



L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DU PARC DE REACTEURS NUCLEAIRES

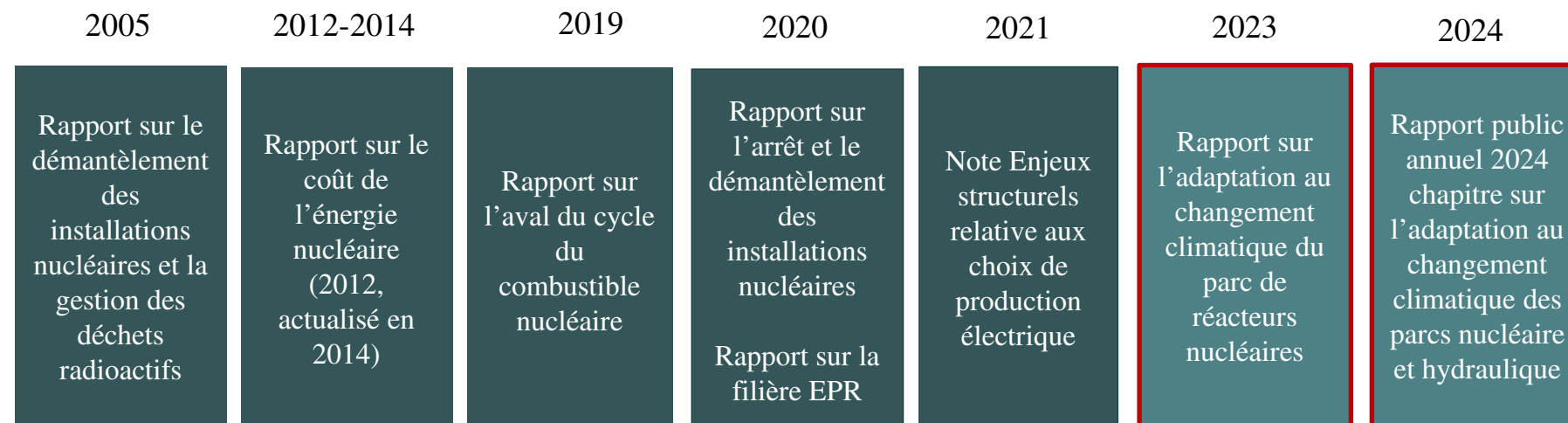
Présentation dans le cadre de
la 69^{ème} réunion plénière du HCTISN

21 Juin 2024



LE CONTEXTE ET L'OBJET DE L'INSTRUCTION

LES TRAVAUX DE LA COUR SUR LE NUCLÉAIRE CIVIL

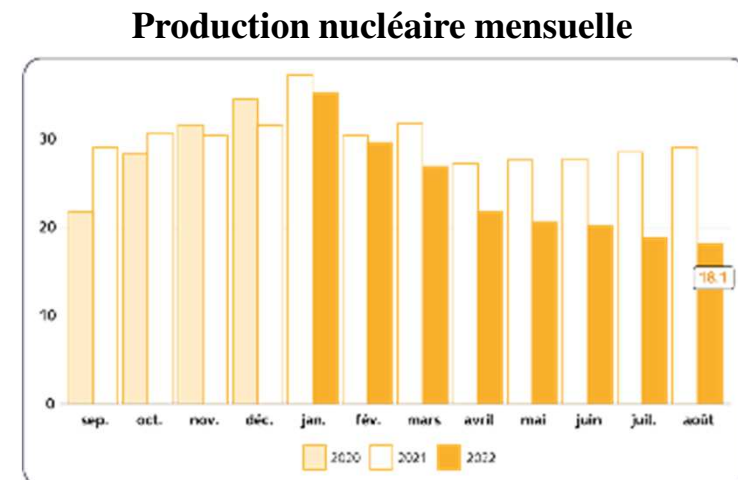


→ Les rapports de 2023 et 2024 analysent les effets prévisibles du changement climatique sur le parc nucléaire actuel et sur les nouveaux projets de réacteurs, en termes de sûreté et d'exploitation.



CONTEXTE DE L'ENQUÊTE

- **Accélération du changement climatique : 6^{ème} rapport du GIEC et épisodes caniculaires de l'été 2022**
- **Plan de relance du nucléaire annoncé par le Président de la République**
- **En parallèle baisse historique de la production nucléaire en 2022**
- **Contexte législatif et réglementaire**



Source : RTE



RAPPELS INTRODUCTIFS

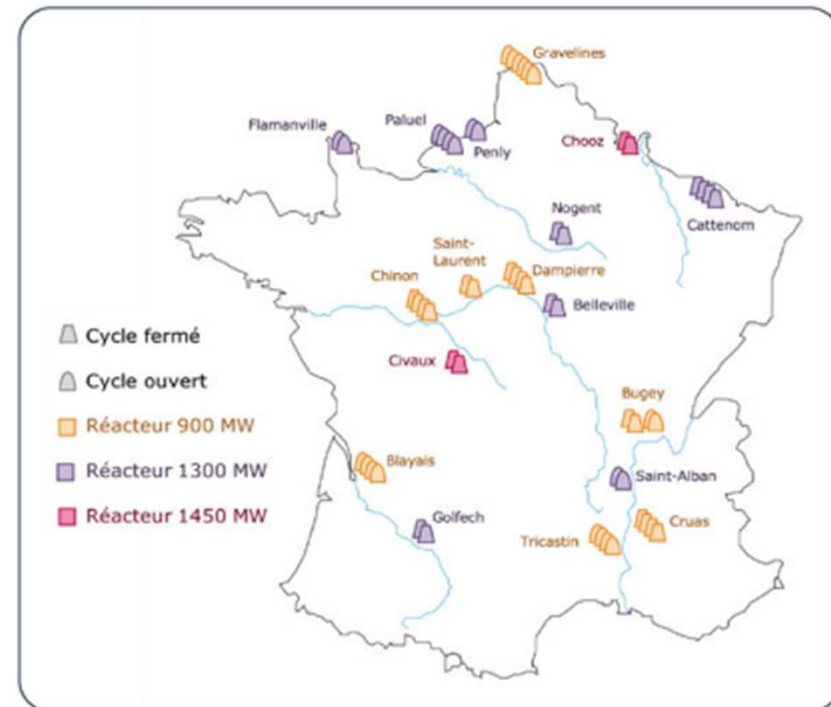
- Les conséquences du changement climatique affectent le **parc actuel**, mais ils doivent également être pris en compte dans les **projets de construction de nouveaux réacteurs**
- Le changement climatique est susceptible d'affecter les installations elles-mêmes (équipements) mais aussi leur environnement extérieur proche (débit et températures des cours d'eau, niveau marin), directement en lien avec la sûreté et l'exploitation du parc nucléaire
- Les risques affectant la périphérie des centrales (par exemple : accentuation des risques incendie de forêts et de végétation, de submersion des axes routiers) ne sont pas directement traités par le présent rapport
- Le rapport concerne exclusivement le parc de production électronucléaire actuel et à venir de l'exploitant EDF



RAPPELS INTRODUCTIFS

18 centrales regroupant 56 réacteurs en exploitation, d'une puissance comprise entre 900 MWe et 1 450 MWe, pour une puissance totale installée de 61,4 GW.

- **Sûreté et exploitation sont dépendantes de la ressource en eau**
- **2 types de systèmes de refroidissement : circuit ouvert ou circuit fermé, caractérisés par des volumes très différenciés de prélèvements et de consommations d'eau**
- **Perspectives de développement du parc nucléaire (Discours Belfort en février 2022) :**
 - 6 premiers EPR2 sites identifiés : Penly, Gravelines, le Bugey
 - 8 EPR2 (tranche optionnelle), sites non identifiés



→ Le rapport analyse les effets prévisibles du changement climatique sur le parc nucléaire actuel et sur les nouveaux projets de réacteurs, en termes de sûreté et d'exploitation.



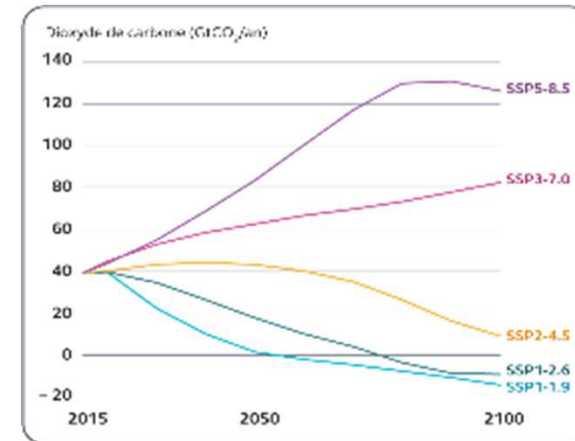
LES PRINCIPAUX CONSTATS



1. LES RAPPORTS DU GIEC : LA BASE D'ANALYSE POUR L'EXPLOITANT

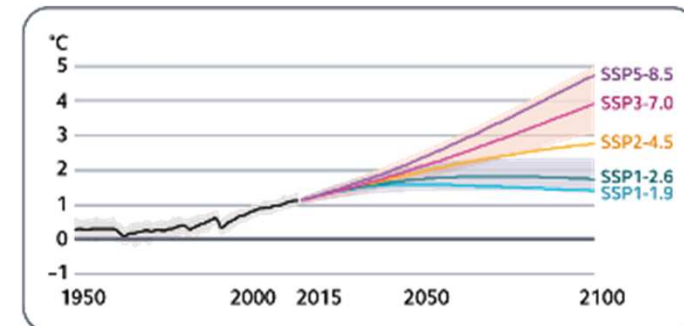
- L'exploitant utilise les projections climatiques issues de travaux internationaux : GIEC5 et GIEC6, s'appuyant pour la France sur Météo-France et l'Institut Pierre Simon Laplace.
- Il retient quatre scénarios sur cinq d'émissions de GES, dont les scénarios médian SSP2-4.5 et pessimiste SSP5-8.5.
- Le changement climatique entraine un accroissement des aléas et de leurs effets sur le parc nucléaire (actuel et futur) :
 - Augmentation des températures et multiplication des événements extrêmes
 - Pour les fleuves, diminution des débits moyens et des étiages
 - Élévation du niveau de la mer
- Des modèles climatiques toutefois peu adaptés pour apprécier le changement climatique à court terme (10 à 20 ans)

Émissions annuelles futures de CO₂



Source : GIEC sixième rapport

Changement de température à la surface du globe par rapport à 1850-1900



Source : GIEC sixième rapport



2. LA RESSOURCE EN EAU, PRINCIPAL ENJEU DU CHANGEMENT CLIMATIQUE POUR LE PARC NUCLÉAIRE

- **Les besoins en eau du parc nucléaire.**

Un peu plus de la moitié du volume total d'eau douce prélevée (volume total = 33,5 milliards de m³ moyenne 2008- 2018) est destiné au refroidissement des centrales électronucléaires, qui en restituent la quasi-totalité au milieu naturel, soit 98 % (différent selon le type de système de refroidissement cycle ouvert/fermé)

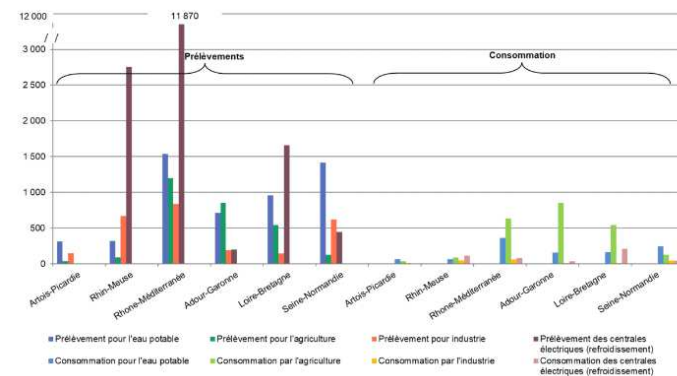
La série de données sur l'estimation de la consommation d'eau douce a été révisée à la baisse, en mars 2023, à la suite de la mise à disposition de données détaillées de consommation d'eau par centrale électrique nucléaire. Ces estimations transmises par EDF, ont montré que les coefficients précédemment utilisés pour l'estimation de la consommation des centrales conduisaient à une surestimation de celle-ci.

Note : prélèvements d'eau douce, hors hydroélectricité et alimentation des canaux de navigation, les prélèvements en estuaires et en mer sont exclus.

Champ : France métropolitaine (hors Corse).

Sources : OFB, Banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau (volumes prélevés) ; EDF (données de consommation d'eau pour les centrales électriques) ; Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement (taux de rendement des réseaux de distribution d'eau potable). Traitements : SDES, 2023

Prélèvements et consommation d'eau douce en France métropolitaine, par usage et par bassin hydrographique en millions de m³ moy. 2010-2018



- **Les conséquences du changement climatique sur la ressource en eau**

- Pour les cours d'eau**

- Disponibilité (raréfaction, débit réduit, étiage)
 - Température de l'eau, réchauffement (amont et aval)
 - Partage de la ressource en eau, conflits d'usages
 - Dilution des rejets radioactifs, chimiques et thermiques

- Pour les littoraux**

- Niveau de la mer / Submersion marine

Recommandation : Fiabiliser les mesures de prélèvement et de consommation d'eau des centrales nucléaires (MEFSIN, MTECT, ASN, EDF, 2024).



3. DES ENJEUX D'ADAPTATION PROGRESSIVEMENT APPRÉHENDÉS PAR L'ETAT ET PAR EDF

- **Les deux plans nationaux d'adaptation au changement climatique**
PNACC 1 (2011-2015) et PNACC 2 (2018-2023). 3^{ème} PNACC prévu en 2024.
 - Le PNACC1 a permis le développement de nouveaux outils comme le portail DRIAS (« descentes d'échelle » et projections climatiques localisées)
 - **La démarche d'adaptation d'EDF :**
 - Une sensibilisation au sujet, notamment en termes de recherche, dès les années 1990
 - La création d'un service climatique en 2014 en appui à l'ensemble des directions
 - Des projets d'adaptation déclinés par direction en 2022
 - Une volonté de déployer une approche site par site d'ici 2025
- Mais nécessité d'une approche plus intégrée et territorialisée (systémique) de l'ensemble des acteurs**



4. UNE PRISE EN COMPTE DES RISQUES EN TERMES DE SÛRETÉ À LA CONCEPTION ET LORS DES EXAMENS PÉRIODIQUES

- **Le dimensionnement du parc actuel contre les agressions**
- **Une réévaluation continue des risques associés aux agressions d'origine naturelle dans la démonstration de sûreté (températures élevées de l'air et de l'eau, niveau marin, risque d'étiage)**
- **Le renforcement de la prévention contre les agressions naturelles après l'accident de Fukushima**
- **Les positions adoptées par l'ASN sur les réexamens périodiques (visites décennales)**



5. UN COÛT DE L'ADAPTATION QUI N'EST PAS ENCORE PLEINEMENT MESURÉ

- EDF ne comptabilise pas séparément les investissements réalisés en lien direct avec l'adaptation au changement climatique.
- À la demande de la Cour, elle a toutefois produit des tableaux agrégeant les dépenses se rapportant aux principales adaptations consécutives aux plans de l'entreprise (notamment « Grands Chauds ») ou à certains investissements liés aux visites décennales.

Tableau n° 8 : investissements réalisés liés aux événements météorologiques extrêmes à fin 2021 (en M€)

		Dépenses
<i>Grands Chauds</i>	VD4 900	12,3
	VD3 1300	319,1
	VD2 N4	18,0
<i>Projet agressions externes (Grands Chauds)</i>	Palier 900 MW avant VD4	429,3
<i>Autres</i>	Source froide	125,3
	Tornades	1,8
	Digues	52,3
	Autres	3,8
<i>Total</i>		961,8

Source : EDF

Tableau n° 9 : investissements d'adaptation programmés sur la période 2022-2038 (en M€)

		Dépenses
<i>Grands Chauds</i>	VD4 900	52,2
	VD3 N4	100,7
	VD2 N4	8,0
<i>Autres</i>	Source froide	238,1
	Tornades	158,4
	Digues	53,6
	Autres	1,6
<i>Total</i>		612,6

Source : EDF

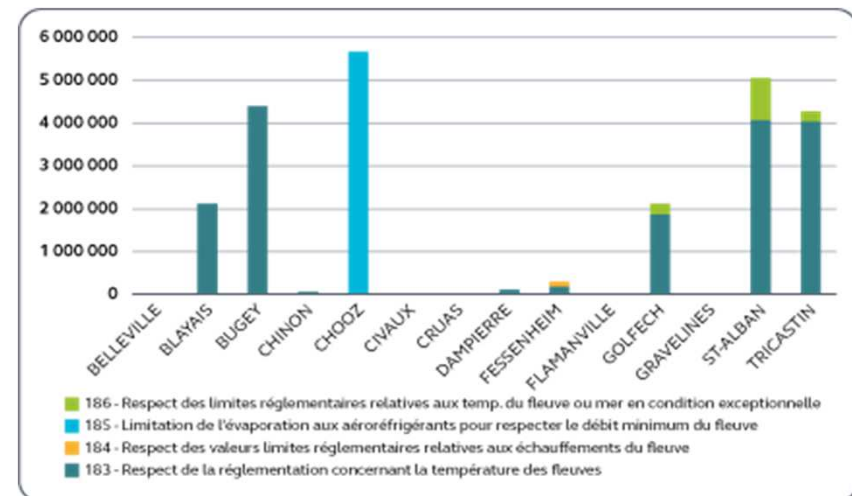
Recommandation : Identifier et mesurer les coûts d'adaptation au changement climatique du parc de production nucléaire, en fonctionnement et en investissement (EDF, 2023).



6. DES EFFETS MODERES MAIS CROISSANTS DES EVOLUTIONS CLIMATIQUES SUR LA DISPONIBILITE DU PARC (1) - DES PERTES DE PRODUCTION LIMITÉES MAIS DES RISQUES DE TENSION CROISSANTS POUR LE RÉSEAU

- Deux contraintes de production
- La sensibilité du parc aux normes environnementales
- Les limites de prélèvement issues d'accords transfrontaliers
- Des pertes de productible inférieures à 1 % de la production annuelle, hormis en 2003, où elle a atteint 1,4 %.
- Des pertes d'opportunités économiques modérées au cours de la période considérée.
- Une possible multiplication par un facteur de trois à quatre des indisponibilités liées au réchauffement climatique à échéance de 2050

Bilan des pertes de production (en MWh) par site pour les critères de débit (étiage) et température (canicule) entre 2000 et 2022



Source : EDF



6. DES EFFETS MODERES MAIS CROISSANTS DES EVOLUTIONS CLIMATIQUES SUR LA DISPONIBILITE DU PARC (2) : LA NÉCESSITÉ DE MIEUX APPRÉHENDER LA CONTRAINTE HYDRIQUE ET DE RENFORCER LA R & D D'EDF

- **Mieux apprécier la contrainte hydrique pour les centrales comme pour l'environnement.**
 - Évolution du débit des fleuves
Recommandation : Mesurer et publier les impacts de la contrainte hydrique sur les centrales nucléaires situées en bord de rivière ou d'estuaire et adapter si nécessaire leurs capacités d'entreposage avant rejet des effluents liquides (MEFSIN, ASN, EDF, MTECT, 2024).
 - Fondements scientifiques justifiant les limites réglementaires de rejets thermiques
Recommandation : Consolider et mettre à jour les fondements scientifiques justifiant les limites réglementaires applicables aux rejets thermiques des réacteurs nucléaires (MTECT, ASN, 2024).
- **Renforcer la recherche et développement d'EDF**
 - Malgré une veille active, aucune innovation technique notable sur le parc existant et confirmation des choix technologiques actuels (circuit ouvert pour des sites en bord de mer, aéroréfrigérants humides pour des sites en bord de rivière). Une expérimentation en cours pour la récupération d'eau des tours aéroréfrigérantes.
Recommandation : Renforcer la recherche et développement sur les systèmes de refroidissement sobres en eau ainsi que sur des systèmes de traitement biocide plus sobres en réactifs chimiques rejetés dans le milieu naturel (EDF, 2024).



7. LES FUTURES INSTALLATIONS SOUMISES À DES EXIGENCES FORTES DU FAIT DES ÉVOLUTIONS CLIMATIQUES À LONG TERME

- **Des évolutions technologiques potentielles**

À l'étranger, des centrales soumises à des contraintes climatiques fortes (Barakah aux Émirats Arabes Unis) et des systèmes de refroidissement dits sobres en eau (Palo Verde en Arizona).

Le projet de SMR Nuward en développement pour la prochaine décennie.

- **La conception des EPR2 :**

- Ne comporte pas de ruptures technologiques (choix du circuit ouvert pour des sites en bord de mer, aéroréfrigérants humides pour des sites en bord de rivière).
- Ne tient pas compte de scénarios allant au-delà du SSP5-8.5, c'est-à-dire une fonte des calottes glaciaires provoquant une plus forte hausse du niveau de la mer.
- Ne s'appuie pas sur une approche suffisamment intégrée et territorialisée des réponses au changement climatique,

Recommandation : Formaliser une approche commune de l'adaptation au changement climatique pour le nouveau nucléaire, intégrée et déclinée par site (MEFSIN, ASN, IRSN, EDF, 2024).

- **Pour les 8 EPR 2 en option, un choix de sites à éclairer rapidement.**

Recommandation : Produire les études de préfaisabilité prenant en compte le changement climatique concernant les huit EPR2 en option (MTE, EDF, 2025).

Cour des comptes



MERCI DE VOTRE ATTENTION