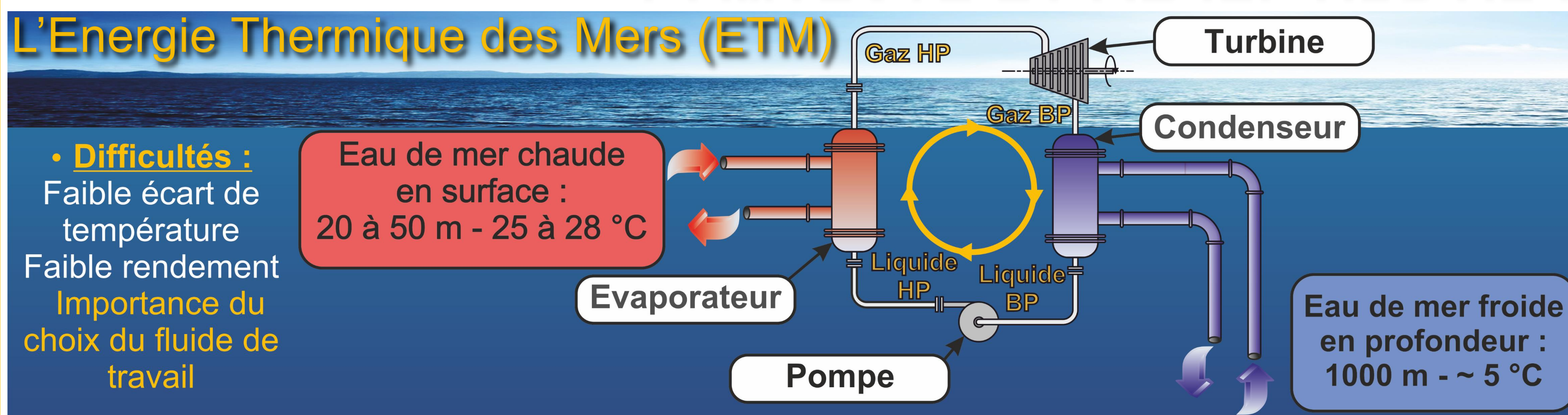


Influence du choix du fluide de travail sur les performances d'un cycle organique de Rankine appliqué à l'Energie Thermique des Mers



Dijoux Alexandre ^{1,2*}, Frantz Sinama ¹, Olivier Marc ¹, Audrey Journoud ¹, Bertrand Clauzade ², Jean Castaing-Lasvignottes ¹

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE



Le Cycle Organique de Rankine (ORC)

- Principe :** Utiliser un fluide organique comme fluide de travail au lieu de l'eau afin d'exploiter des sources de chaleur de plus faible température.
- Les applications :** Récupération des pertes de chaleur industrielles, la géothermie, le solaire thermique, l'Energie Thermique des Mers (ETM).

Choix des fluides de travail pour l'ETM

- Méthode applicable quelque soit la technologie retenue pour les composants du cycle.
- Prise en compte des critères liés :
 - à la technicité
 - aux impacts environnementaux
 - aux performances thermodynamiques
 - à la sécurité.

METHODE DE COMPARAISON DES FLUIDES DE TRAVAIL

Critères techniques

Pressions opératoires > 1 bar et pas excessivement élevées

Titre en vapeur en sortie de turbine > 97%
 → Distinction des fluides « wet », « dry » ou « isentropic »

Critères environnementaux

$$GWP = \frac{\text{Réchauffement climatique du à 1 kg de fluide}}{\text{Réchauffement climatique du à 1 kg de CO}_2}$$

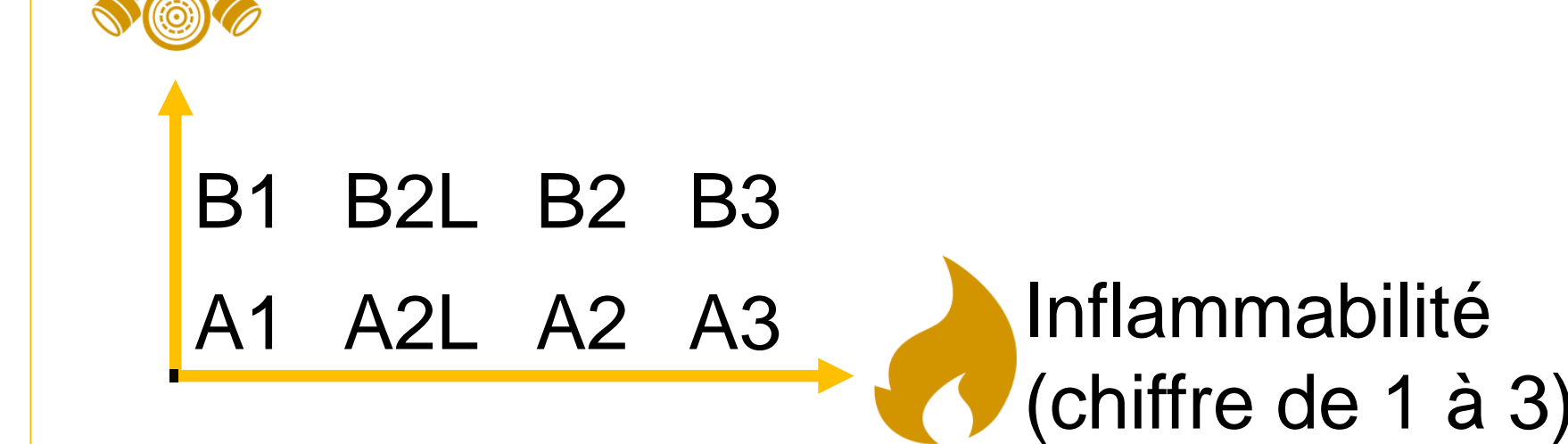
$$ODP = \frac{\text{Quantité d'ozone pouvant être détruit par 1 kg de fluide}}{\text{Quantité d'ozone pouvant être détruit par 1 kg de R11}}$$

ALT = Temps au bout duquel la libération d'une certaine quantité de fluide n'influence plus la concentration atmosphérique moyenne

Critères de sécurité

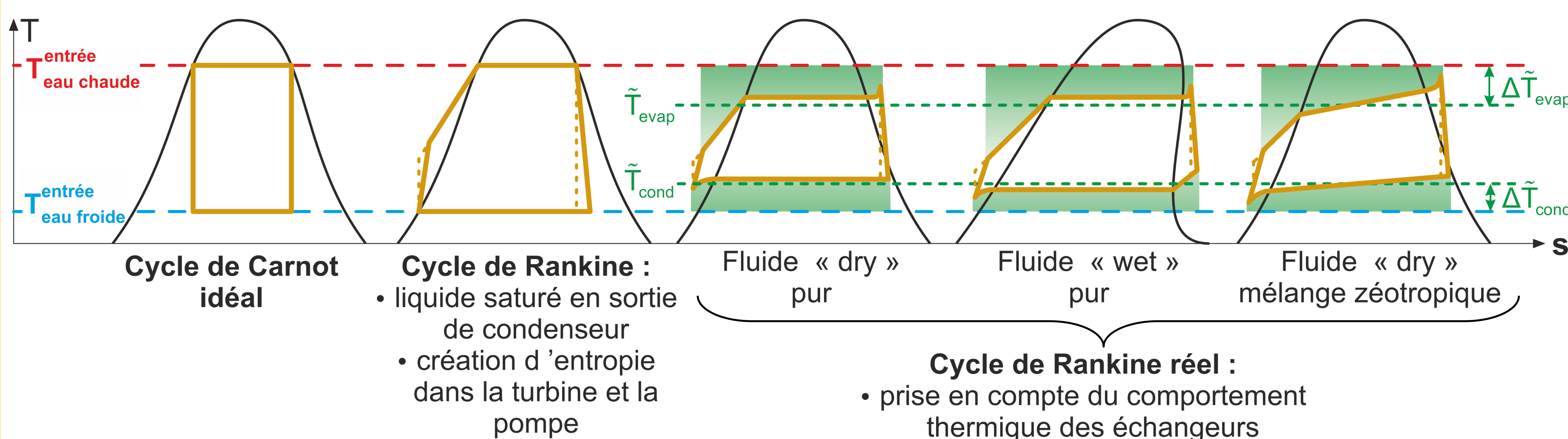
Groupe de sécurité de l'**ASHRAE**

Toxicité (lettre A ou B)



Critères de performances thermodynamiques

Modélisation d'un ORC réel:



Température Entropique :

$$\tilde{T} = \frac{\Delta h}{\Delta s} = \frac{\int \delta q}{\int \delta q / T}$$

Les critères de performances :

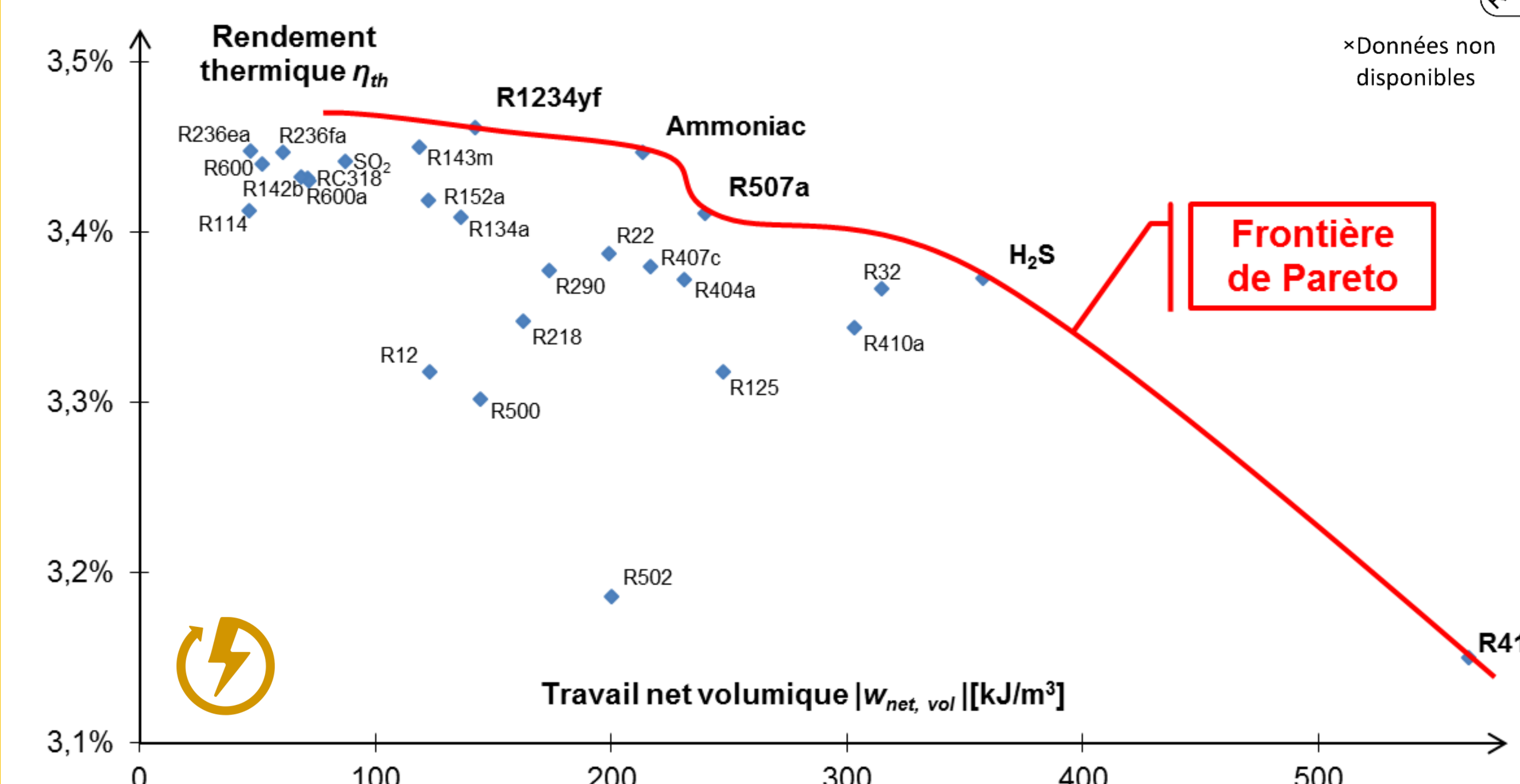
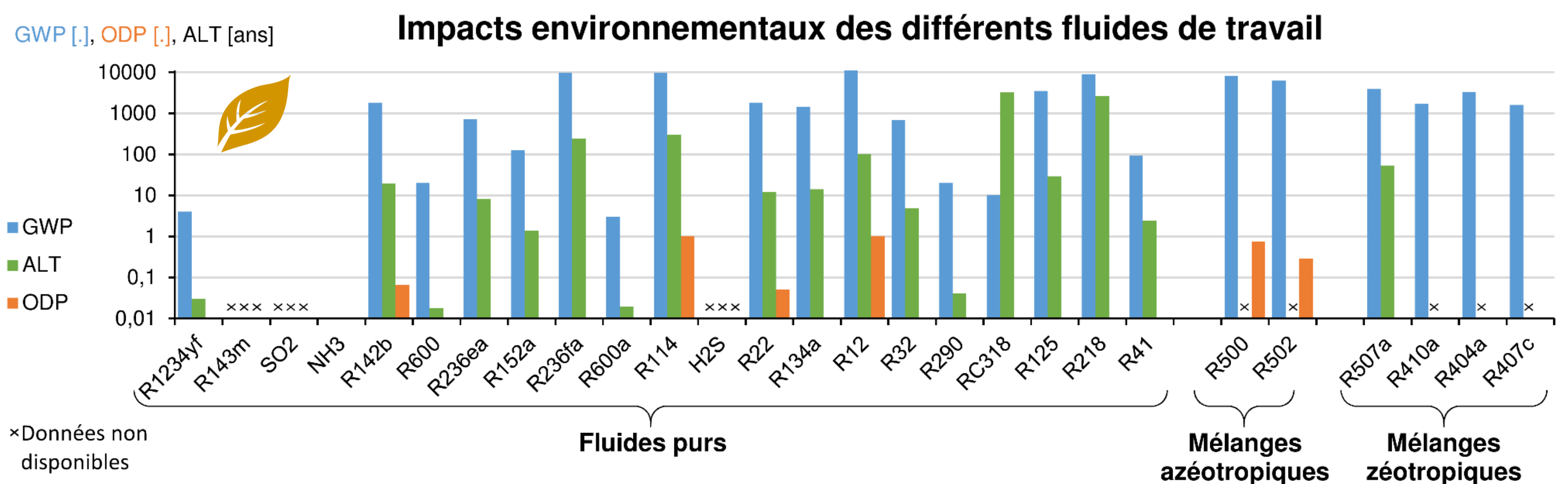
- Rendement thermique : $\eta_{th} = \frac{W_{net}}{q_{evap}}$
- Travail net volumique : $W_{net,vol} = \frac{W_{net}}{U_{refoul,turb}}$

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Conditions de simulation

Température de l'eau chaude	27 °C	Sous-refroidissement	0,1 °C
Température de l'eau froide	5 °C	$\Delta\tilde{T}_{cond} = \tilde{T}_{cond} - T_{eau\ froide}$	5 °C
Surchauffe	0,1 °C	η_{pompe}	0,7
$\Delta\tilde{T}_{evap} = T_{eau\ chaude} - \tilde{T}_{evap}$	5 °C	$\eta_{turbine}$	0,85

Données issues du PAT ETM (Prototype à Terre d'Energie Thermique des Mers) à l'île de La Réunion.



Bilan des meilleurs fluides suivant chaque critère :

(le R41 et le H₂S ont été éliminés pour leurs pressions opératoires trop élevées)

Meilleures performances thermodynamiques	Meilleures performances de sécurité	Meilleures performances pour l'environnement
R1234yf	R507a	R134a
Ammoniac	R236fa	R404a
R507a	R218	R407c
SO ₂	R114	R410a
	R500	RC318
		R22
		R502
		R125
		R12
		R600a
		R600
		R290