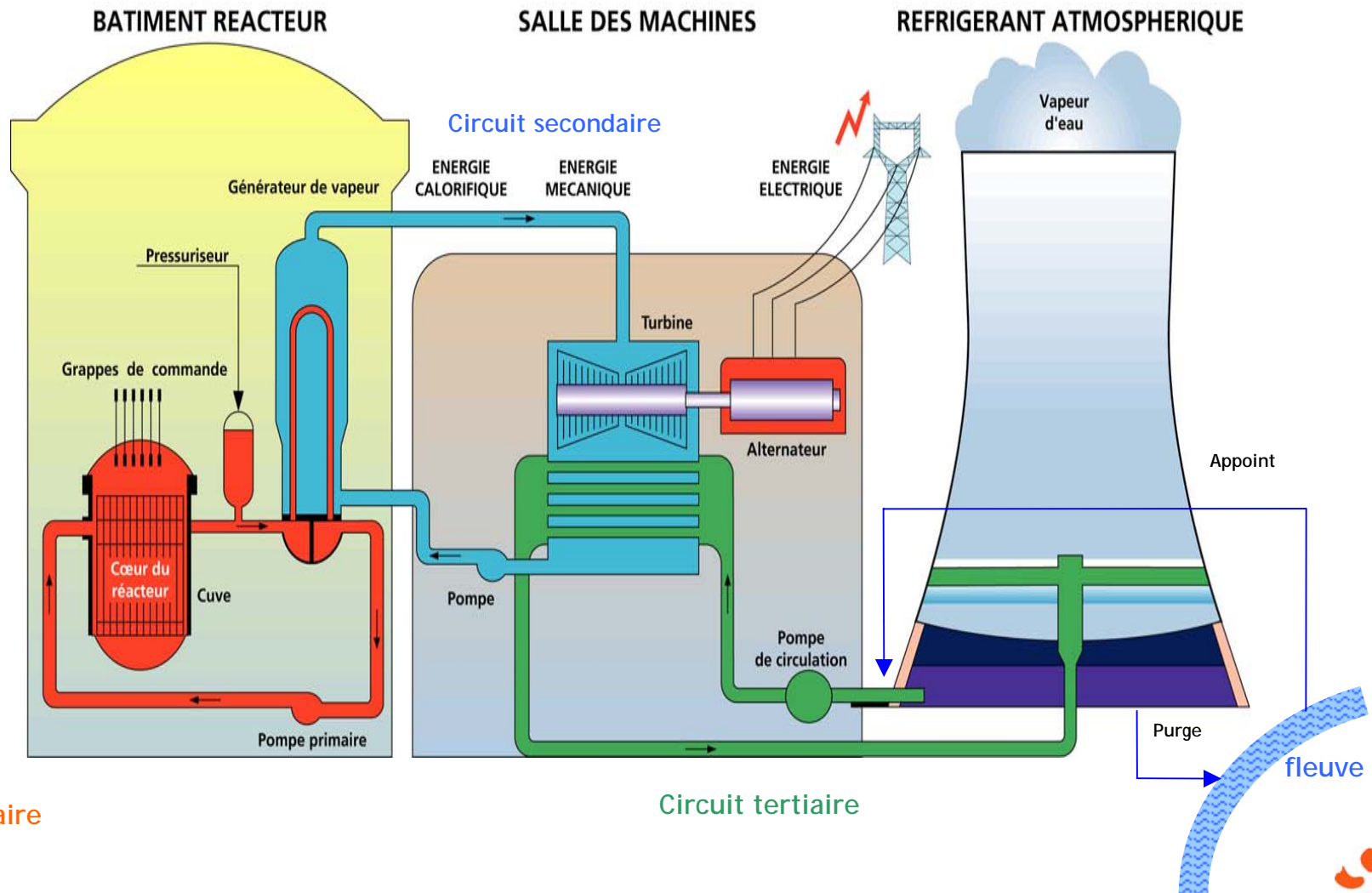




Les besoins en eau de refroidissement des centrales thermiques de production d'électricité

Les circuits d'eau d'une centrale thermique



Circuit primaire

Circuit tertiaire

Ordres de grandeur des besoins en eau des circuits

Circuits primaire et secondaire :

- circuit fermés avec eau déminéralisée à pH contrôlé,
- volume d'eau respectif de 200 et 2000 m³,
- purges et fuites éventuelles collectées et traitées avant rejet,
- prélèvement d'eau de l'ordre de 100 000 m³/an. (0,1 Mm³/an)

Circuit tertiaire ou circuit de refroidissement :

- volume d'eau de 25 à 50 000 m³
- débit de circulation : 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)

Le circuit de refroidissement

Le circuit de refroidissement doit évacuer la part d'énergie thermique non transformée en énergie mécanique :

De l'ordre de 1800 MWth pour une centrale nucléaire de 900 MWe.

Pour évacuer cette puissance thermique, il faut :

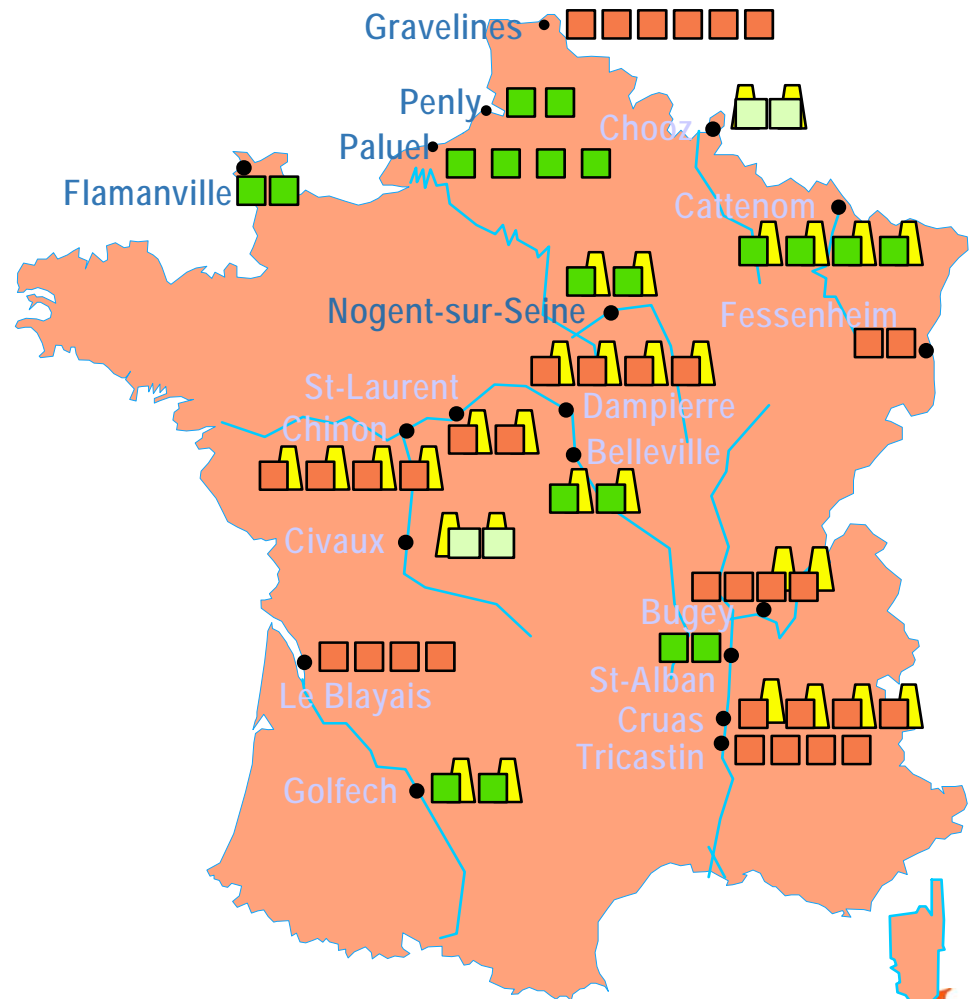
- disposer d'eau en quantité suffisante (40 à 50 m³/s, 2 m³/s) ;
- viser la température la plus basse au condenseur pour un rendement maximum ;
- limiter les impacts thermiques dans le milieu.

Les 19 centrales nucléaires françaises



- 19 centrales
- 58 tranches en fonctionnement

Palier	REP 900 MW	REP 1300 MW	REP 1450 MW
	■	■	■

- Circuit de refroidissement fermé
- Circuit de refroidissement ouvert



Les besoins quantitatifs en eau : des ordres de grandeur

Centrale nucléaire	Eau prélevée [Litres/kWh]	Eau évaporée [Litres/kWh]
Circuit ouvert 	160	0
Circuit fermé 	6	2

Les besoins quantitatifs en eau

Quelques données 2005 pour le parc EDF
(thermique à flamme & nucléaire) :



Eau prélevée	42 milliards de m³
Electricité produite	450 milliards de kWh
Eau prélevée/électricité produite	94 litres/kWh



Eau prélevée par les centrales nucléaires en bord de rivière



Eau prélevée en rivière	16,5 milliards de m³
Eau évaporée par les aéroréfrigérants	0,5 milliards de m³
Electricité produite	294 milliards de kWh
Eau prélevée/électricité produite	56 litres/kWh
Eau évaporée/électricité produite	1,7 litres/kWh

Eau douce prélevée pour différents usages (France)

Prélèvement (Millions de m3)	Eau potable		Industrie		Irrigation		Electricité		Tous usages
Eaux superficielles	2220	8%	2117	8%	3284	13%	18508	71%	26129
Eaux souterraines	3746	59%	1458	23%	1107	17%	23	0%	6334
Total	5966	18%	3575	11%	4391	14%	18531	57%	32463

Pour la production d'électricité : 97,5% de l'eau est restituée au milieu
« instantanément »

*Source : Agences de l'eau, RNDE-Ifen, 2005 –
Données 2002*

Caractéristiques des aéroréfrigérants

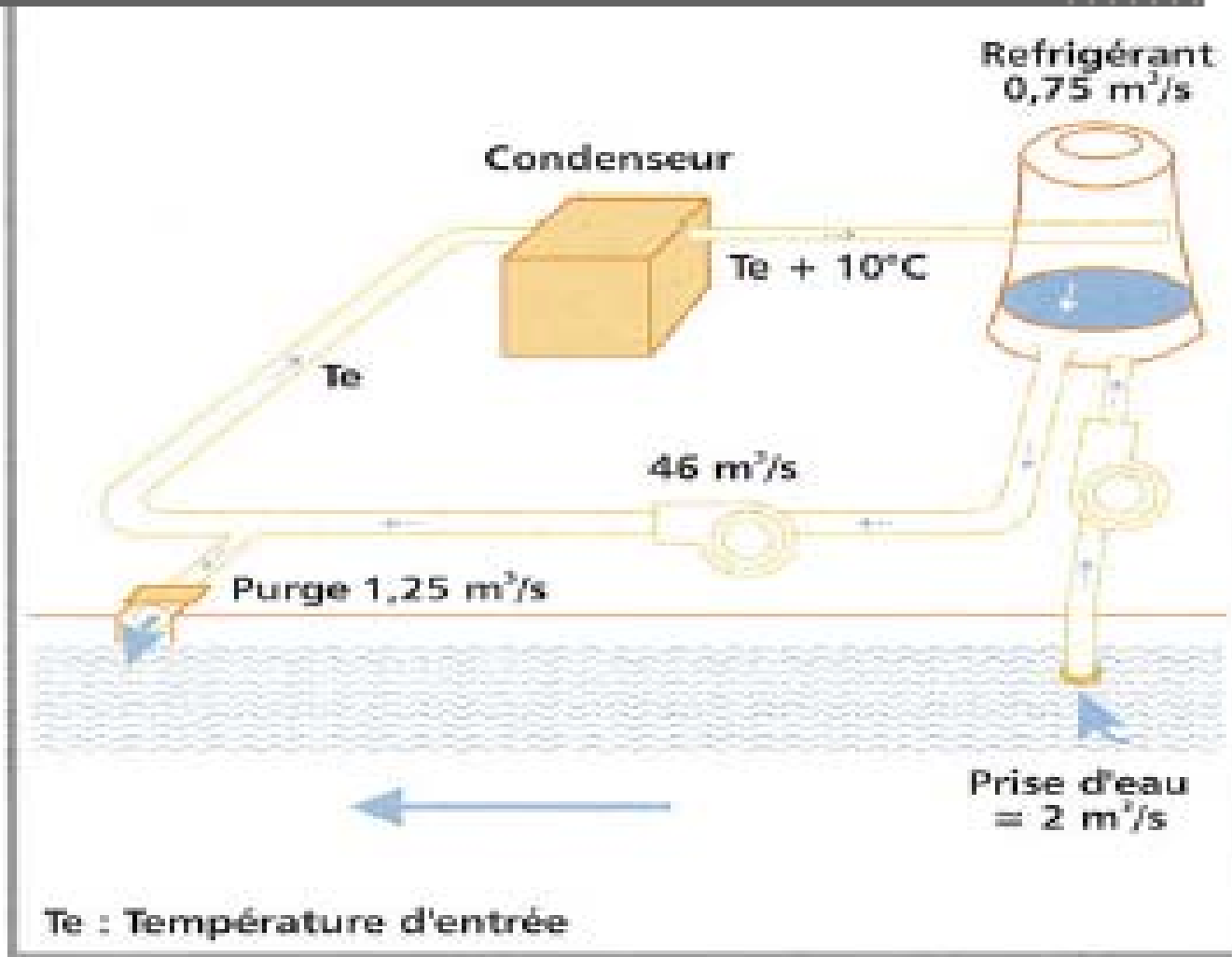
- Tirage naturelle ou tirage forcée (Chinon)

- 75 à 80 % de l'échange thermique se fait par évaporation

- 20 à 25 % par convection

- Evite les pertes d'eau par entrainement de gouttelettes d'eau dans le courant d'air.

Performances des circuits fermés (1/2)



Performances des circuits fermés (2/2)

- étroitement liées aux caractéristiques de l'eau prélevée (température, propriétés physico-chimiques),
- appoints et purges permettent de limiter encrassement et entartrage des circuits mais nettoyage physique (filtre, boules abrasives, ...) et traitements chimiques (antitartre) nécessaires,
- 96 à 98% de la puissance thermique est évacuée via l'aéroréfrigérant,
- rejets thermiques en rivière faibles : quelques dixièmes de degrés en été, voire zéro avec des aéroréfrigérants de purge.

Comparaison circuits

Type de refroidissement	Avantages	Inconvénients
Circuit ouvert	<ul style="list-style-type: none">- Pas de consommation d'eau- Pas de bruit- Pas de panache dans l'air- Rendement optimum de la centrale	<ul style="list-style-type: none">- Débits prélevés importants- Rejet thermique important mais impact thermique limité au champ proche
Circuit fermé avec aéroréfrigérants par voie humide	<ul style="list-style-type: none">- Débits prélevés faibles- Impact thermique faible sur la rivière- Rendement bon	<ul style="list-style-type: none">- Consommation d'eau modérée- Panache- Impact visuel de l'ouvrage- Rejets chimiques liés aux traitements- Coûts d'investissements et d'exploitation du circuit.

Autres technologies pour les circuits fermés

Type de refroidissement	Avantages	Inconvénients
<p>Aéroréfrigérants humide-sec [Hybride – Evaporation/ convection]</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Débits prélevés faibles - Consommation d'eau faible - Impact thermique faible sur la rivière - Pas de panache 	<ul style="list-style-type: none"> - Surface au sol importante - Rendement modéré - Impact visuel de l'ouvrage - Rejets chimiques liés aux traitements -Energie pour ventilateurs -Bruit (ventilateurs) - Coûts d'investissement élevés
<p>Aéroréfrigérants secs [Echange eau/air de type radiateur - Convection]</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de débit prélevé - Pas de consommation d'eau - Pas d'impact thermique sur la rivière - Pas de panache 	<ul style="list-style-type: none"> - Surface au sol très importante - Impact visuel de l'ouvrage - Rendement faible (d'autant plus dégradé qu'il fait chaud) - Energie pour les ventilateurs - Bruit (ventilateurs) - Coûts d'investissement très élevés [$\times 5$] - Puissance limitée [~ 500 MWe]

Conclusions et perspectives

- les besoins en eau de refroidissement des centrales thermiques sont importants : 71% de l'eau prélevée en surface mais 97,5% est restituée aux cours d'eau ;
- les circuits de refroidissement utilisés : circuits ouverts ou fermés avec aéroréfrigérants « humides, sont classés parmi les Meilleures Techniques Disponibles selon la Directive Européenne (IPCC) relative à la prévention et la réduction intégrée de la pollution ;
- l'exploitant met en œuvre des actions de surveillance, maintenance et rénovation de ces installations pour garantir dans la durée leurs performances notamment environnementales ;
- des projets de R&D sont menés afin de mieux caractériser l'impact des rejets sur le milieu : un Défi d'EDF R&D ;
- pour les circuits fermés, des études et recherches sont lancées afin de diminuer le besoin en eau prélevée et aussi d'évaluer la faisabilité de systèmes de récupération de l'eau évaporée.

**Merci
pour
votre
attention**

