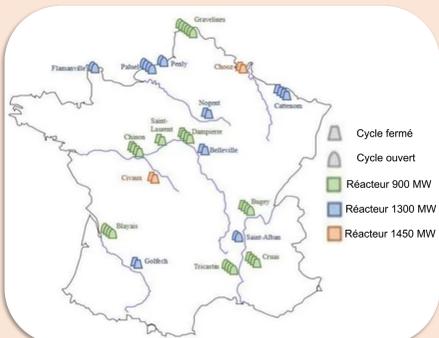


Introduction



La France possède actuellement **56 réacteurs** nucléaires en fonctionnement.

On peut y différencier deux systèmes de refroidissement avec les réacteurs à **cycle ouvert** (schéma de gauche) qui prélèvent **45 ± 5 m³/s** d'eau selon le niveau de puissance et les réacteurs à **cycle fermé** (schéma de droite) qui consomment **2m³/s**.

25% des réacteurs utilisent l'eau de la mer alors que **75%** utilisent l'eau d'un fleuve. Cette eau sert au circuit de refroidissement pour refroidir le condenseur.

Dérèglement climatique



Contrainte thermique, réchauffement de la source froide

En quoi le dérèglement climatique affecte le fonctionnement des centrales nucléaires ?

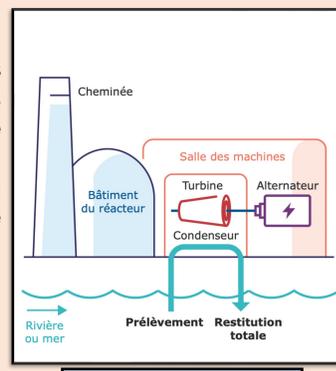


Fig.2 : Circuit à cycle ouvert EDF, 2020

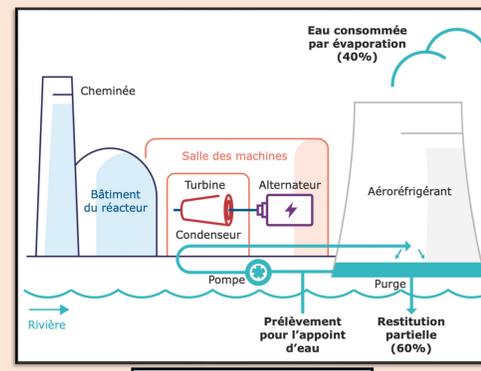


Fig.3 : Circuit à cycle fermé EDF, 2020

I - Réglementation

Quel que soit le mode de refroidissement, ouvert ou fermé, l'échauffement du milieu aquatique et les prélèvements d'eau sont limités par la réglementation du **Code de l'Environnement**. Une **surveillance** par sonde sur la différence de température entre l'amont et l'aval est réalisée afin de respecter une valeur de **3°C**. Lors des dépassements des limites, des dérogations pour augmenter la valeur sont données. Il est possible de baisser la production d'une tranche voire de l'arrêter.

II - Conjoncture climatique

CLIMAT

On peut constater au cours des dernières années une augmentation du nombre de jours de canicule. Cet accroissement devrait atteindre les **+2°C** d'ici **2050** ainsi qu'une augmentation constante de l'intensité des canicules depuis **1992**. Le changement climatique affecte aussi les précipitations de l'ensemble du cycle hydrologique.

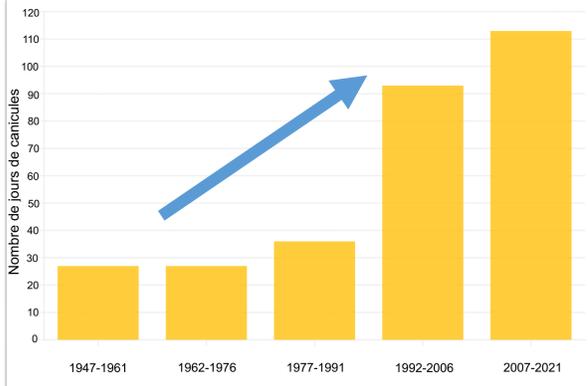


Fig.4 : Augmentation du nombre de jours de canicule en France

Modifications → Incidence débit

→ Cette tendance se traduit par des baisses de débit de **30 %** pour certains fleuves et une baisse des niveaux d'eau. Ces différents risques, qui menacent les sites en bord de fleuve affectent l'environnement et la biodiversité qui y habite.

BIODIVERSITÉ

Le projet **Thermie-Hydrobiologie** sur les premiers effets de cette hausse de température a été mené.

À partir de **25°C**, premiers effets sur certaines espèces aquatiques

Baisse de la fécondité des espèces et hausse de la mortalité

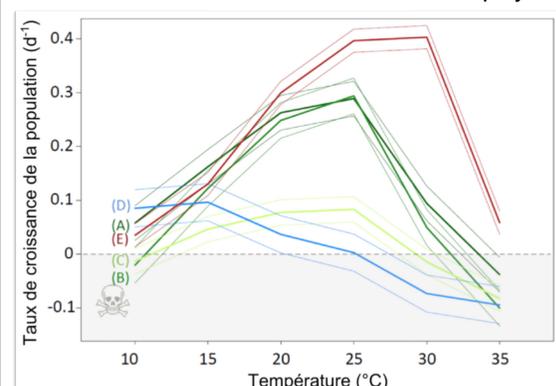


Fig.5 : Taux de croissance chez des espèces de poissons BRLi, 2014

Ces effets sont expliqués par l'augmentation du stress dû à la croissance de la température. Donc, nous devons évoluer sur nos rejets afin de pouvoir continuer à produire, mais aussi afin de ne pas impacter l'environnement.

Conclusion

Le dérèglement climatique aura un impact sur les cours d'eau à long terme, notamment sur leur débit, leur température et leur biodiversité. C'est le débit qui a un rôle majeur sur le phénomène puisqu'il influe sur la variation de la température.

Actuellement, le nombre de jours d'arrêt pour cause de variation de température trop élevée entre l'amont et l'aval est encore faible, on compte **1 %** de perte de production. Une estimation sur la hausse de 2 à 3 fois supérieures est possible dans les années à venir, il est possible pour des périodes caniculaires de limiter cette hausse et de ne pas perdre en production grâce à des méthodes. Nous sommes sur une fin de génération des réacteurs **900 MWe**, il n'est pas préjudiciable de faire des modifications d'une telle ampleur. Mais à l'avenir ne serait-il pas possible de produire de l'électricité grâce à des villes en France ?

III - Moyen de remédiation

L'utilisation des eaux usées :



Fig.6 : Centrale nucléaire d'Arizona

ARIZONA Palo Verde
3 réacteurs
1988
3 942 MW

Les États-Unis ont décidé pour un de leur site d'utiliser comme source froide, les **eaux usées** de la ville de Phoenix. La ville compte un peu plus de 1,6 million d'habitants et se trouve à 54 kilomètres du site. Depuis 34 ans, le circuit de refroidissement est alimenté par ce système où un traitement est prévu avant de stocker cette eau dans des réservoirs.

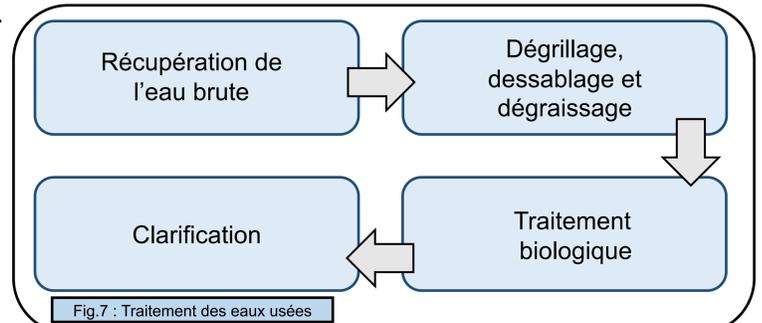


Fig.7 : Traitement des eaux usées

Il est donc possible de faire fonctionner un réacteur **sans fleuve ou mer**. Ainsi, nous produisons et notre source froide n'est pas impactée par la baisse de débit.

L'utilisation de tronçons de court-circuitage:

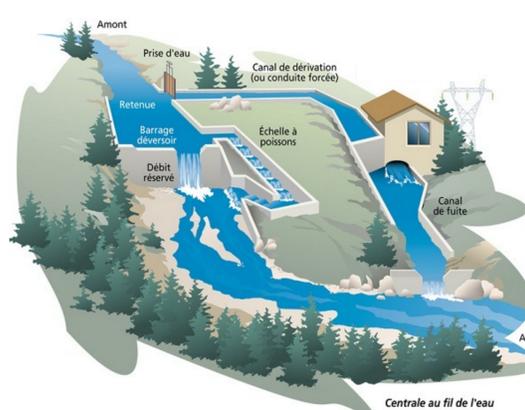


Fig.8 : Schéma du principe d'un tronçon de court-circuitage Poiriel, 2016

Cette seconde technique a pour but de refroidir l'eau d'un fleuve par un **court-circuit**. Sur le Rhône, ce système est utilisé et permet de refroidir le fleuve.

- Création d'un canal artificiel
- Augmentation du débit
- Dilution

Le **débit** influence la température en modifiant le temps de transfert des **masses d'eau** et en diluant les rejets thermiques, une gestion spécifique des ouvrages de stockage de ces affluents permettrait de limiter ponctuellement, pendant un nombre de jours restreint, les températures du Rhône.

Bibliographie

- [1] BRLi, 2014. ÉTUDE DE LA GESTION QUANTITATIVE DU FLEUVE RHÔNE À L'ÉTIAGE. Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse.
- [2] Coeffé, Y., Manoha, B., 1983. Hydraulic problems connected with nuclear power plant once-through cooling systems. La Houille Blanche 69, 59-71. <https://doi.org/10.1051/lhb/1983007>
- [3] Électricité de France (Ed.), 2020. Centrales nucléaires et environnement: prélèvements d'eau et rejets, Éd. 2020. ed. EDP Sciences, Les Ulis.
- [4] Langlais, S., Poiriel, A., 2016. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE THERMIQUE DU RHÔNE MAI 2016.
- [5] MAIRE, A., 2020. Synthèse du programme de recherche Thermie-Hydrobiologie 2016-2020. EDF.