



Eau, Radioactivité, Environnement
3 – 4 décembre 2014 - PARIS



Eau et centrales nucléaires

Alain VICAUD
EDF – Production nucléaire



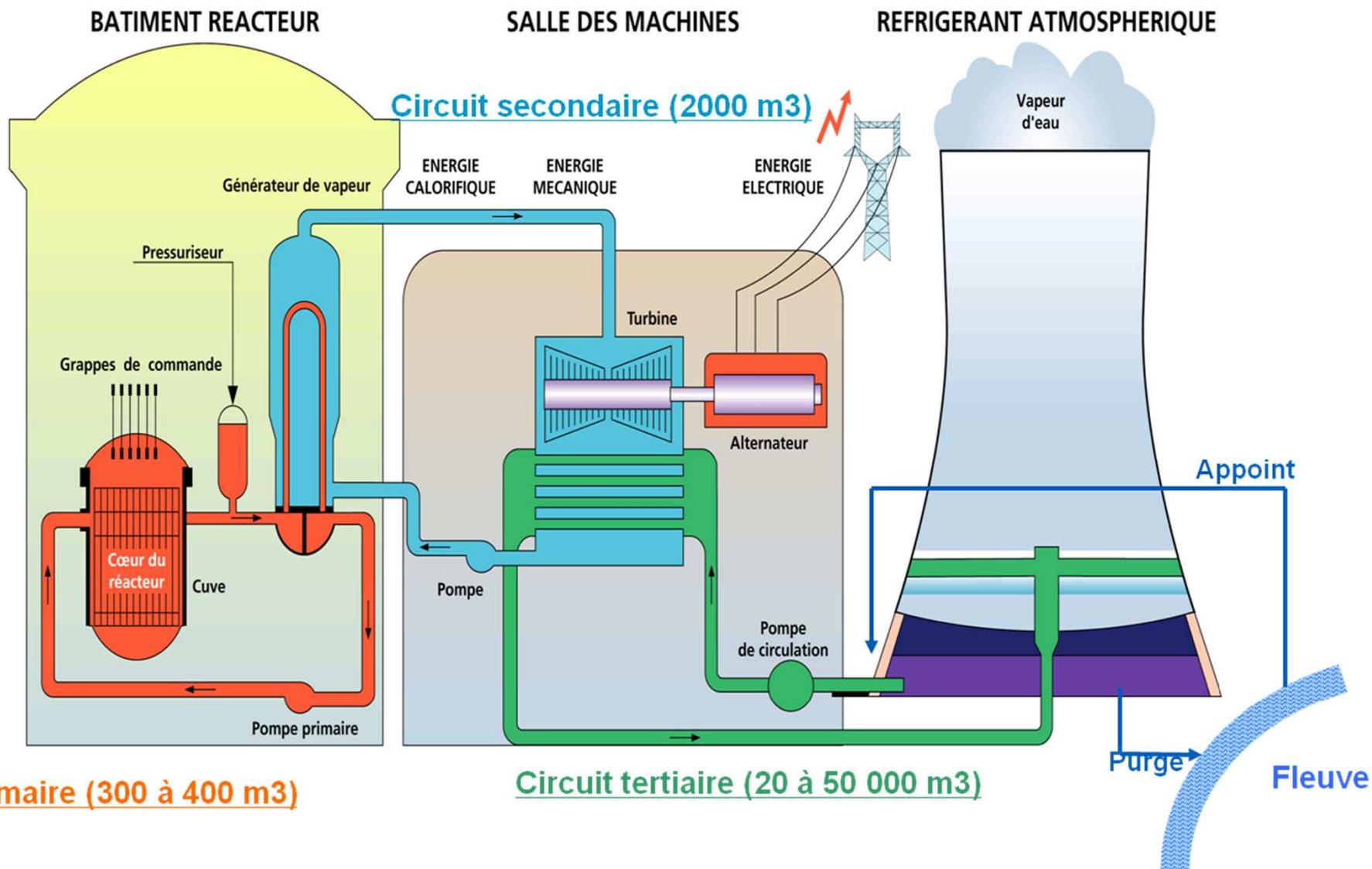
Eau & centrale nucléaire

- Les besoins de refroidissement d'une centrale nucléaire
- Les circuits d'eau d'une centrale nucléaire
- Eau et centrale nucléaire en quelques chiffres
- Changement climatique, eau et centrale nucléaire

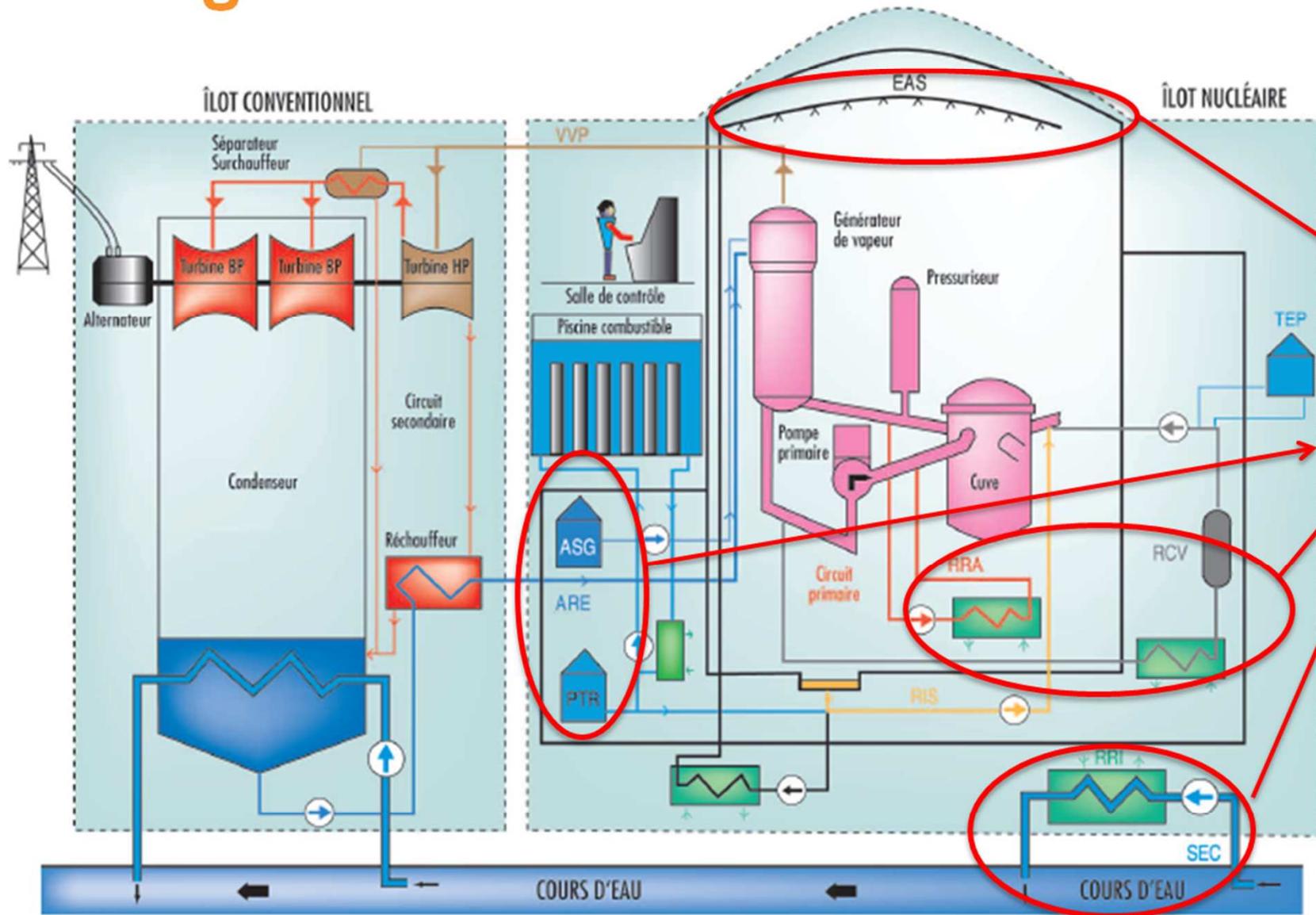
Les besoins de refroidissement d'une centrale nucléaire

- Evacuer la puissance du cœur en situation normale de production (sûreté nucléaire et production d'électricité)
- Evacuer la puissance résiduelle du cœur après l'arrêt, en situation normale et accidentelle (sûreté nucléaire)
- Condenser la vapeur en sortie de la turbine (production d'électricité)
- Conditionner l'air et assurer la tenue thermique des matériels (sûreté nucléaire et production d'électricité)

Les 3 principaux circuits d'eau d'une centrale nucléaire

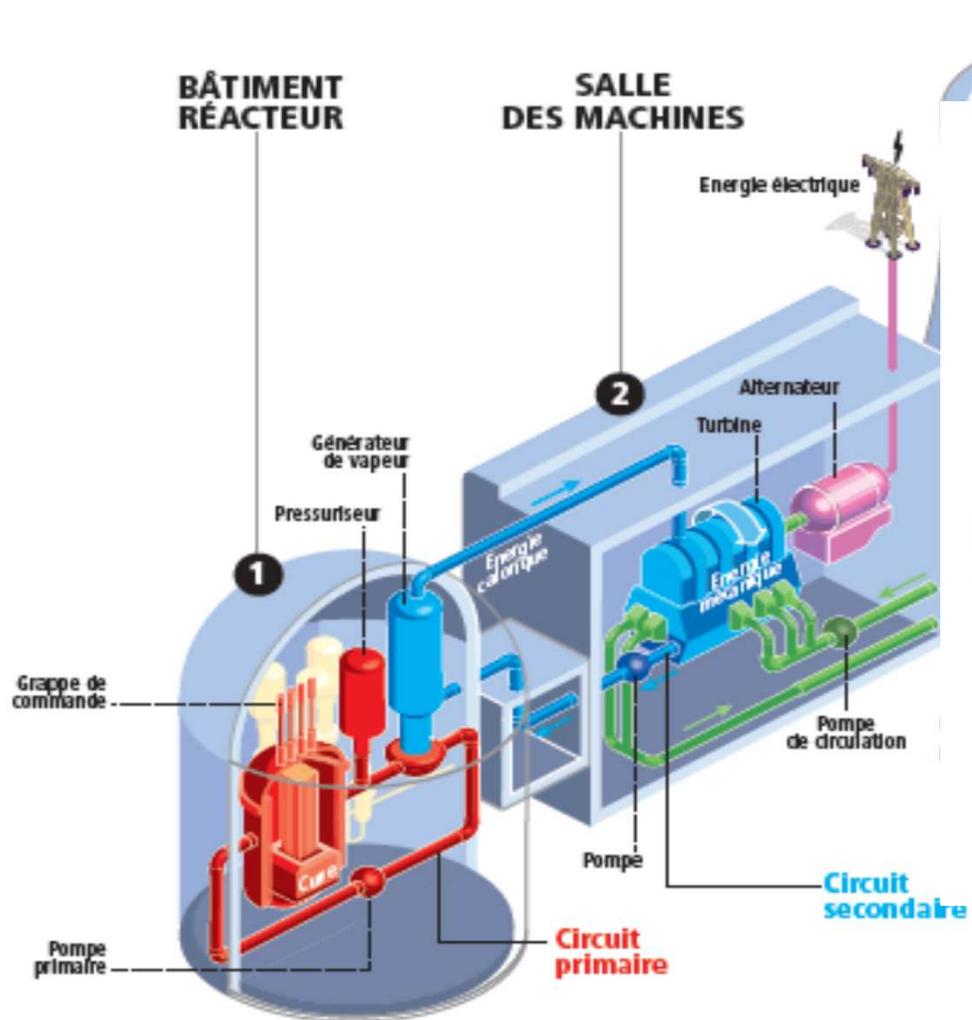


Circuits d'eau auxilliaires et de sauvegarde d'une centrale nucléaire



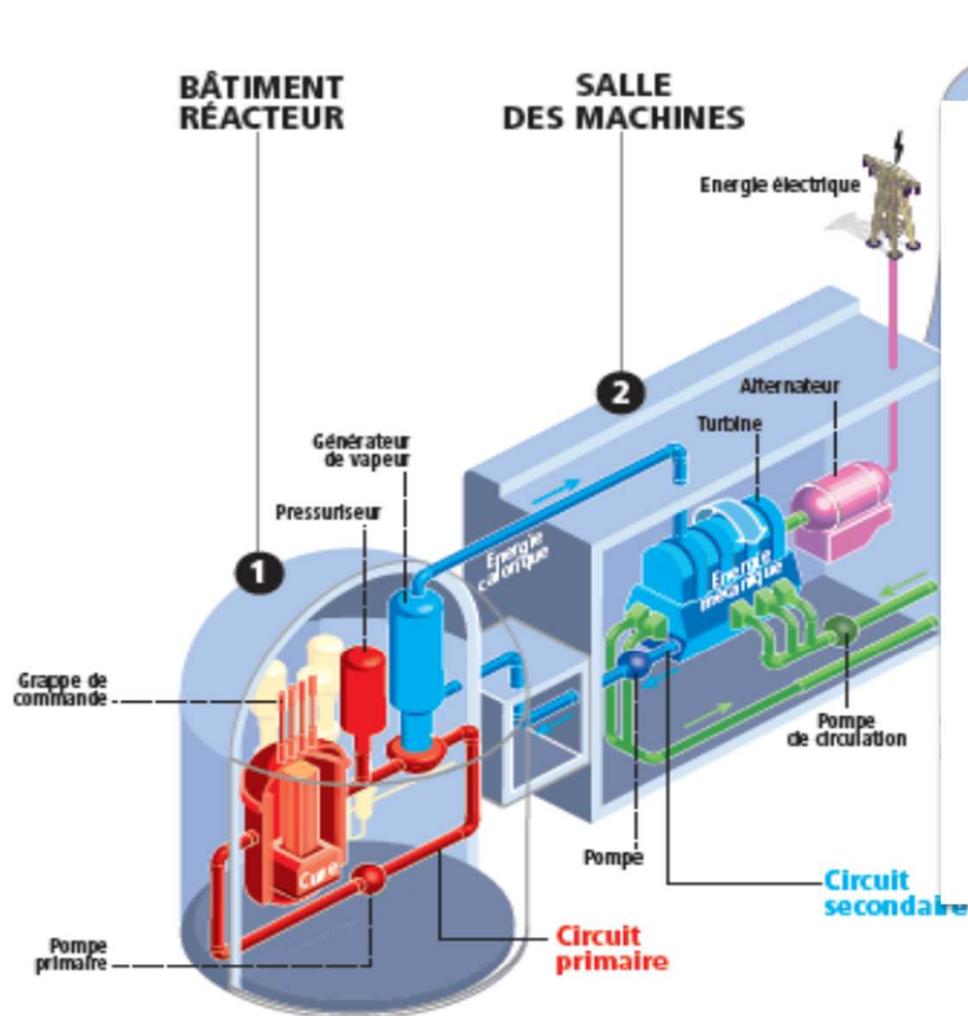
Echangeurs (eau/eau), réservoirs d'eau, circuits d'eau concourent à la SN (SEC, RRI, RRA, EAS, ASG, PTR, ...)

Les besoins en eau pour primaire & secondaire



- ❑ Circuits fermés avec des volumes d'eau respectifs de l'ordre de 300 m³ (primaire) et 2000 m³ (secondaire) [Réacteur de 900 MWe]
- ❑ Eau déminéralisée avec :
 - de l'acide borique dans le circuit primaire (capture de neutrons)
 - des amines pour contrôler le pH
- ❑ Purges et fuites éventuelles sont collectées, traitées, avant rejets contrôlés.
- ❑ Sources d'eau : eaux de rivières (surtout), eaux souterraines, dessalement d'eau de mer pour le futur réacteur EPR de Flamanville.
- ❑ Consommation annuelle :
 - ~10 000 m³ pour le primaire
 - ~ 70 000 m³ pour le secondaire.

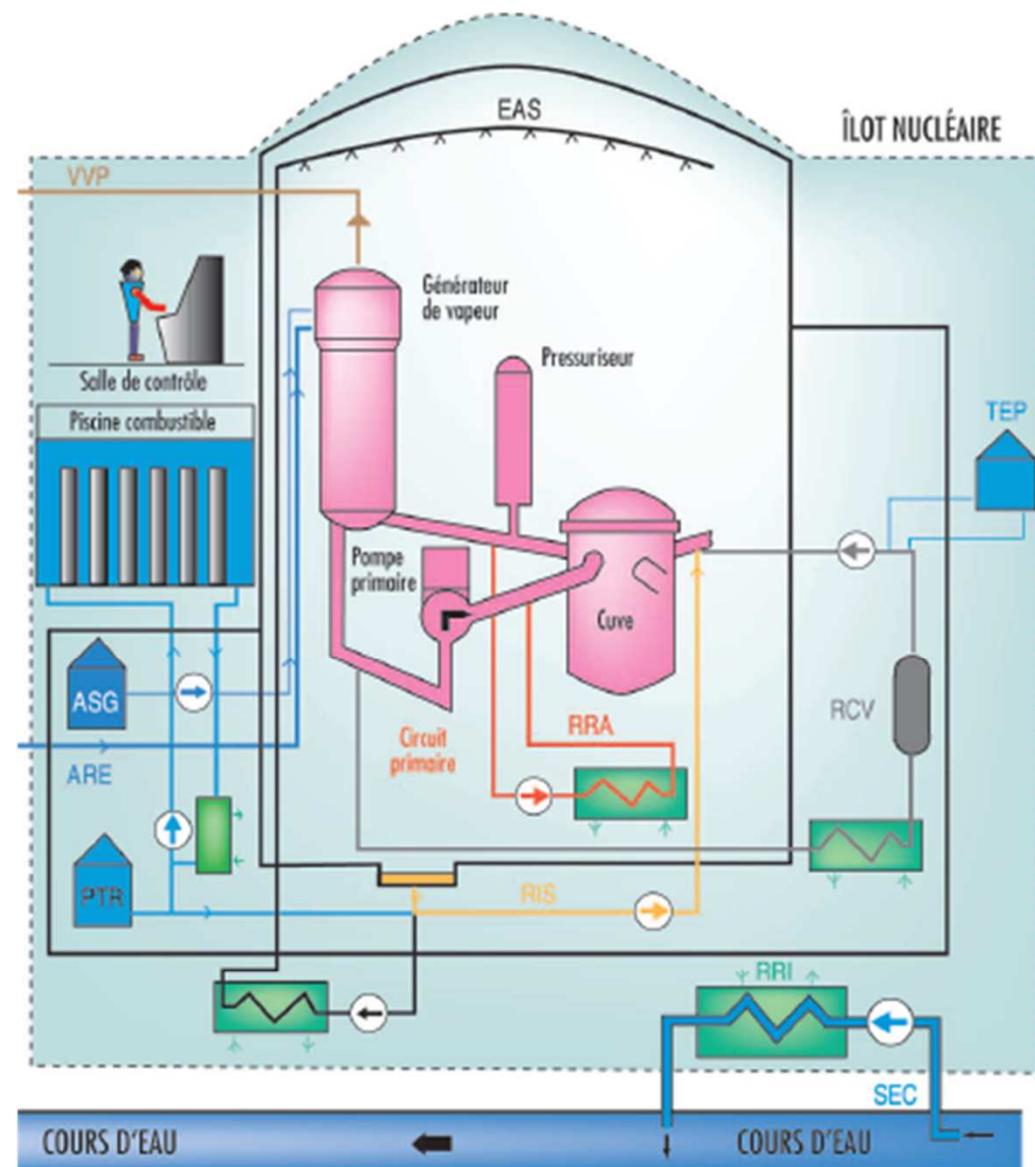
Les besoins en eau pour primaire & secondaire



- ❑ Circuits fermés avec des volumes d'eau respectifs de l'ordre de 300 m³ (primaire) et 2000 m³ (secondaire) [Réacteur de 900 MWe]
- ❑ Eau déminéralisée avec :
 - de l'acide borique dans le circuit primaire (capture de neutrons)
 - des amines pour contrôler le pH
- ❑ Purges et fuites éventuelles sont collectées, traitées, avant rejets contrôlés.
- ❑ Sources d'eau : eaux de rivières (surtout), eaux souterraines, dessalement d'eau de mer pour le futur réacteur EPR de Flamanville.
- ❑ Consommation annuelle :
 - ~10 000 m³ pour le primaire
 - ~ 70 000 m³ pour le secondaire.

Eau et sûreté nucléaire en quelques chiffres

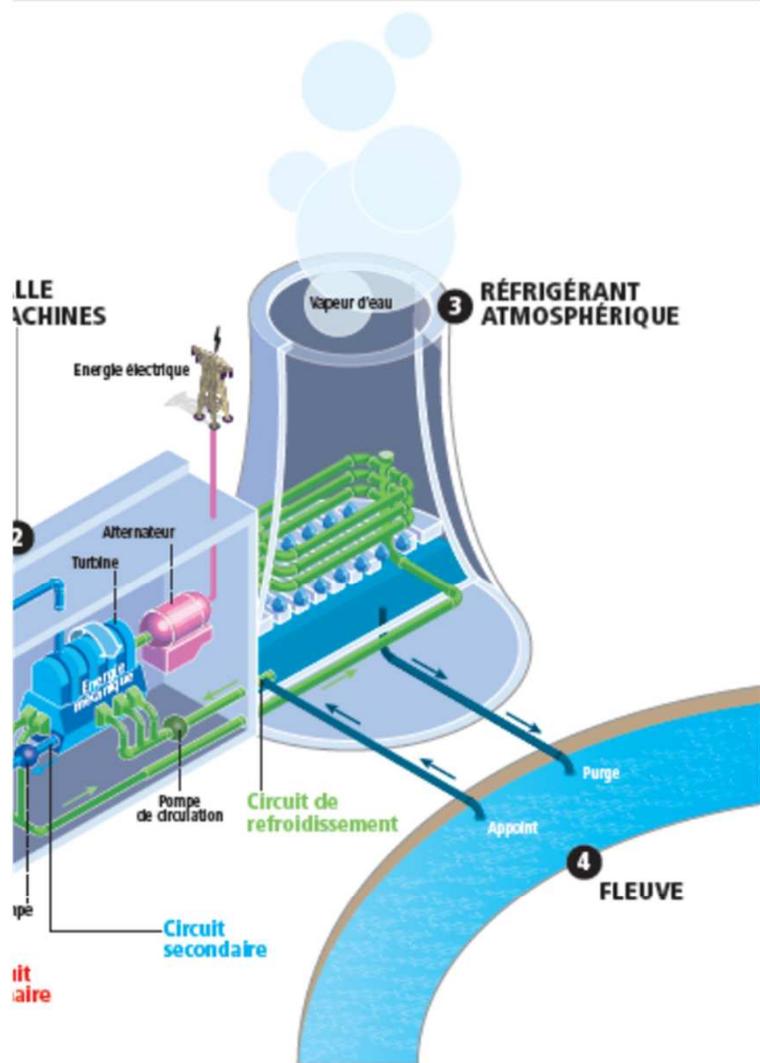
- Fonctionnement normal
Alimentation circuits par SEC (1 m³/s)
- Incident – Accident
Besoin de quelques dizaines de m³/h



Les besoins en eau du circuit tertiaire

Circuit tertiaire

50 à 1000 Mm³/an/réacteur



Pour évacuer la puissance thermique au condenseur, il faut :

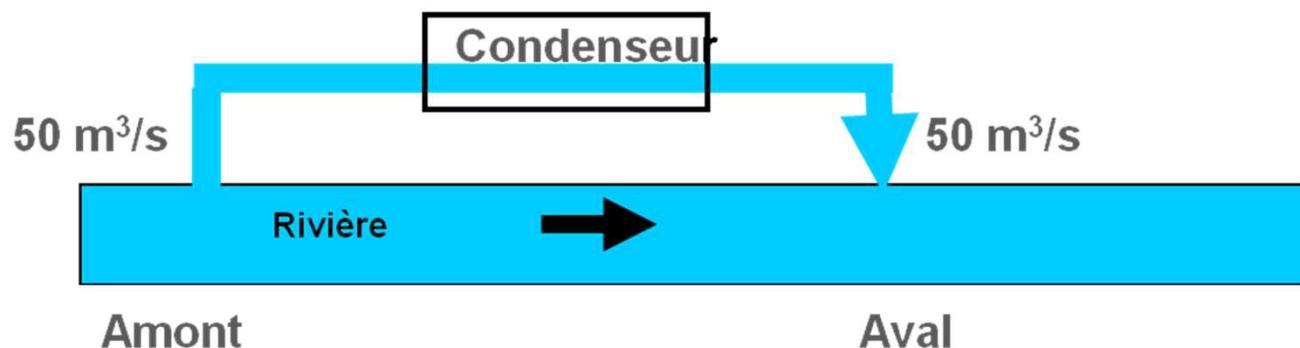
- disposer d'eau en quantité suffisante ;
 - viser la température la plus basse au condenseur pour un rendement maximum ;
 - limiter les impacts thermiques dans le milieu.
- volume d'eau : 25 à 50 000 m³
 - débit condenseur : 40 à 50 m³/s
 - prélèvement d'eau :
 - * 40 à 50 m³/s en circuit ouvert (**1000 Mm³/an**)
 - * 2 m³/s en circuit fermé avec aéroréfrigérant (**50 Mm³/an**)
 - Sources d'eau : eau brute, rivière ou mer

Zoom sur le circuit tertiaire : les 2 modes de refroidissement

Circuit « ouvert »

Refroidissement
par l'eau

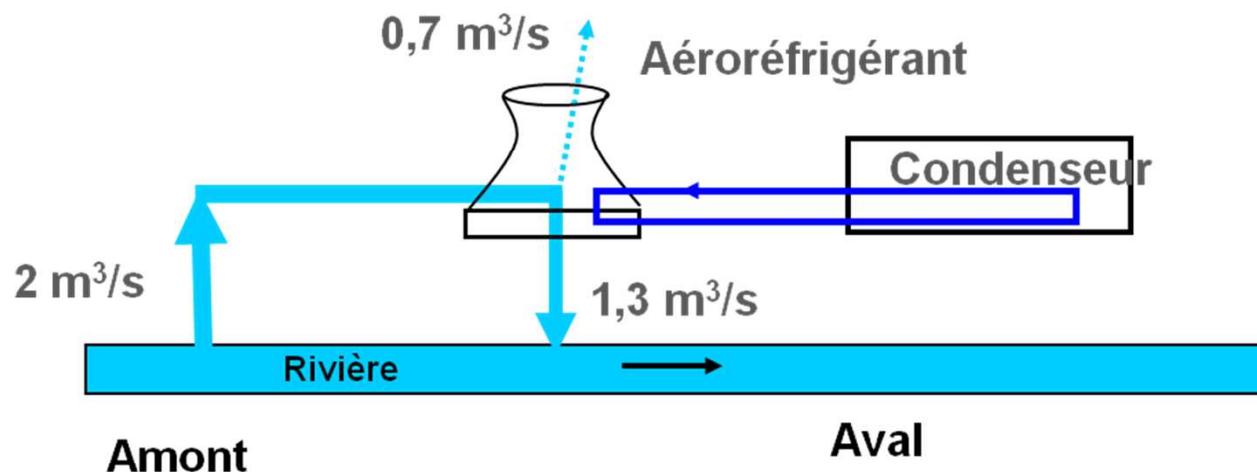
$\Delta T \sim$ qq degrés



Circuit « fermé »

Refroidissement
par l'air

$\Delta T_{\text{été}} =$ qq 1/10 degré



(ex. pour une unité de 1300 MW)

Circuit ouvert ou circuit fermé

Circuit	+	-
 <p>Ouvert</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas de consommation directe d'eau (0,2 à 0,3 L/kWh évaporation aval) ▪ Rendement optimum de la centrale 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débits prélevés importants 150 à 180 L /kWh ▪ Rejets thermique mais impact thermique limité au champ proche
 <p>Fermé</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débits prélevés faibles (6 à 8 L /kWh) ▪ Impact thermique faible sur la rivière ▪ Rendement bon 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eau évaporée (modérée) 2 à 3 L /kWh ▪ Panache ▪ Rejets chimiques liés aux traitements ▪ Coûts

Eau et kWh nucléaire en quelques chiffres

- 47 % (puissance) en circuits ouverts
dont 65% eaux salées
- 53 % en circuits fermés

- Eaux prélevées :

40 km³/an - 15 km³/an eaux douces

~ 100 L/kWh

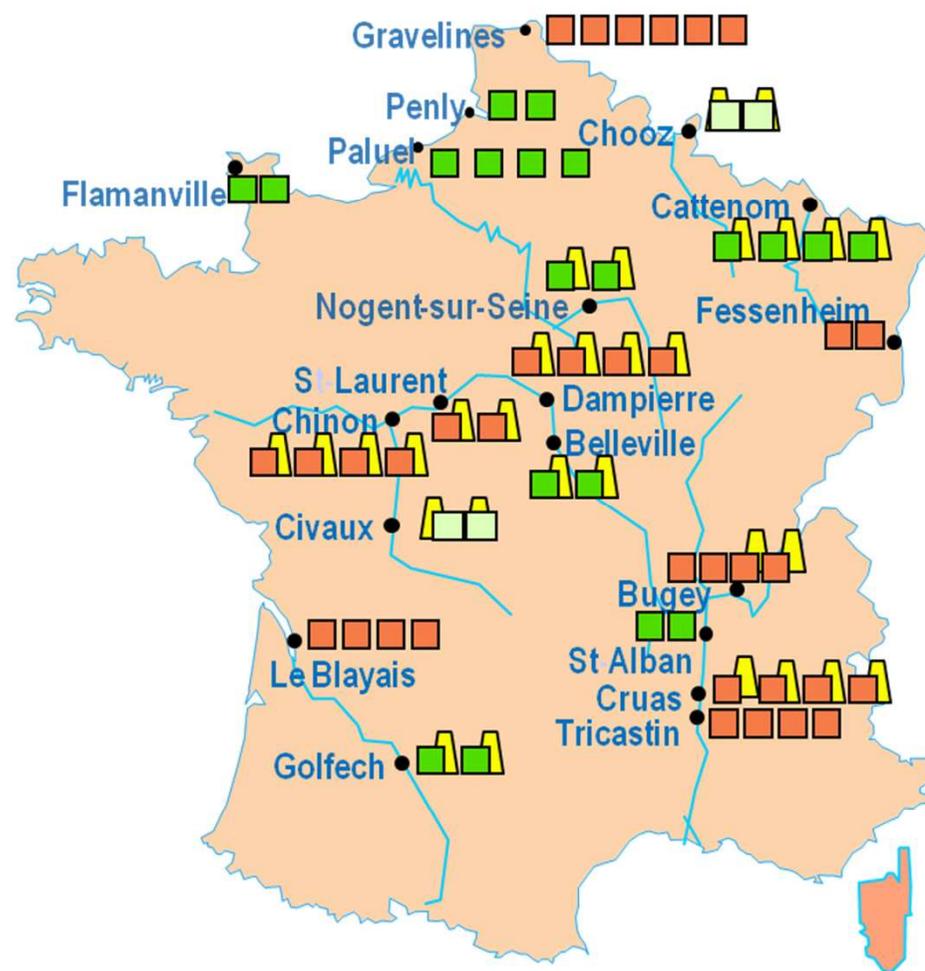
- * Total pluies : 500 km³/an
- * Evapotranspiration : 300 km³/an
- * Eaux souterraines : 120 km³/an
- * Eaux de ruissellement : 80 km³/an

- Eaux douces consommées (évaporées) :

0,8 km³/an (6,0 km³/an toute appli)

~ 2 L/kWh

19 CNPE – 58 unités – 63,2 GW



Réglementation des prélèvements d'eau et de rejets dans l'environnement

Les prélèvements d'eau et les rejets dans l'environnement font l'objet de prescriptions relatives aux modalités et de limites.

Pour les centrales nucléaires, modalités et limites font l'objet de décisions de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Les limites sont homologuées par les Ministres en charge de la sûreté nucléaire.

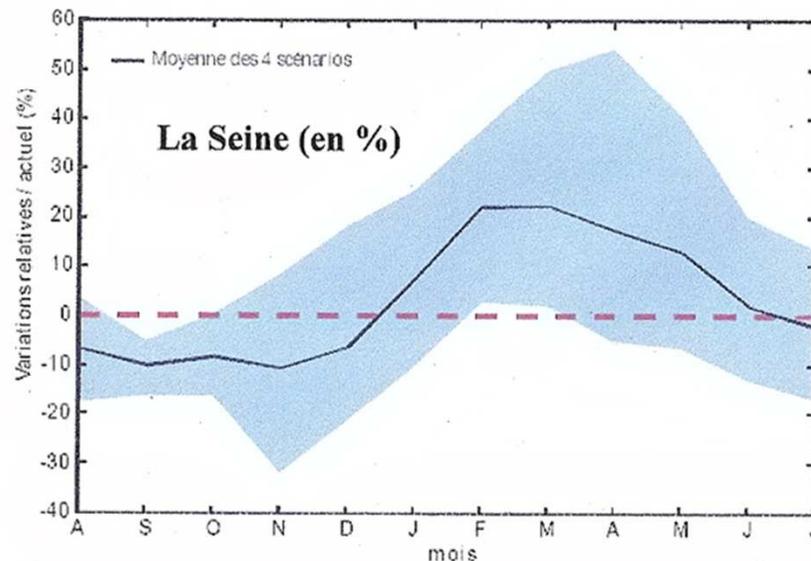
Les rejets thermiques font ainsi l'objet de limites réglementaires fonction des cours d'eau concernés :

- en échauffement aval-amont
- en température maximale en amont - aval

Impact du changement climatique sur l'hydrologie*

Température et pluviométrie

- **en été** : vagues de chaleur plus fréquentes, plus longues et plus intenses, **périodes de sécheresse plus longues** ;
- **en hiver** : diminution du nombre de jours de gel, vagues de froid moins fréquentes, **plus de précipitations intenses**, moins de neige en moyenne montagne.

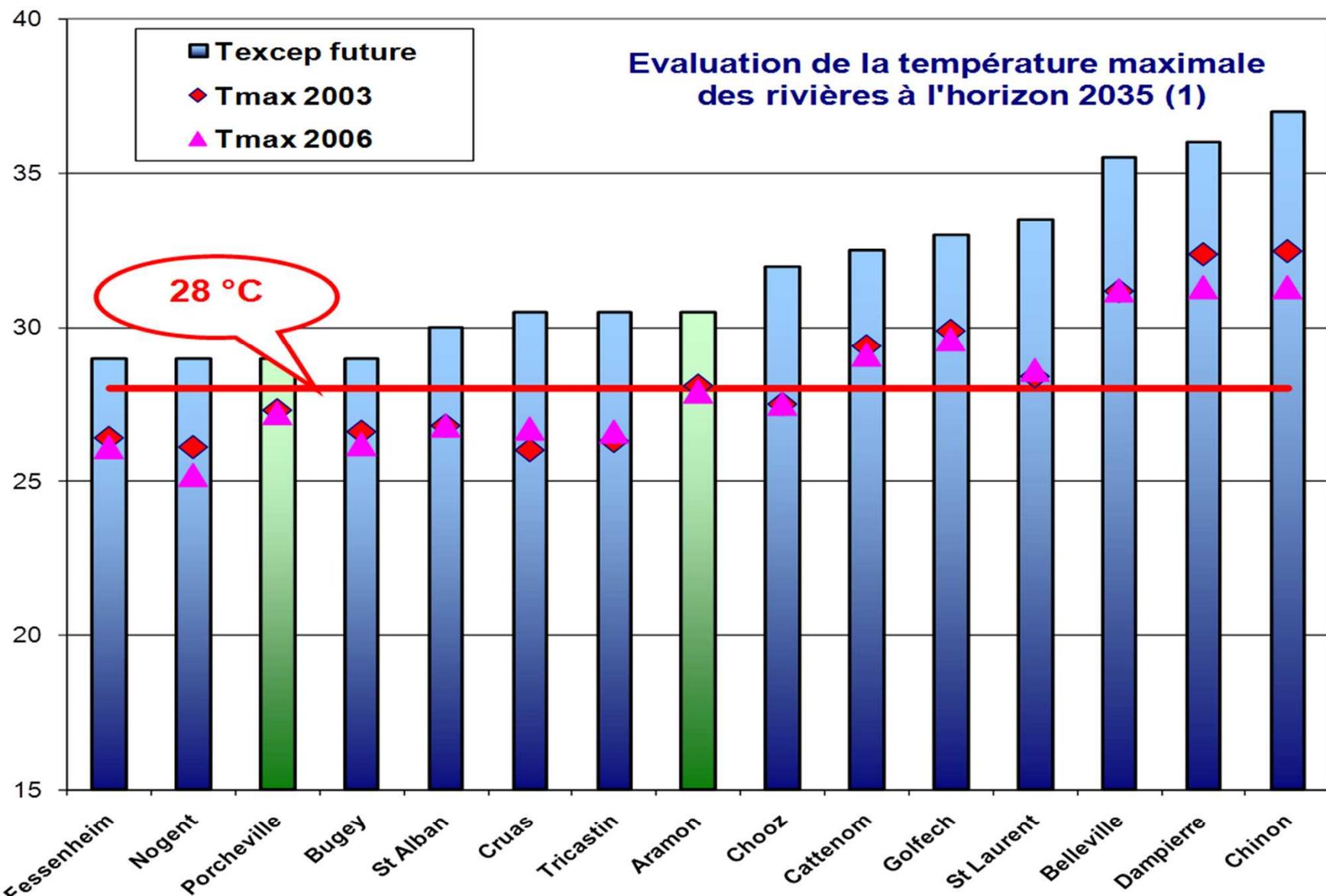


* Source : METEO FRANCE

Hydrologie

- **Etiages estivaux plus marqués** :
-10% sur Seine, Garonne
- **Pic de fonte de neige avancé et réduit**

Impact probable sur les températures d'eau



(1) Évaluation de la température maximale de rivière en amont de centrales thermiques (centrales nucléaires en bleu – centrales thermiques à flamme en vert) : résultats de mesures et extrapolation statistique à l'horizon 2035 de séries de températures de rivière mesurées de 1977 à 2003. La précision de l'évaluation est estimée à quelques °C. Source : EDF (Parey, 2010).

Le GT « Rejets thermiques »

Les canicules 2003 & 2006

Augmentation de la température des cours d'eau



Risque de dépassement des limites fixées par les autorisations de centrales thermiques



Risques sur la sécurité du système électrique si arrêt de production.

Situation de crise

- ❑ Adoption par l'Etat de modification temporaire des prescriptions
- ❑ L'exploitant met en place une surveillance renforcée

2006 : création d'un GT pluraliste « rejets thermiques » à l'initiative du MEDDE, de l'ASN et d'EDF

- Anticiper les effets d'une canicule dans un contexte de changement climatique
- Faire le point sur les éléments de connaissance partagée sur l'impact de l'échauffement, parfaire cette connaissance (R&D), en tirer les enseignements en terme d'éventuelles modifications de la réglementation.

Mesures d'adaptation au changement climatique

Les dispositions prises par l'exploitant

- reporter en été le plus possible la production d'électricité sur les centrales en bord de mer moins sensibles ;
- améliorer les performances thermiques des échangeurs : suivi en temps réel du rendement, rénovation des tours aéroréfrigérantes, antitartre mécanique et chimique le cas échéant ;
- sécuriser les mesures en rénovant les stations de surveillance de l'environnement (paramètres physico-chimiques de l'eau) ;

Mesures d'adaptation au changement climatique

Les dispositions réglementaires

- Évolution des prescriptions individuelles avec introduction de situations exceptionnelles activées et justifiées par l'exploitant avec les études d'impact nécessaires faites en amont
- Pour les situations exceptionnelles non prévues, l'exploitant demande à l'Administration des modifications temporaires des prescriptions (Article 25-II du décret « procédures » de novembre 2007)

Un exercice de cette nature a été fait en juin 2011 avec les parties prenantes concernées : DGEC, DGPR, DEB, ASN, ONEMA, EDF.

Mieux connaître les rejets & impacts thermiques

Programme R&D Thermie-Hydrobiologie (2008-2012)

En collaboration avec l'Irstea, EDF a engagé un programme de R&D [2008-2012] visant à mieux connaître le rôle de la température dans le fonctionnement des biocénoses. Ce programme est mené avec une grande diversité de partenaires scientifiques en France et à l'étranger : ONEMA, DREAL, INRS, CNRS, Universitaires, associations, ...

Thèmes de R&D

- **Préférences et tolérances thermiques des principales espèces piscicoles.**
 - **Comportement des poissons dans des ambiances thermiques contrastées**
 - **Part de la température dans la distribution spatiale des espèces**
 - **Trajectoires tendanciennes des peuplements : analyse des séries de données terrain et construction d'outils d'analyse de dynamique de populations intégrant la température**
 - **Analyse de l'état sanitaire des poissons en lien avec le régime thermique**
 - **Influence de la température sur les compartiments bactériens et algues**
-

Journée de restitution du programme de recherche Thermie-Hydrobiologie 19 décembre 2013

Amphi Ailleret - EDF – R&D Clamart

journee-thermie-hydrobio@oieau.fr



**Merci pour
votre attention**

