

I – Introduction

La pénurie d'eau est considérée comme l'un des problèmes les plus graves dans de nombreux pays en raison de la croissance démographique. Pour assurer une croissance durable dans de nombreux pays, diverses technologies de dessalement sont activement développées tel que le processus de dessalement thermique. C'est la technologie conventionnelle la plus populaire, qui peut produire économiquement de grandes quantités d'eau dessalée. Dans de nombreux pays, la plupart des grandes usines de dessalement thermique utilisent la chaleur des combustibles fossiles, ce qui contribue à la pollution de l'environnement, comme les émissions de gaz à effet de serre. Cette étude vise à évaluer la faisabilité d'utiliser un grand réacteur REP à cycle de Brayton au dioxyde de carbone supercritique (S-CO₂) pour produire de l'électricité et de l'eau propre. Deux concepts ont été proposés pour remplacer le système de conversion d'énergie à base de vapeur existant par un cycle de Brayton S-CO₂ couplé à un réacteur coréen APR-1400 (Advanced Pressurized Reactor 1400).

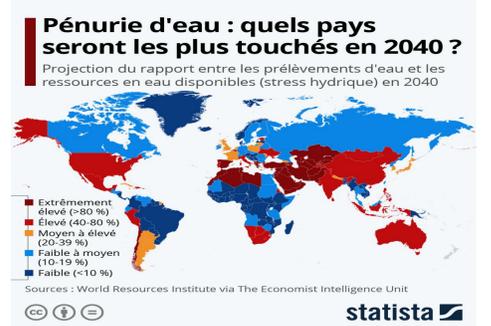


Figure 1 : Quels seront les pays les plus touchés par la pénurie d'eau en 2040 (1)

II - Etat des connaissances

→ Phase « **supercritique** » lorsque que le fluide est au dessus de sa température et pression dites critique → masse volumique élevée comparable à celle des liquides, coefficient de diffusivité intermédiaire à celui des liquides et des gaz, faible viscosité proche de celle des gaz.

→ Le réacteur **APR-1400** est utilisé comme réacteur de référence, c'est un réacteur nucléaire de type pressurisé à eau conçu par la société sud-coréenne Korean Electric Power Corporation (KEPCO) qui utilise de l'**uranium enrichi** en tant que carburant. Le système de conversion d'énergie dans le circuit secondaire d'un réacteur est divisé en deux sections, à savoir la **section haute pression (HPT section)** et la **section basse pression (LPT section)**. La section haute pression comprend la turbine haute pression, le générateur de vapeur et les réchauffeurs. La section turbine basse pression comprend la turbine basse pression, le condenseur et les réchauffeurs.

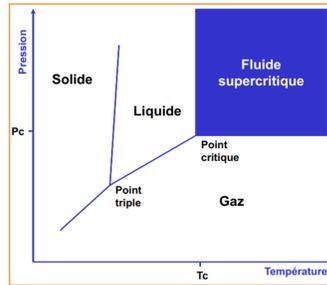


Figure 2 : Graphique pression température (3)

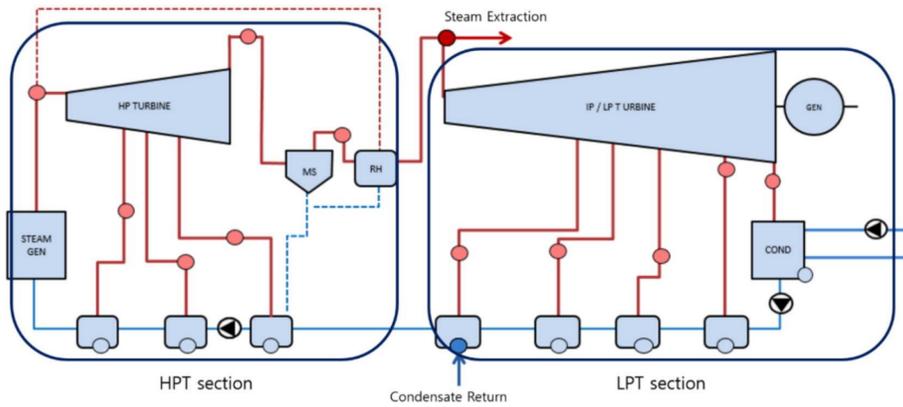


Figure 3 : Schéma du système de conversion de puissance de l'APR-1400. (2)

III - Principe de fonctionnement

→ Plusieurs configurations de cycle de Brayton S-CO₂ sont comparées entre elles :

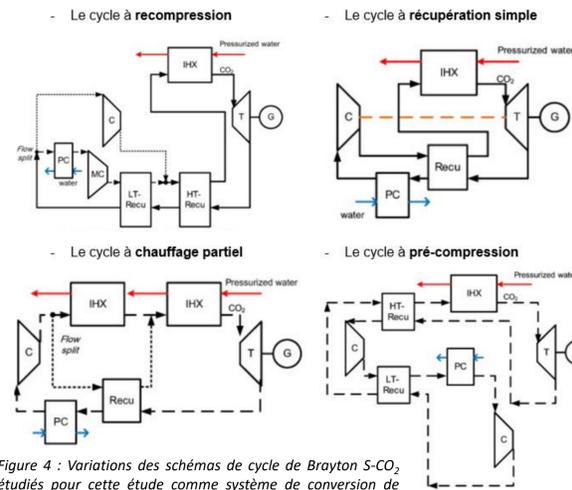


Figure 4 : Variations des schémas de cycle de Brayton S-CO₂ étudiés pour cette étude comme système de conversion de puissance pour l'APR-1400. (2)

→ Améliorer l'efficacité thermodynamique du cycle.

→ **1^{er} concept** : remplacer la partie turbine basse pression du système de conversion de puissance par un cycle Brayton S-CO₂. Cela nécessite de modifier au maximum les conditions de la partie turbine haute pression et du générateur de vapeur pour minimiser l'impact sur la conception du circuit primaire.

→ **2nd concept** : remplacer l'ensemble du système de conversion de l'énergie par le cycle Brayton S-CO₂.

Figure 5 : Schéma pour le remplacement de la section turbine basse pression par le cycle de Brayton S-CO₂. (2)

IV – Résultats et interprétations

	1 ^{er} concept	2 nd concept
Entrée et sortie température du système de dessalement [°C]	262.97/143.52	240.2/48.8
Capacité de dessalement (m ³ /j)	202 760	202 760

Figure 6 : Résultats des concepts des cycles S-CO₂ pour le remplacement de la section basse pression et de l'ensemble du système de conversion de l'énergie lorsque la température du compresseur est proche de 30 °C.

- Par conséquent, la capacité de dessalement des concepts proposés peut atteindre jusqu'à **202 760 m³/j**.
- Le premier concept qui remplace la section turbine basse pression du cycle classique par le cycle S-CO₂, peut atteindre une capacité de dessalement identique à celle d'un cycle à vapeur couplé à un système de dessalement.
- Pour le second concept, qui consiste à remplacer le cycle complet de la turbine à vapeur par le cycle S-CO₂, est choisi en raison de sa simplicité, de sa facilité d'utilisation et de son optimisation pour le couplage avec le système de dessalement, la production d'énergie électrique est supérieure au concept de remplacement de la section à vapeur basse pression tout en obtenant une capacité de dessalement identique avec un cycle à vapeur couplé à un système de dessalement.

Point Fort :

- Peut atteindre une **efficacité thermique supérieure** à celle du cycle à vapeur dans les conditions APR-1400 grâce à l'optimisation.
- Ne produit pas de vapeur sous pression
- ⇒ **Réduction des risques de surchauffe et d'explosions**
- Ne contient pas d'oxygène
- ⇒ **Limiter les risques d'incendie**
- Faibles émissions de gaz à effet de serre



Point Faible :

- Complexité de la technologie
- ⇒ **Nécessite des équipements et des systèmes de contrôle complexes**
- Manque de données de performance
- ⇒ **Risque sur le long terme**
- Risque de fuite de CO₂ dans l'environnement
- Coûts de démantèlement élevé



Bibliographie

- 1] Pénurie d'eau : les pays qui seront les plus affectés à l'horizon 2040, de Tristan Gaudiaut, 21 mars 2022 <https://fr.statista.com/infographie/27079/penurie-eau-projections-niveau-de-stress-hydrique-par-pays-dans-le-monde/>
- 2] Won Woong Lee, Seong Jun Bae, Yong Hun Jung, Ho Joon Yoon, Yong Hoon Jeong, Jeong Ik Lee, Improving power and desalination capabilities of a large nuclear power plant with supercritical CO₂ power technology, Desalination, Volume 409, 2017, Pages 136-145, ISSN 0011-9164, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.01.013>.
- 3] Stéphane Sarrade, Karima Benaïssi, Le CO₂ supercritique et ses applications industrielles l'actualité chimique - février-mars 2013 - n° 371-372.
- 4] Umair Sultan, Yangjun Zhang, Muhammad Farooq, Muhammad Imran, Alamgir Akhtar Khan, Weilin Zhuge, Tariq Amin Khan, Muhammad Humayun Yousaf, Qasim Ali, Qualitative assessment and global mapping of supercritical CO₂ power cycle technology, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Volume 43, 2021, 100978, ISSN 2213-1388, <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100978>