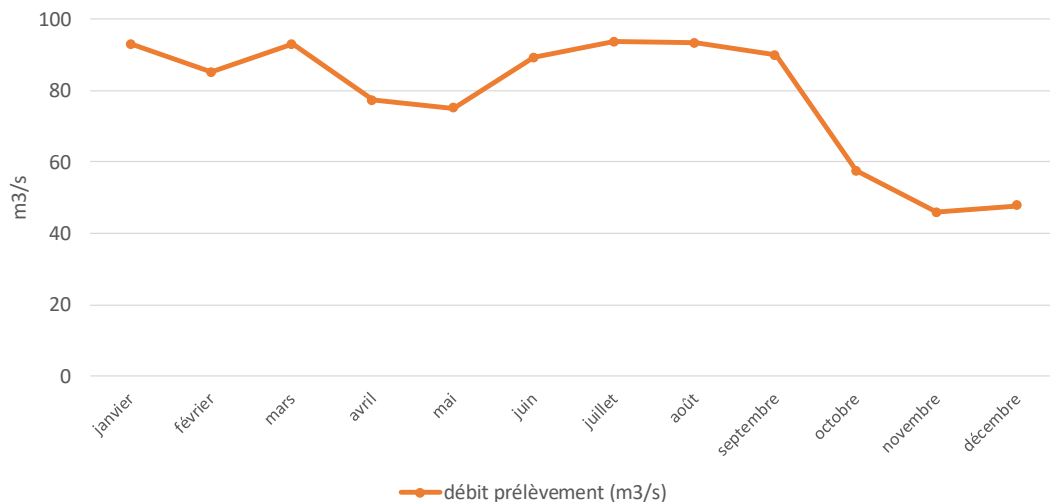


Production

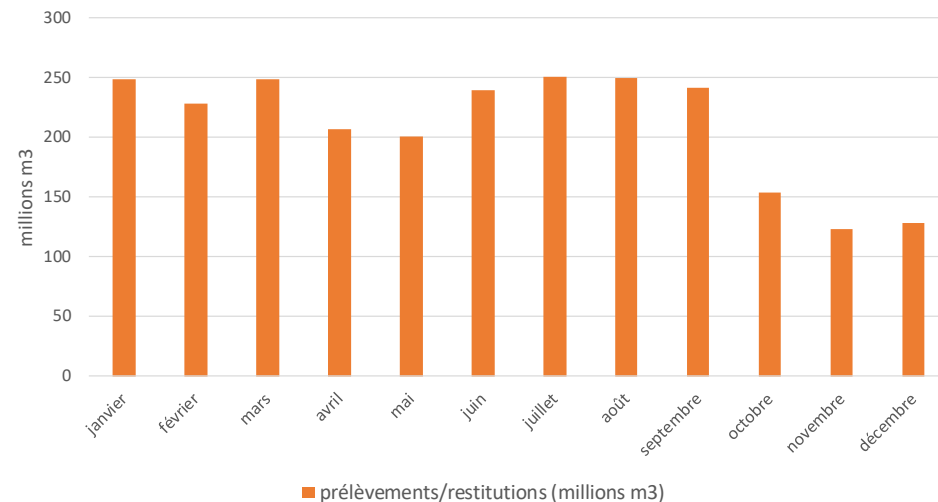
16,8 TWh

PENLY

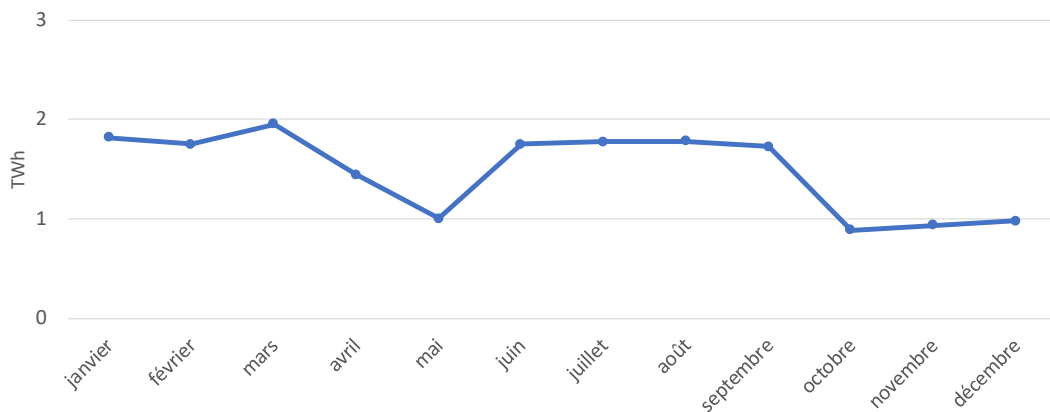
Débit mensuel des prélèvements du CNPE de Penly en 2021 (source: EDF).



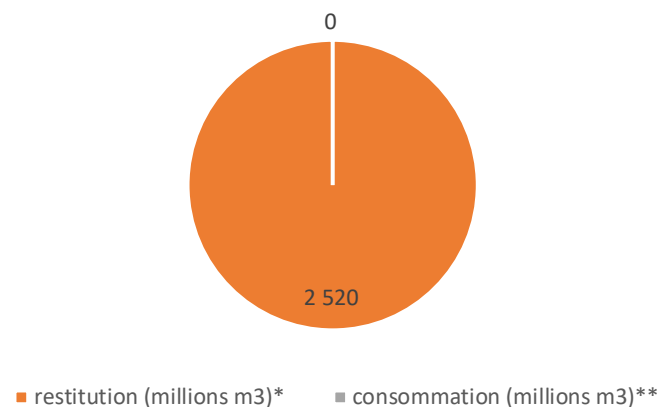
Bilan eau mensuel du CNPE de Penly en 2021 (source: EDF)



Production mensuelle du CNPE de Penly en 2021 (source: EDF)



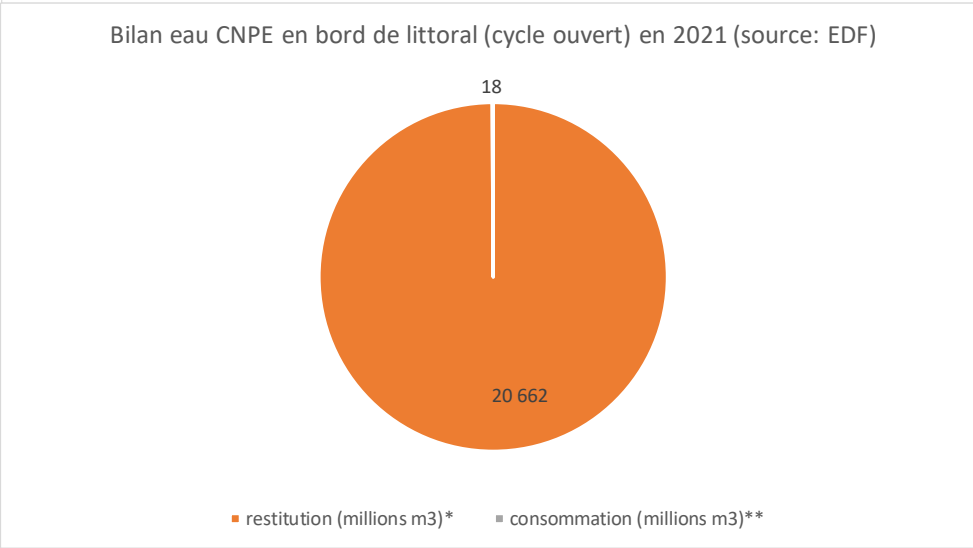
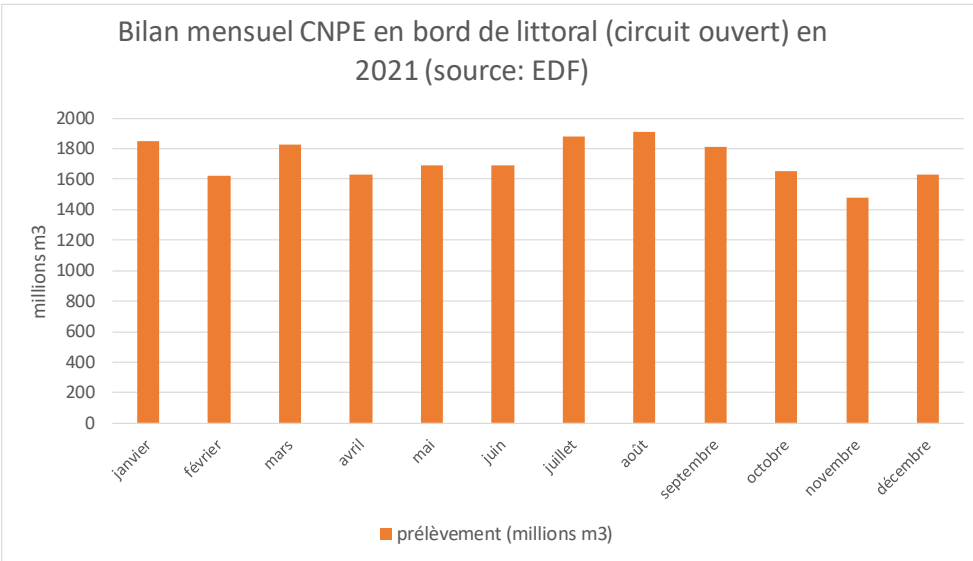
Bilan annuel eau CNPE de Penly en 2021 (source: EDF)



Production

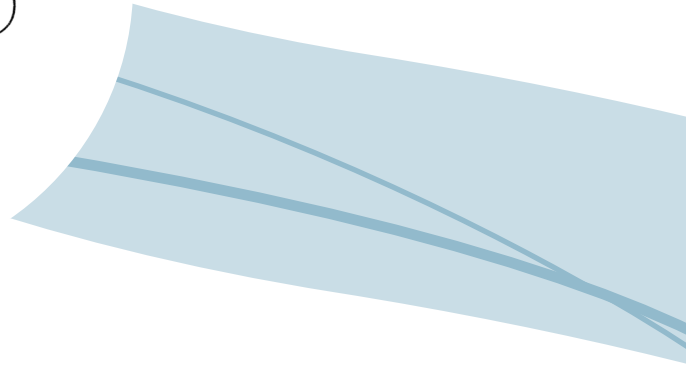
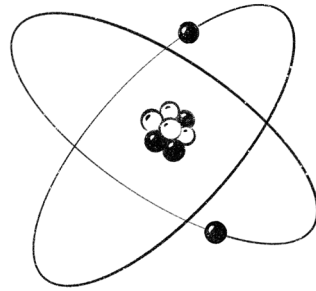
17,8 TWh

BILAN



Production

119,4 TWh



sfen.org



**103 rue Réaumur
75002 Paris**