



# Compléments techniques



## Extrait du rapport 2025 de l'inspecteur général pour la sûreté nucléaire et la radioprotection











### UNE CHIMIE À NE PAS NÉGLIGER

Au carrefour de nombreux sujets, la chimie contribue significativement à la fiabilité et à la durée de vie des équipements. De bons paramètres préservent les circuits primaire, secondaire, auxiliaires et les systèmes supports. La bataille de la chimie se gagne dans la durée et doit être l'affaire de tous. Quand l'exploitant accepte des dépassements de critères de conditionnement ou des imperfections dans la conservation à l'arrêt, les matériels eux s'en souviennent.

Peu avant 2010, le colmatage des générateurs de vapeur (GV) a fait prendre conscience de l'importance de la chimie. Depuis, des progrès ont été accomplis. Tous les sites ont un ingénieur chimie, le domaine est piloté, les indicateurs sont suivis, analysés et font

l'objet de plans de progrès. Parfois, la performance ne repose que sur quelques acteurs clés. Ces dernières années, l'analyse de l'indice de performance chimie (IPC) montre qu'on ne progresse plus. Le fait qu'un site se fasse surprendre en 2025 par un colmatage de ses GV plus rapide que prévu interroge.

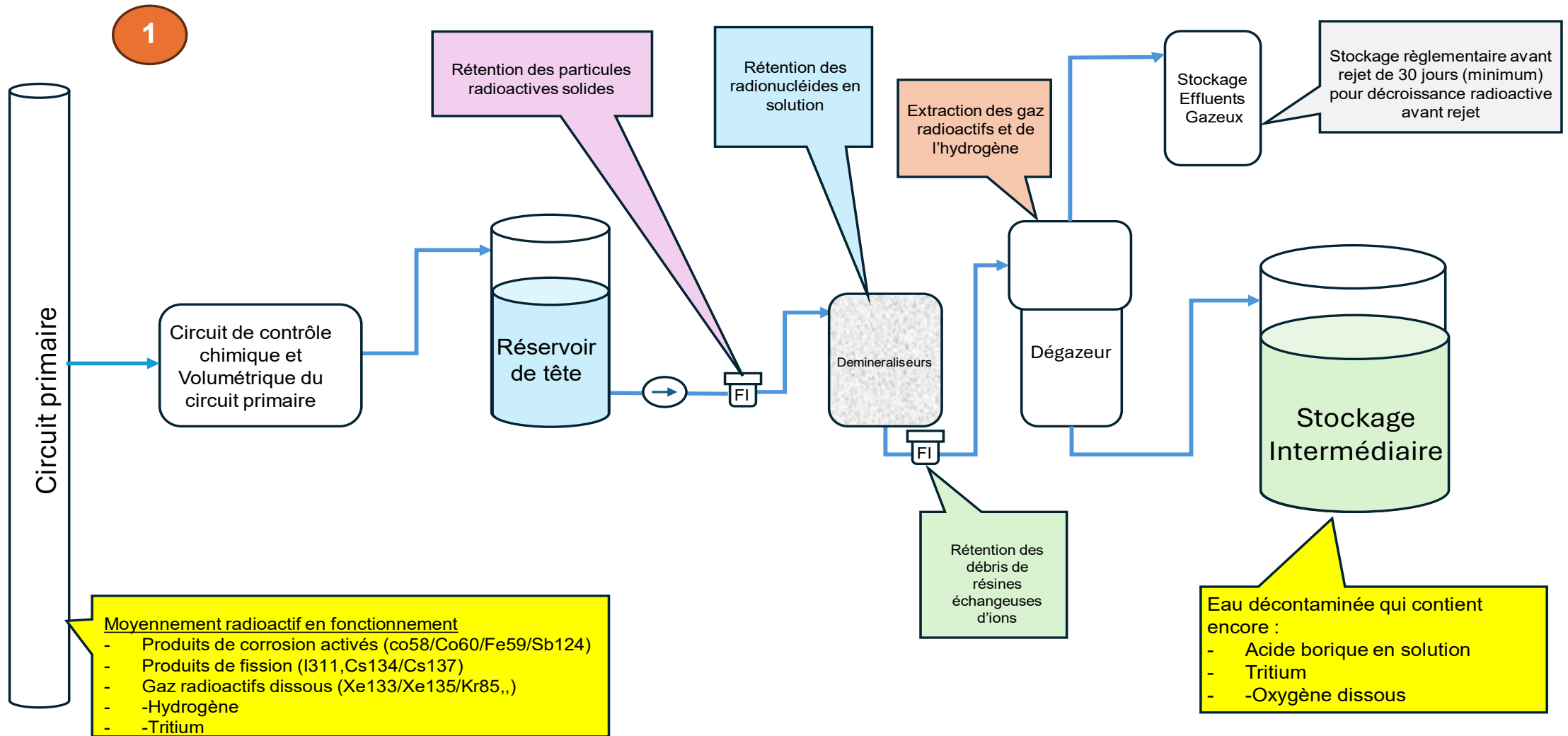
Si l'attention de départ a porté sur les équipements prioritaires, de gros composants des circuits auxiliaires vieillissent (évaporateurs, réchauffeurs), avec parfois un mode de fonctionnement dégradé. J'appelle à rester vigilant et à s'assurer sur chaque site que les matériels concourant à la chimie ne sont pas les parents pauvres de la maintenance et que les chimistes trouvent une écoute attentive auprès de la direction de site, notamment du service conduite (*cf. rapport 2021*).

- **Nature des matériaux** 
- **Traitement des effluents primaire Partie 1** 
- **Traitement des effluents primaire Partie 2** 
- **Traitement des effluents gazeux** 
- **Machine déchargement combustible** 
- **Historique CsC** 
- **Csc causes** 
- **CsC lien avec modulation et O2** 
- **Relation Silice/Bore** 
- **Evolution fuites P/S** 

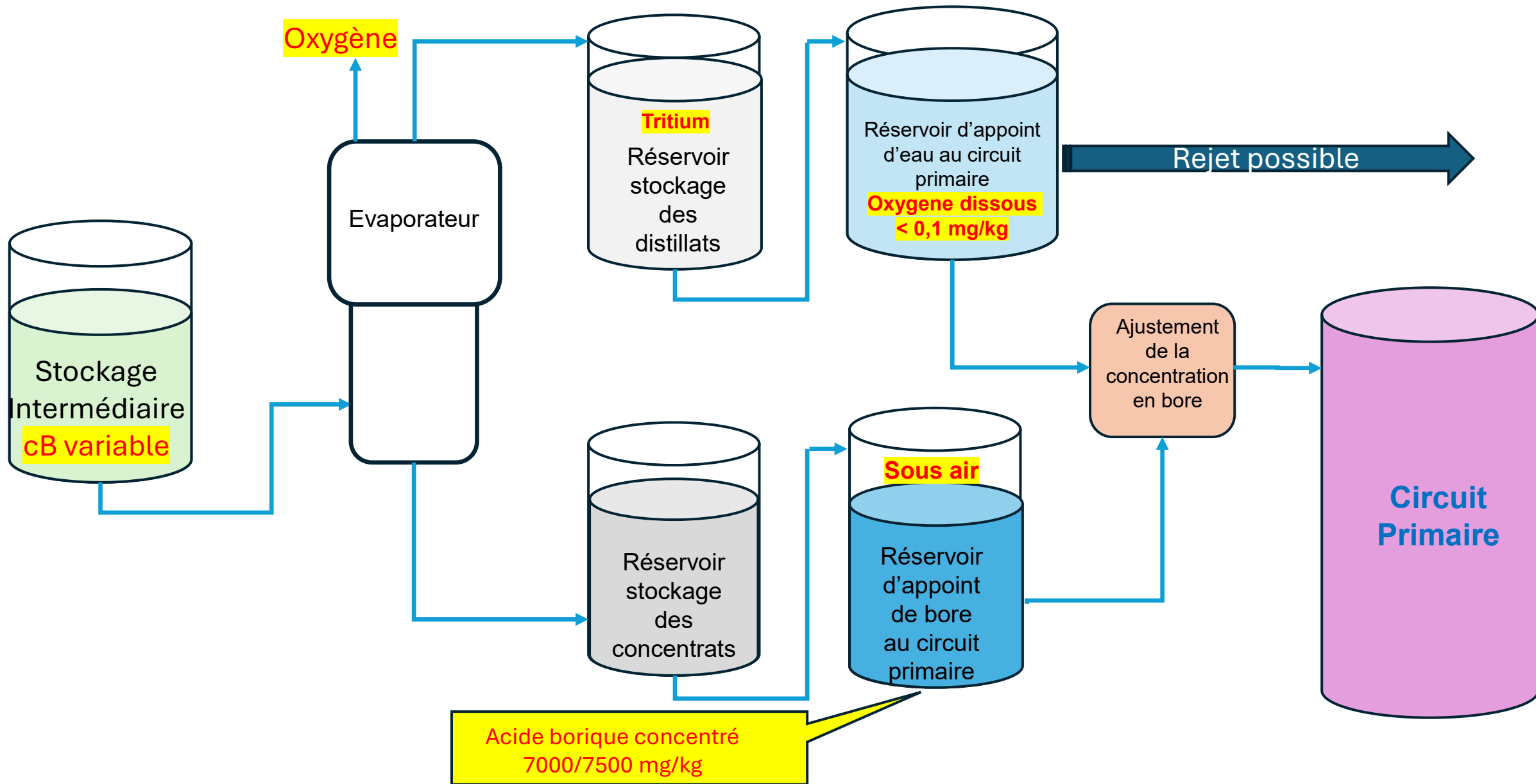
## Surfaces et compositions circuit primaire

Composant	Surface (m <sup>2</sup> ) REP 900 MW	Surface (m <sup>2</sup> ) REP 1300 MW	Matériau
Gaine combustible	5 080	7 200	Zircaloy 4 : Zr : 98,23 % Sn : 1,45 % Fe : 0,21 % Zr : 0,1 %  M5 : Zr : 99,1-98,7 % Nb : 0,81-1,2 % O : 0,090-0,149 %
Grilles de maintien	588	742	Zircaloy 4 (génération actuelle)  Inconel 718 (ancienne génération) : Ni : 50-55 % Cr : 17-21 % Fe : 17 %
Tuyauteries primaires	240	660	Acier inoxydable : Ni : 12 % Cr : 17 % Fe : 69 %
Tubes GV	13 505	25 990	Inconel 690 (nouvelle génération) : Ni : 58 % Cr : 28-31 % Fe : 7-10 %  Inconel 600 (ancienne génération) : Ni : 78 % Cr : 16 % Fe : 9 %

# Traitement des effluents primaire Partie 1

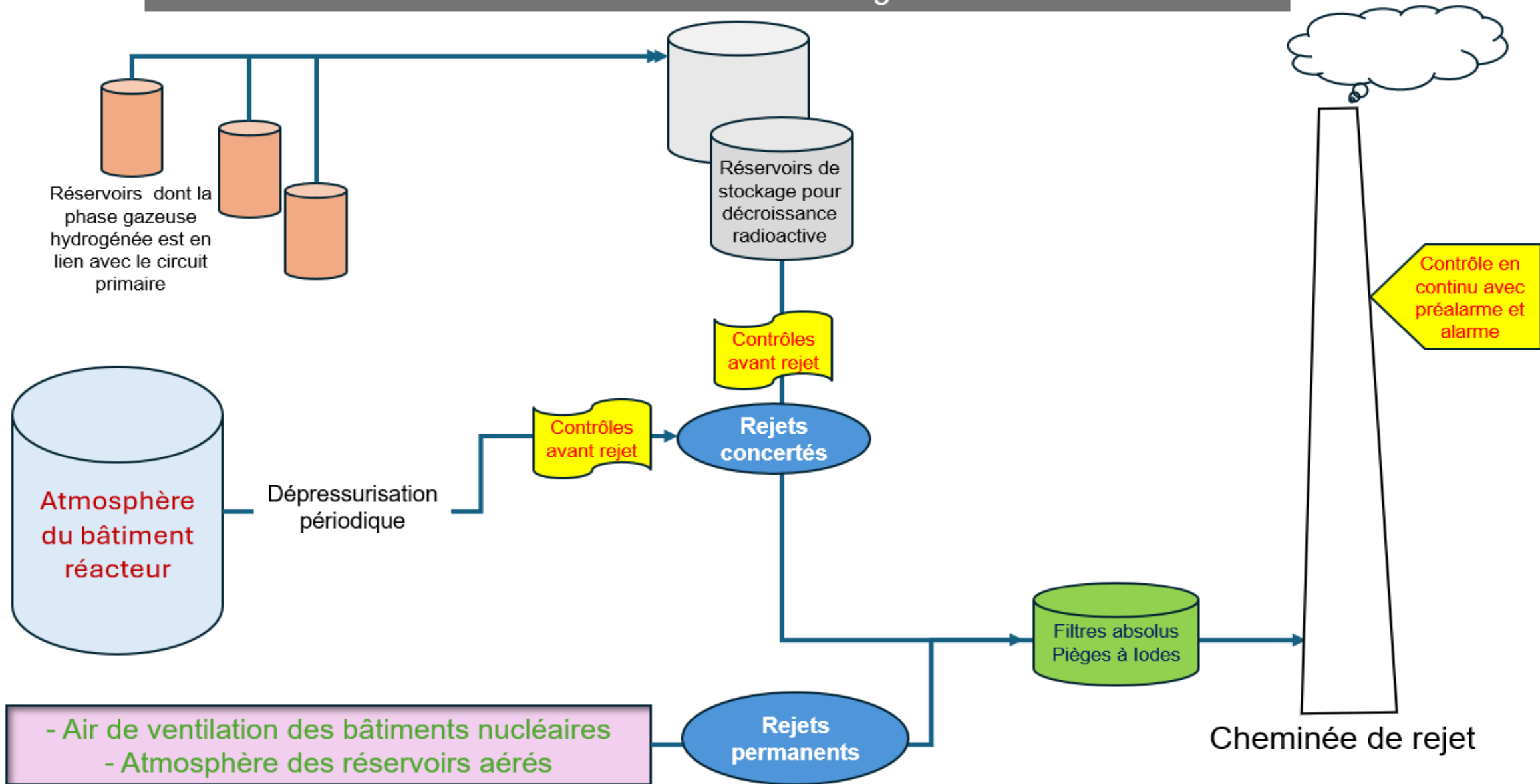


## Traitement des effluents primaire Partie 2



Compléments techniques

# Collecte et cheminement des effluents radioactifs gazeux d'une centrale REP



## Déchargement combustible



Compléments techniques

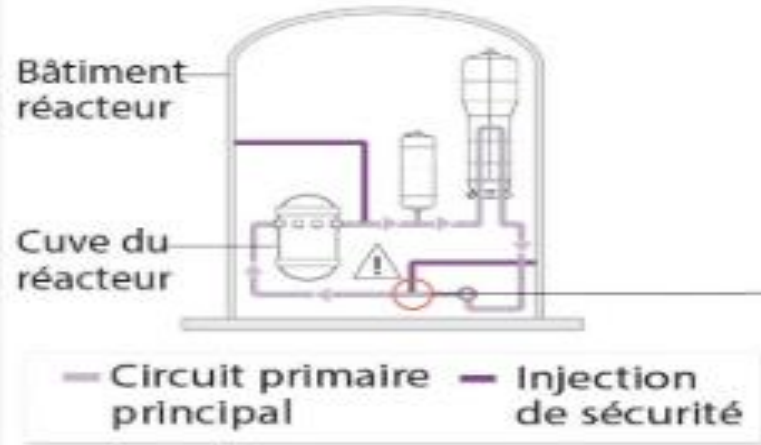
## L'« effet Coriou »

Dès le choix de l'**alliage 600\*** connu pour les tubes des générateurs de vapeur des REP, le « Service de corrosion » du CEA, à l'époque dirigé par Henri CORIOU, lança de nombreux essais en autoclave pour vérifier le comportement de ce nouveau matériau en milieu aqueux à haute température. Les premières observations, réalisées avec des éprouvettes contraintes en flexion, mirent en évidence sur certains échantillons une fissuration intergranulaire importante après quelques mois d'exposition aussi bien en eau pure qu'en milieu simulant l'eau des circuits primaires des REP (eau + acide borique + lithine) et à des températures comprises entre 300 °C et 350 °C (fig. 42). Ce résultat, publié en 1959 au 3<sup>e</sup> colloque de métallurgie de Saclay, fut le point de départ d'une controverse qui allait durer une vingtaine d'années. Ce n'est qu'avec les nombreuses fissurations constatées en centrale, dans les années 70-80, que l'ensemble de la communauté scientifique reconnut la réalité de ce qui est aujourd'hui appelé l'« effet Coriou » et qui a conduit au remplacement de nombreux générateurs de vapeur, en France comme à l'étranger. La suite de la monographie donne une explication du phénomène...

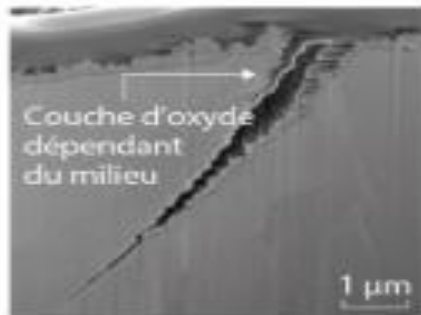


Fig. 42. Faciès de corrosion sous contrainte de l'**alliage 600\*** présenté au 3<sup>e</sup> congrès de métallurgie (Saclay, 1959) et observé après 90 jours en eau « pure » à 350 °C (X250).

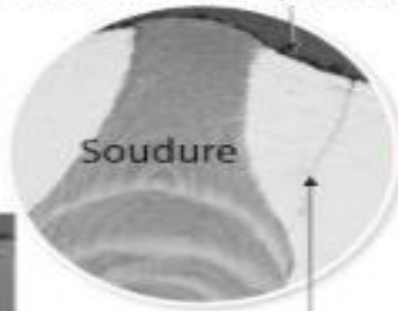
# Corrosion sous contrainte (CSC) : trois causes sont à l'étude. Ce phénomène affecte des tuyauteries de plusieurs réacteurs en France.



**2** En présence d'oxygène dans le fluide, la corrosion des tuyaux en acier augmente. La couche d'oxyde de surface est aérée, ce qui peut accélérer la propagation d'une fissure<sup>1</sup>.

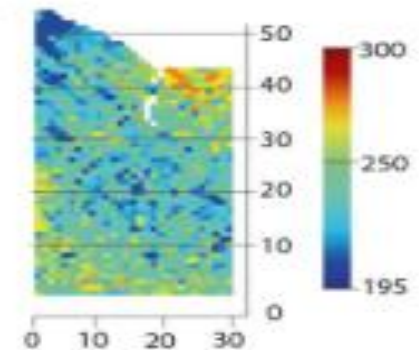


Intérieur de la tuyauterie

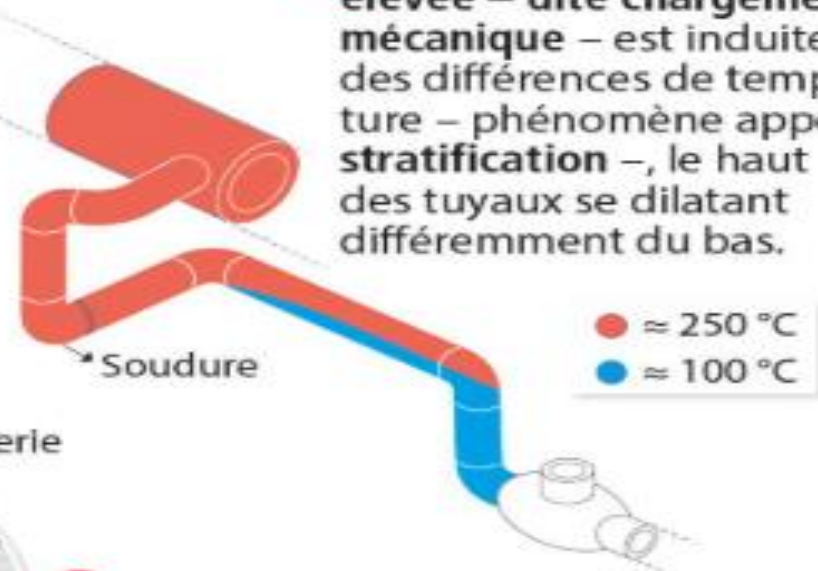


**3** Une dureté du matériau importante induite par l'opération de soudage est confirmée dans la zone d'amorçage des fissures. Ceci est montré par des explorations faites point par point avec des sondes microscopiques<sup>2</sup>.

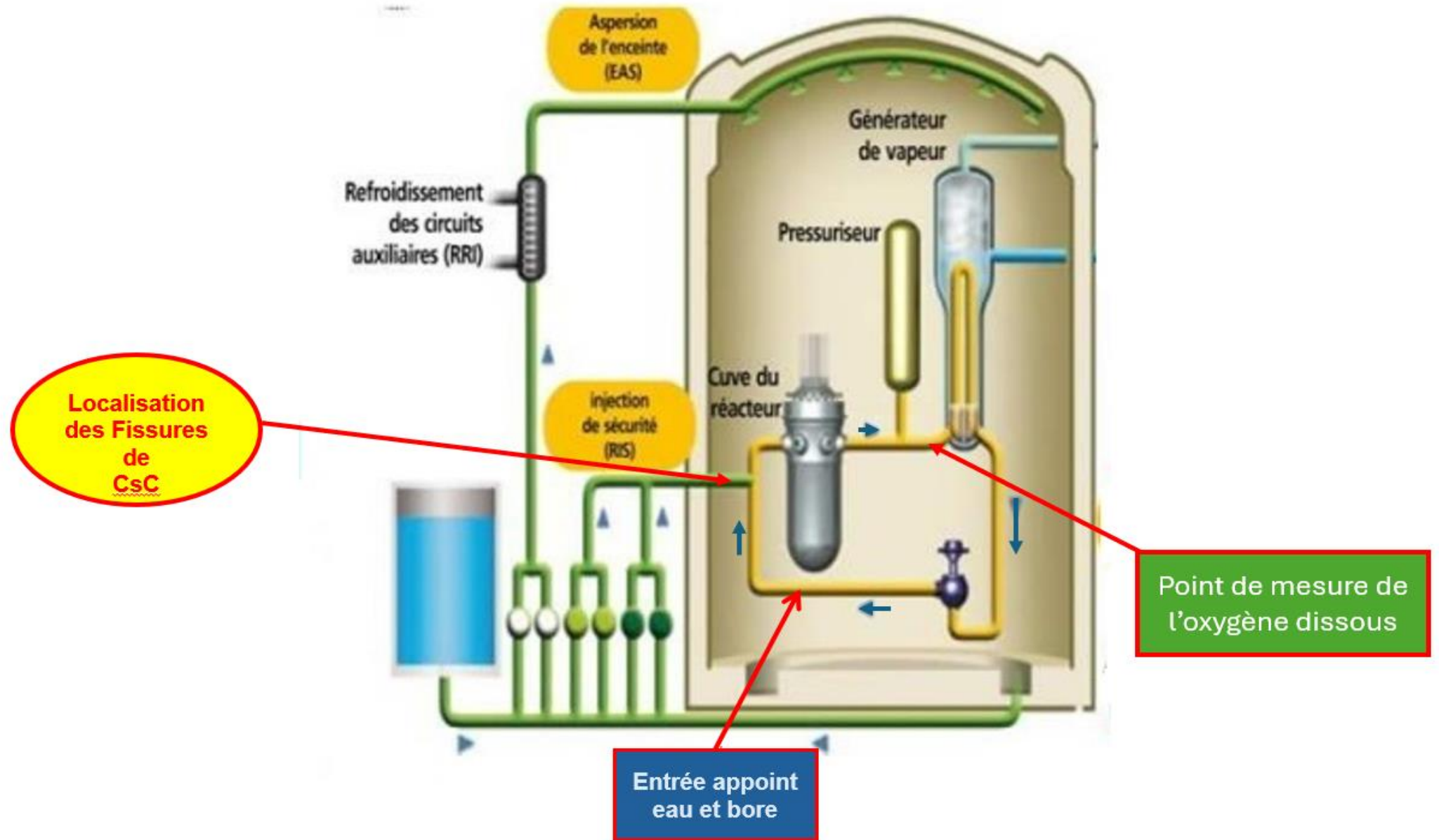
Cartographie de micro-dureté Hv0,1



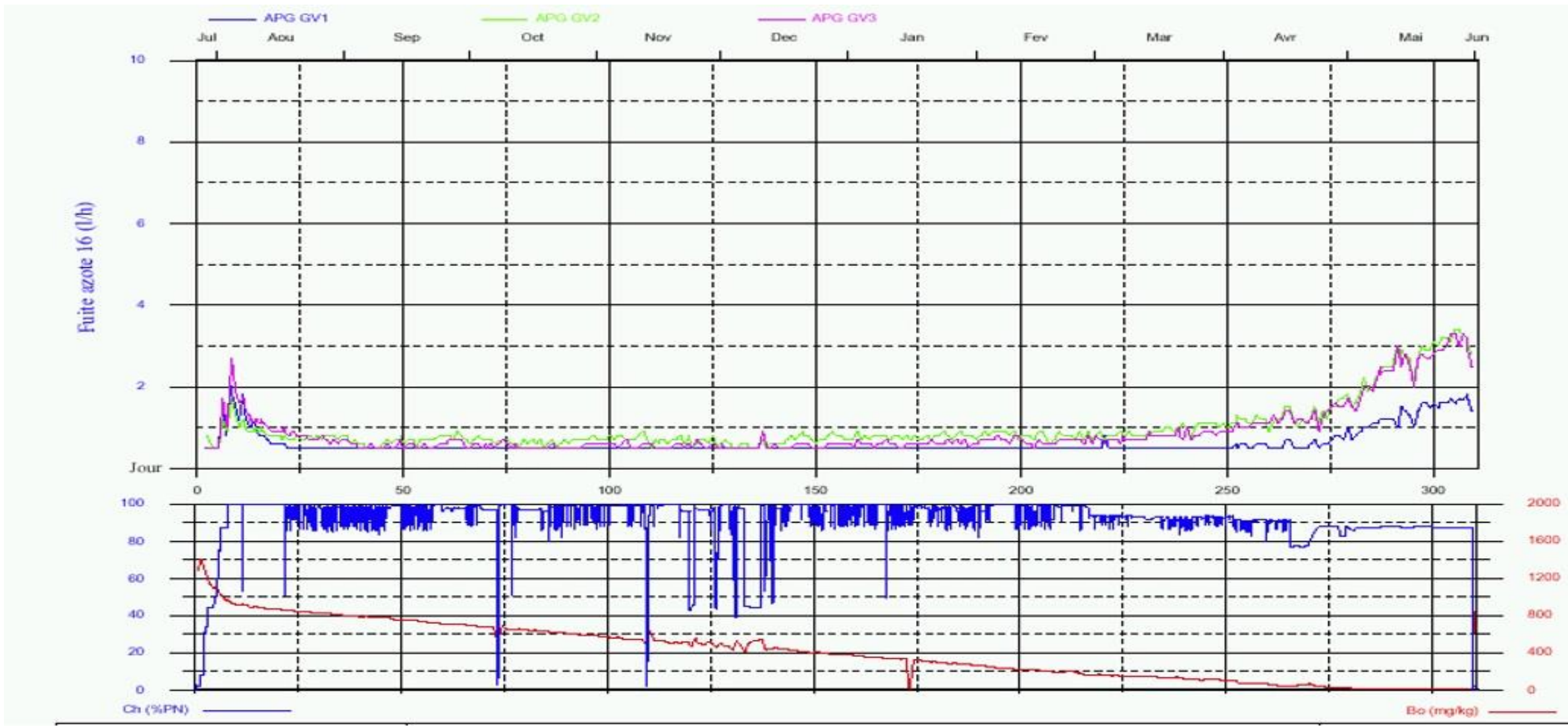
**1** Une contrainte mécanique élevée – dite **chargement mécanique** – est induite par des différences de température – phénomène appelé **stratification** –, le haut des tuyaux se dilatant différemment du bas.



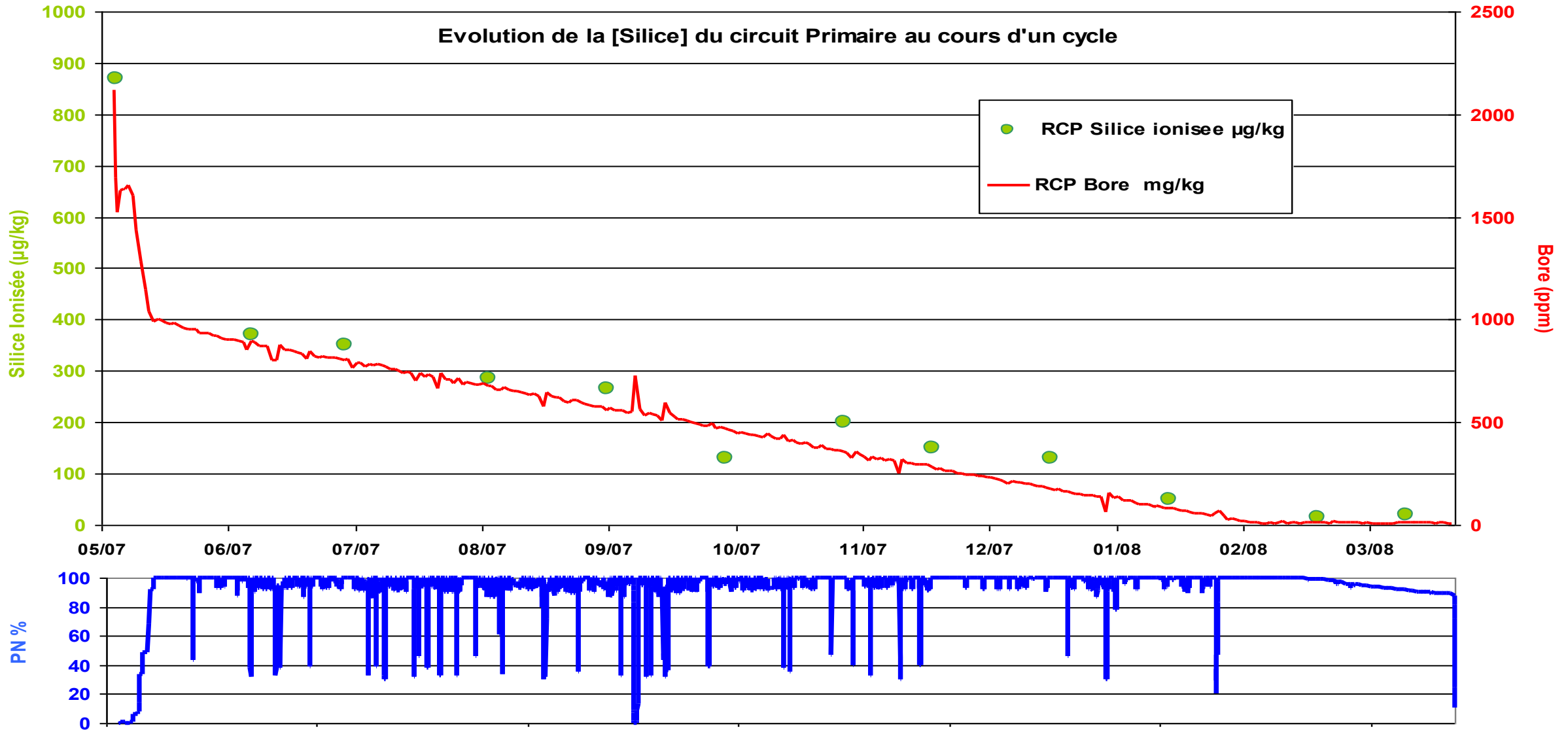
# Corrélation possible entre modulation et CsC



# Evolution naturelle des faibles fuites P/S début et fin de cycle



# Relation Bore/Silice



# Encrassement/Colmatage

