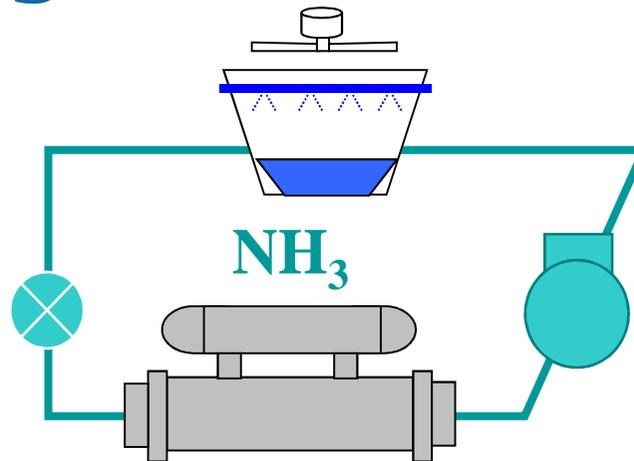




La réfrigération dans le secteur agroalimentaire



Daniel Giguère, CanmetÉNERGIE-Varenes, Longueuil 17 septembre 2010

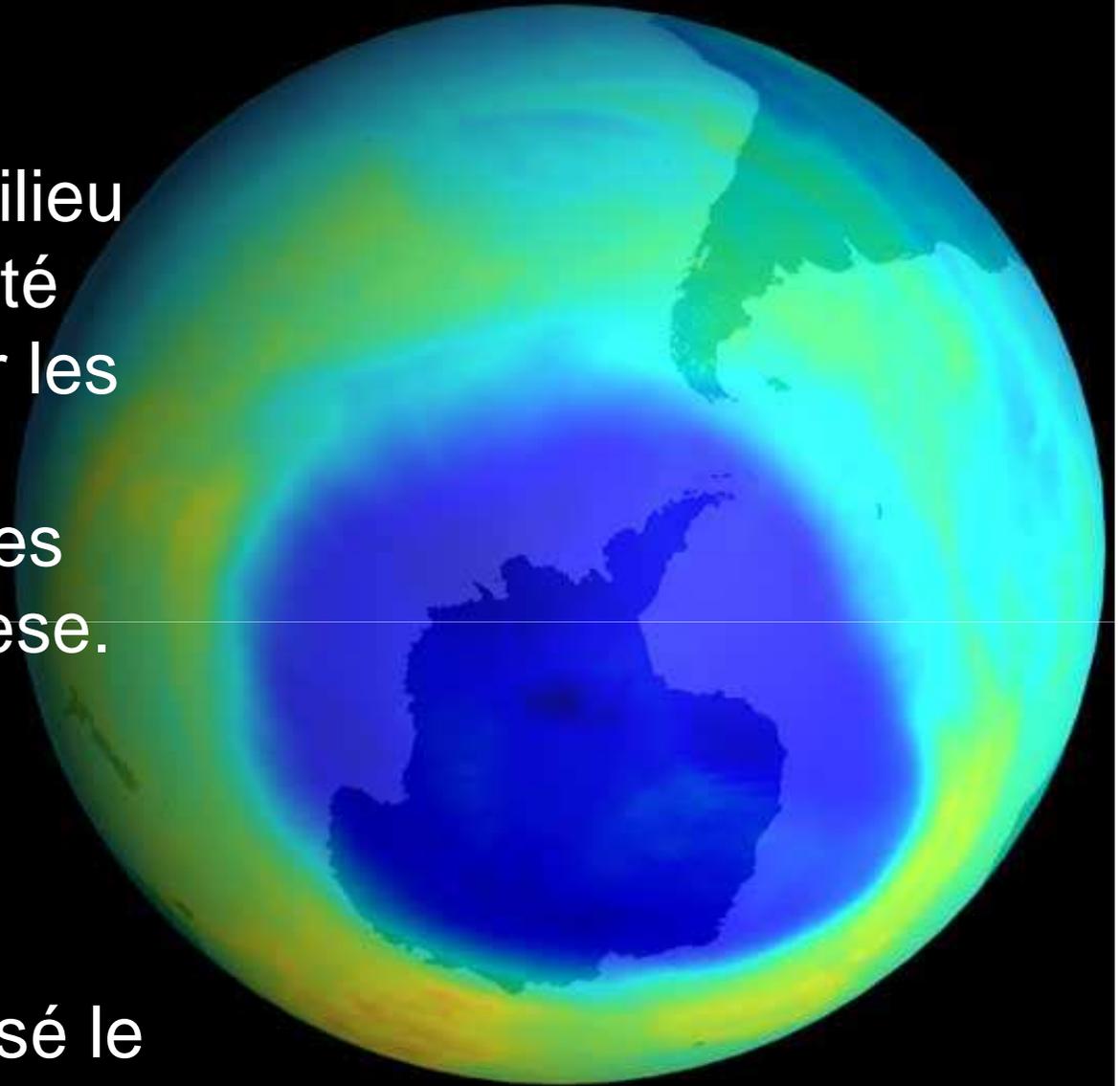
Le programme

- Le contexte
- La part énergétique de la réfrigération dans un procédé industriel
- Les principes fondamentaux
- Les mesures de base d'efficacité énergétique
- La réfrigération au CO₂
- La pompe à chaleur à NH₃
- La pompe à chaleur au CO₂
- Constats

Contexte

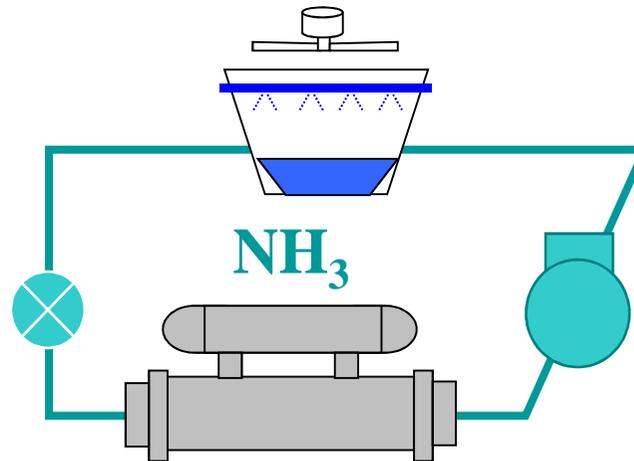
Depuis vingt ans le milieu de la réfrigération a été fortement ébranlé par les conséquences environnementales des réfrigérants de synthèse.

Ce contexte a favorisé le développement de technologies plus durables

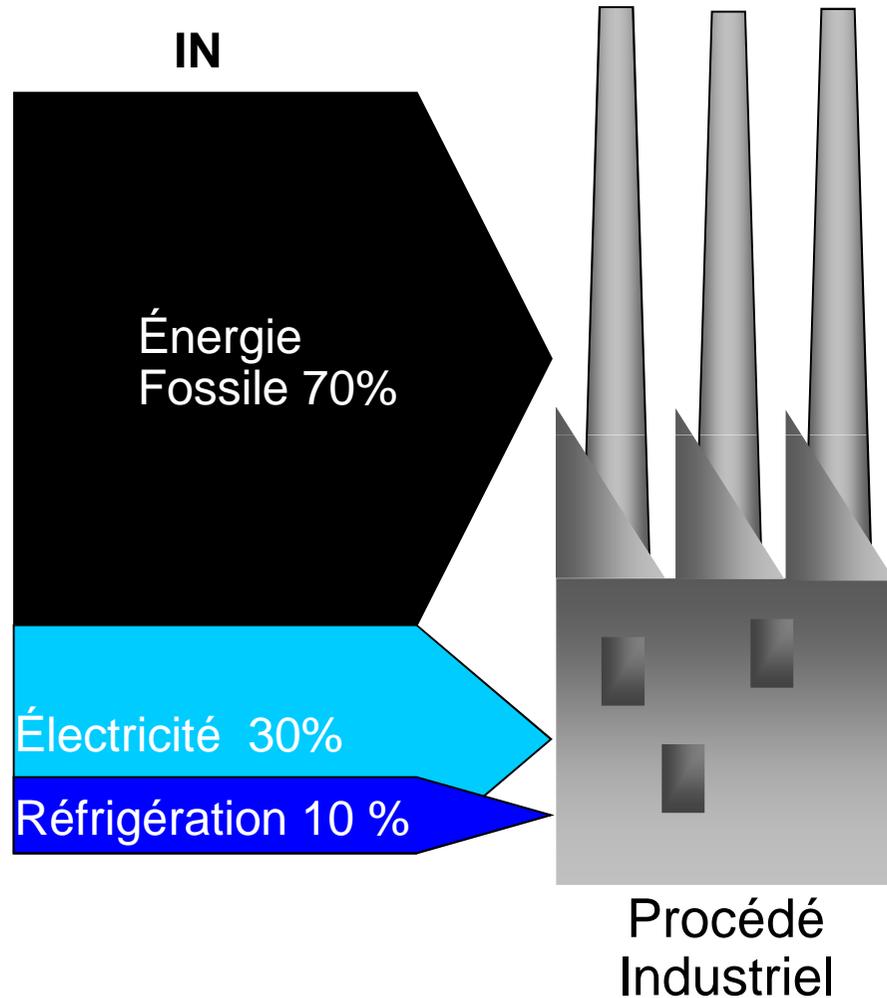




La part énergétique de la réfrigération dans un procédé industriel



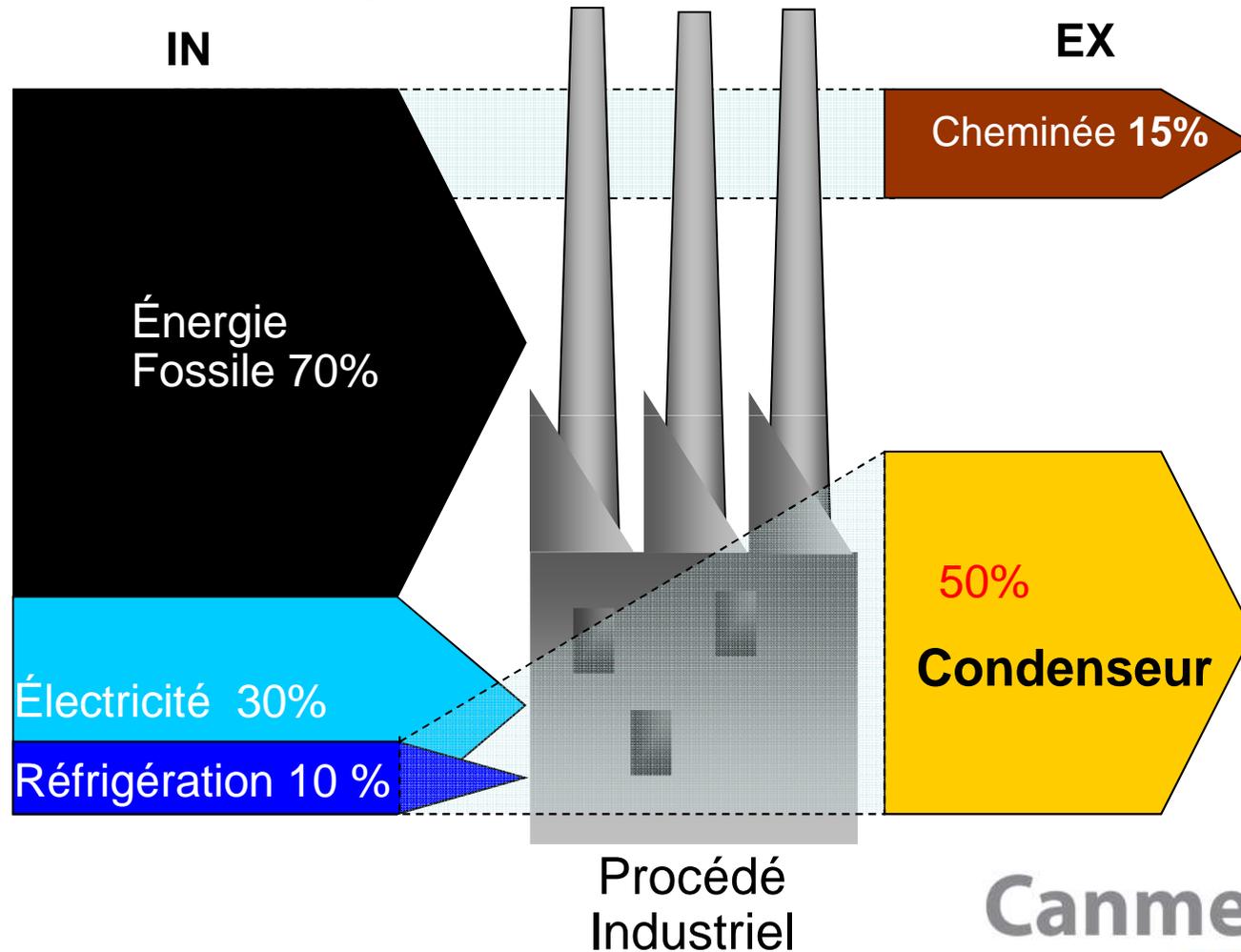
La consommation d'énergie et les rejets thermiques



CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

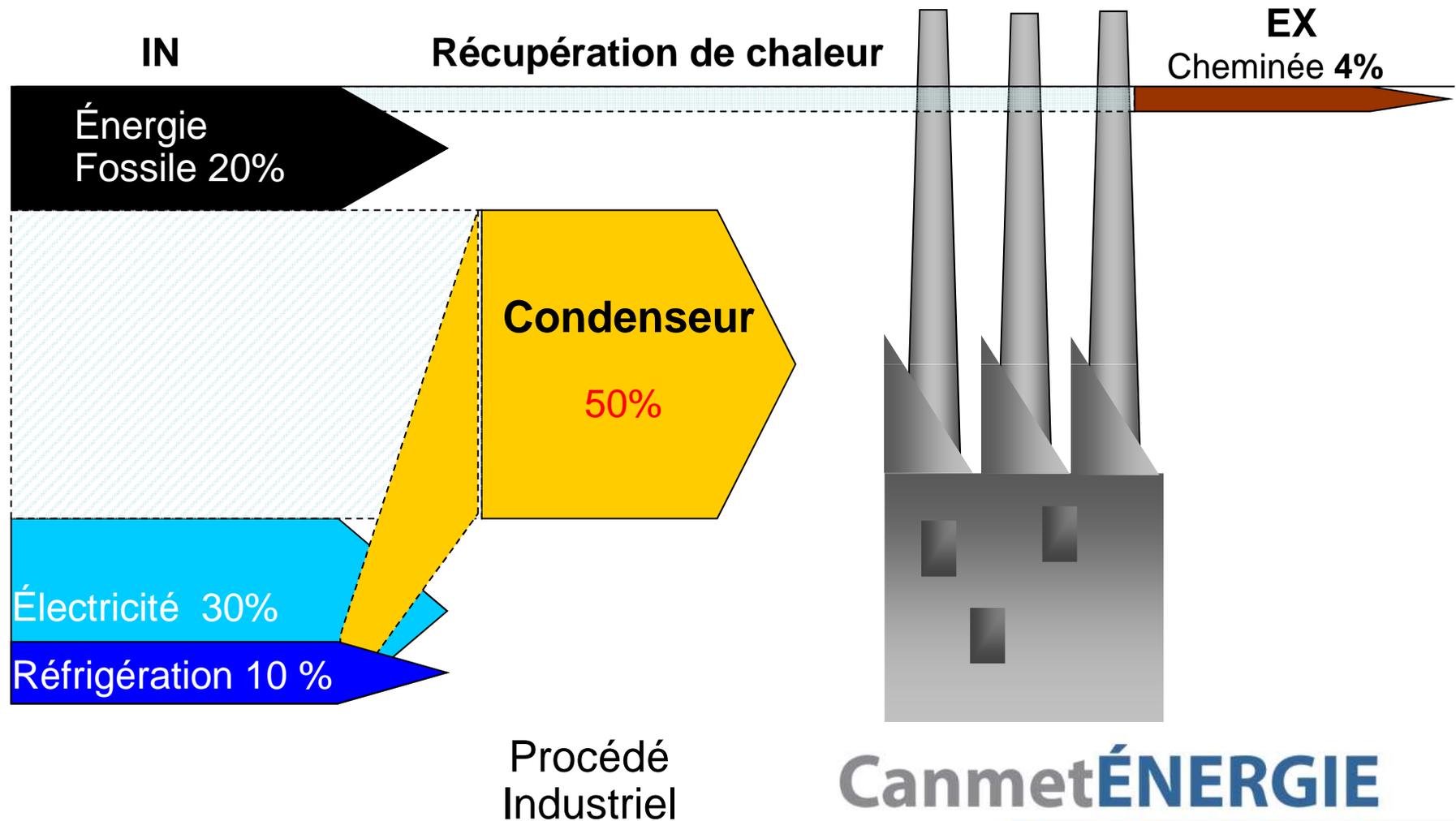
La consommation d'énergie et les rejets thermiques



CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

Les rejets thermiques revalorisés



7

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation



Ressources naturelles
Canada

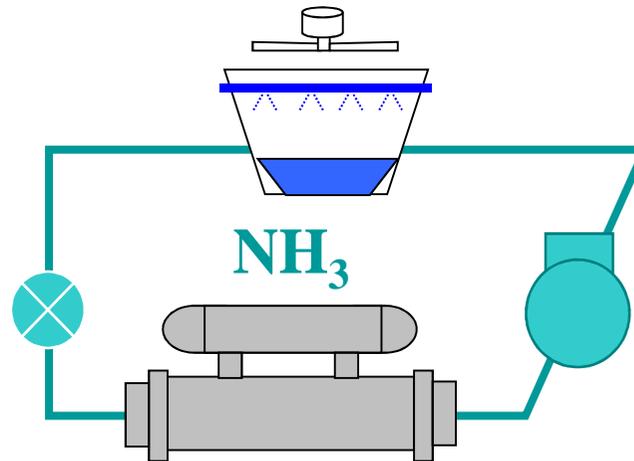
Natural Resources
Canada

Canada

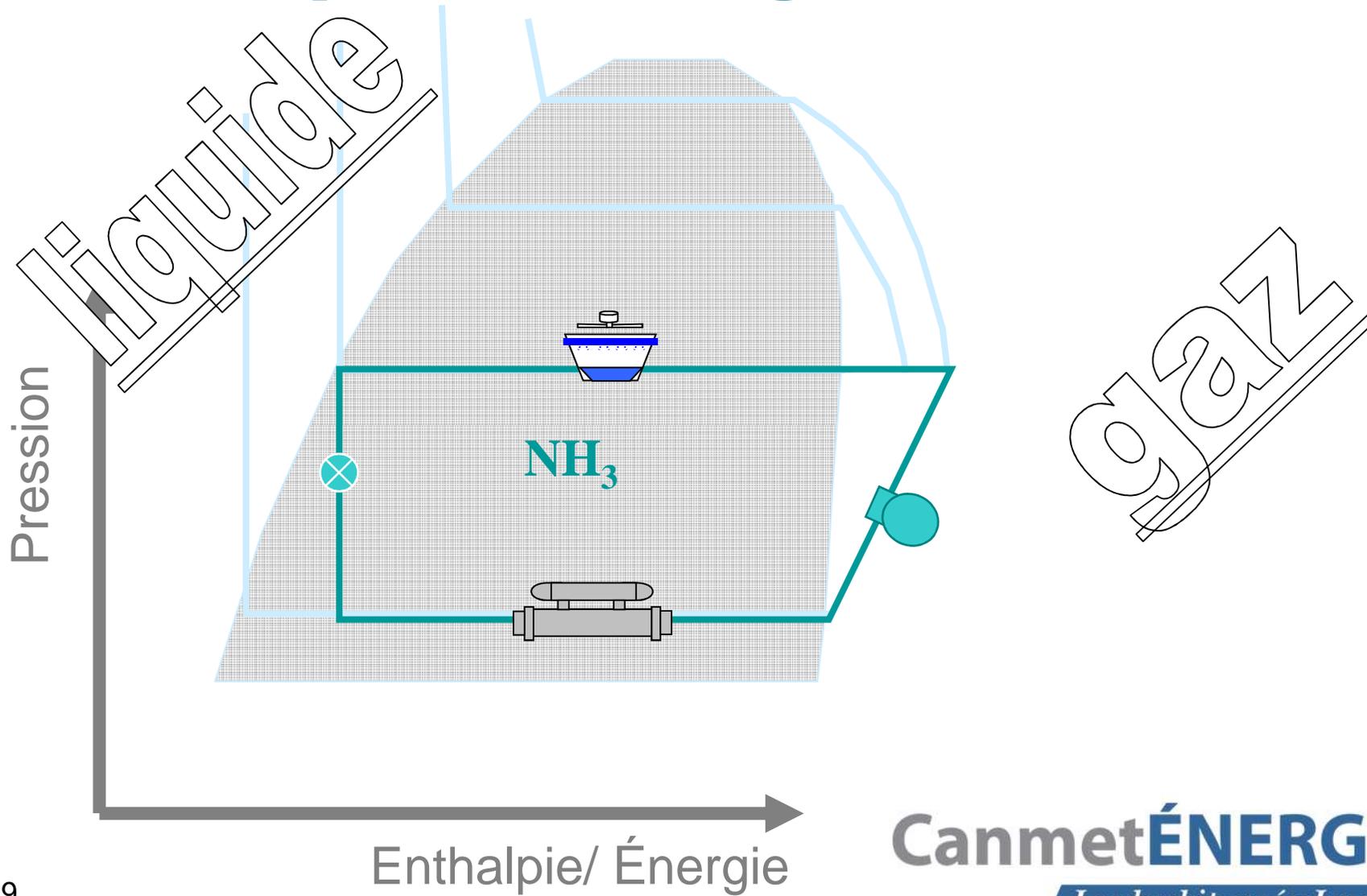


La Réfrigération

Les principes fondamentaux



Le cycle de réfrigération



9

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

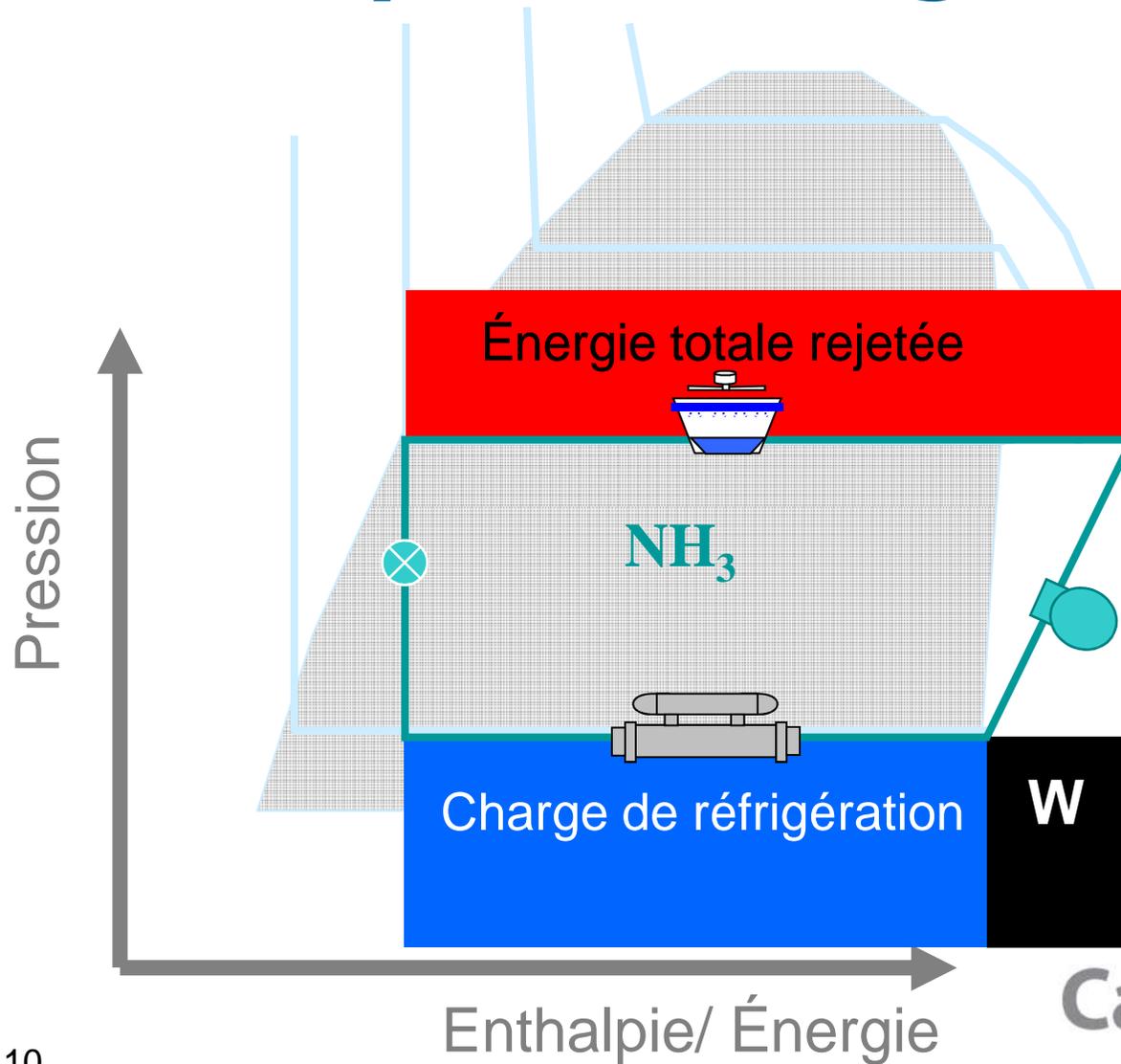


Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

Le cycle de réfrigération



10

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

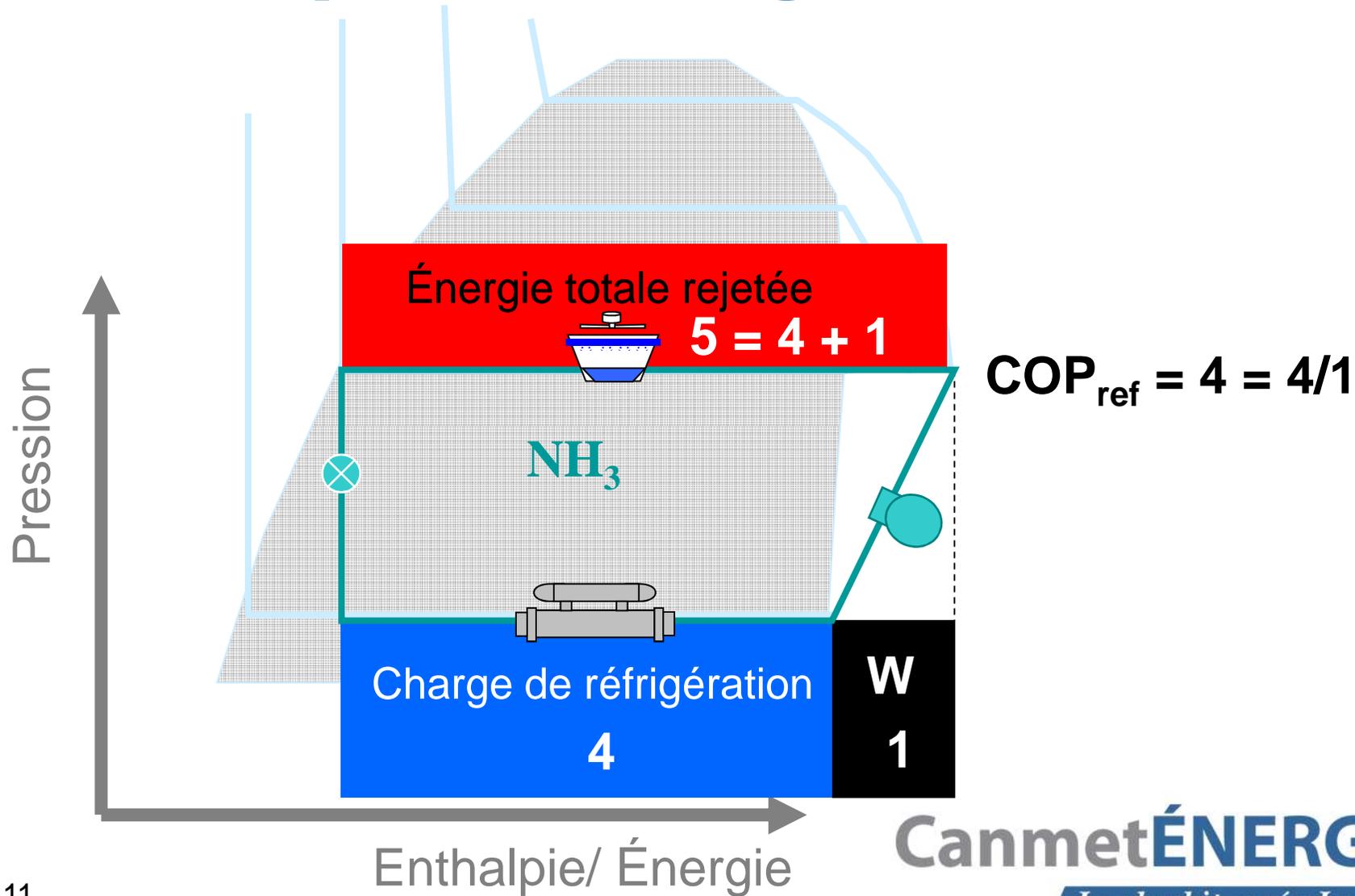


Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

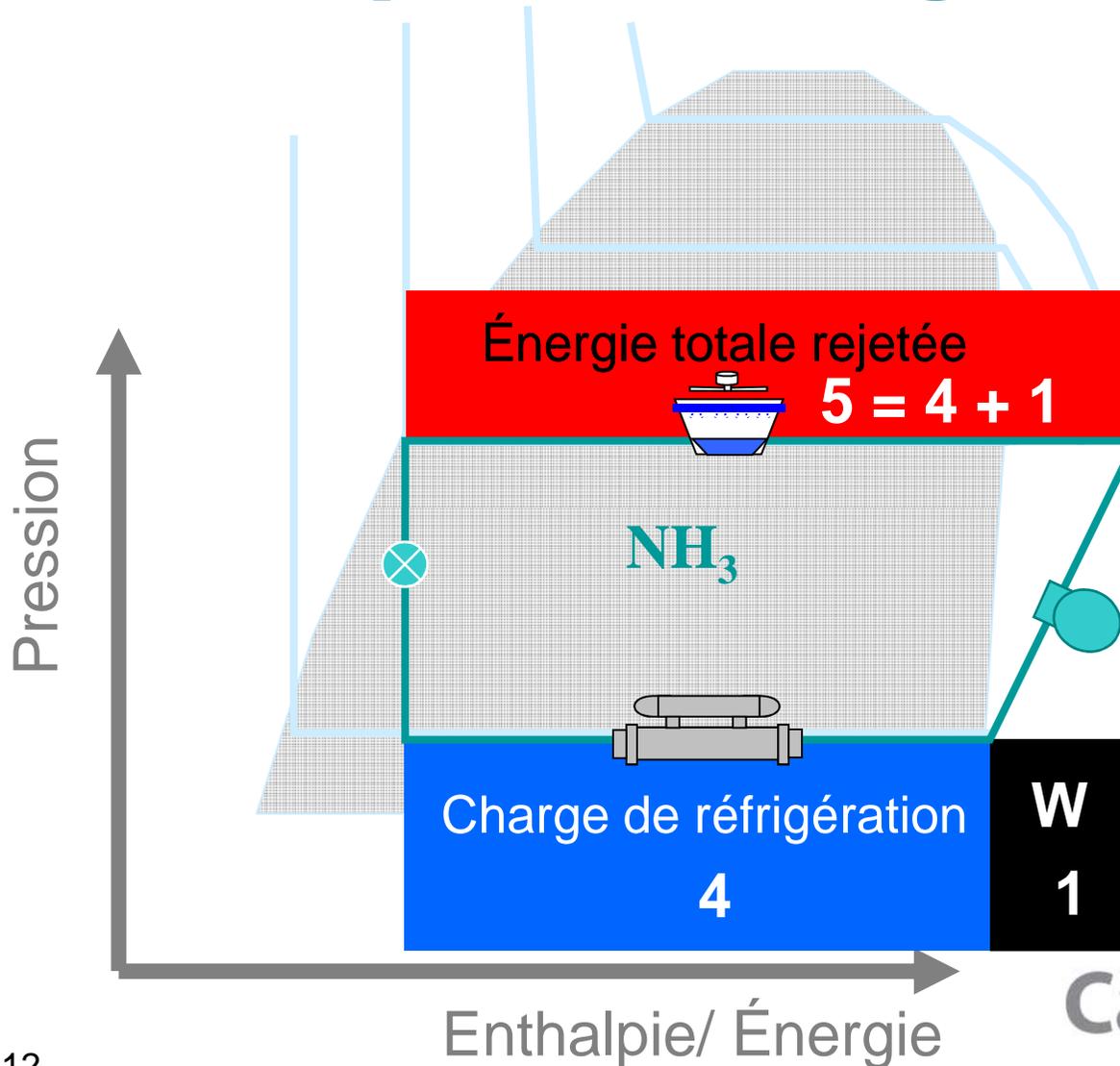
Le cycle de réfrigération



CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

Le cycle de réfrigération



$$\text{COP}_{\text{ref}} = 4 = 4/1$$

$$\text{COP}_{\text{pac}} = 5 = 5/1$$

$$\text{COP}_{\text{total}} = 9 = (5+4)/1$$

$$(\text{EER} = \text{COP} * 3.41)$$

$$\text{BHP/ton} = 1.18$$

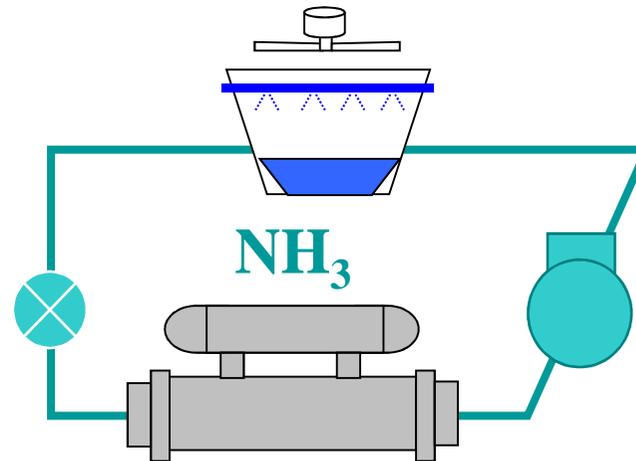
CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation



La Réfrigération

Les mesures de base d'efficacité énergétique



Les principales mesures de base d'efficacité énergétique

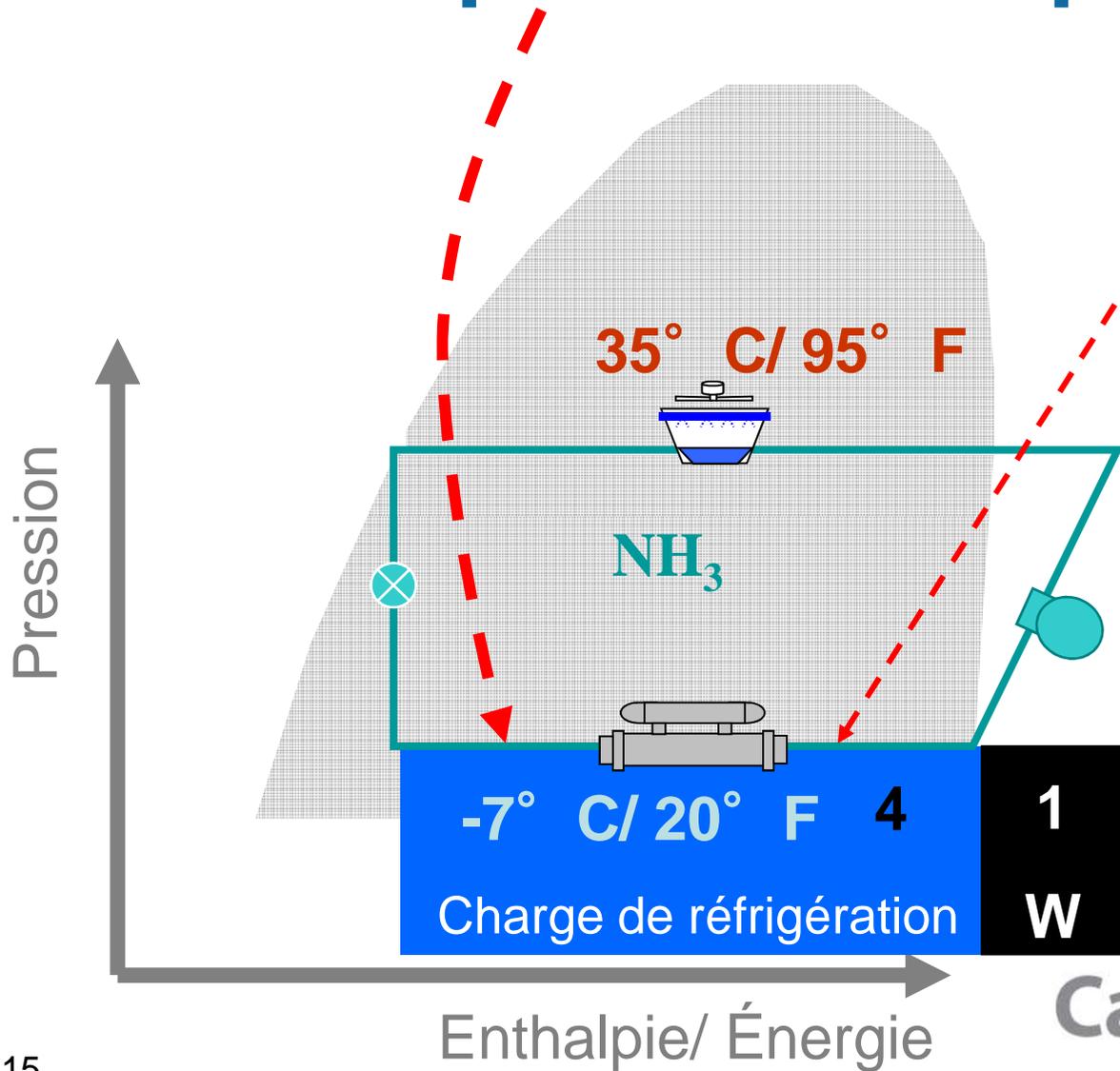
- La température d'évaporation
- La température (pression) de condensation
- La récupération de chaleur
- Le sous refroidissement

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation



La température d'évaporation



$$\text{COP}_{\text{ref}} = 4$$

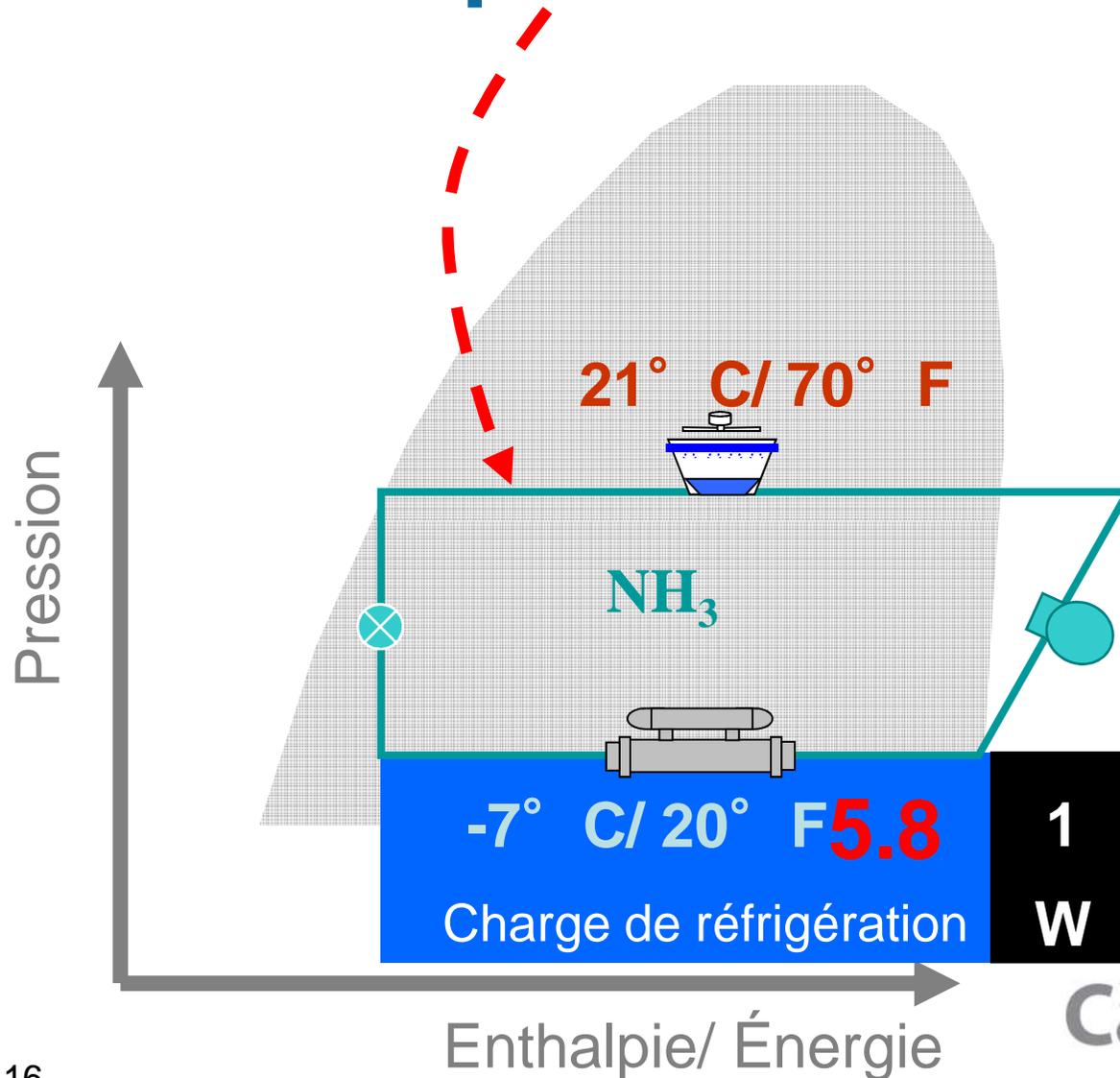
2.5% efficacité/ ° F
3% puissance/ ° F

Attention si:
 $T_{\text{fluide}} > 25^\circ \text{ C}$
 ou
 $T_{\text{fluide}} - T_{\text{evap}} > 10^\circ \text{ C}$
 Il y a perte d'efficacité

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

La température de condensation



$$\text{COP}_{35} = 4.0$$

$$\text{COP}_{21} = 5.8$$

Pour la même charge de réfrigération la consommation du compresseur est réduite de **31%** = $1 - 4.0/5.8$

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

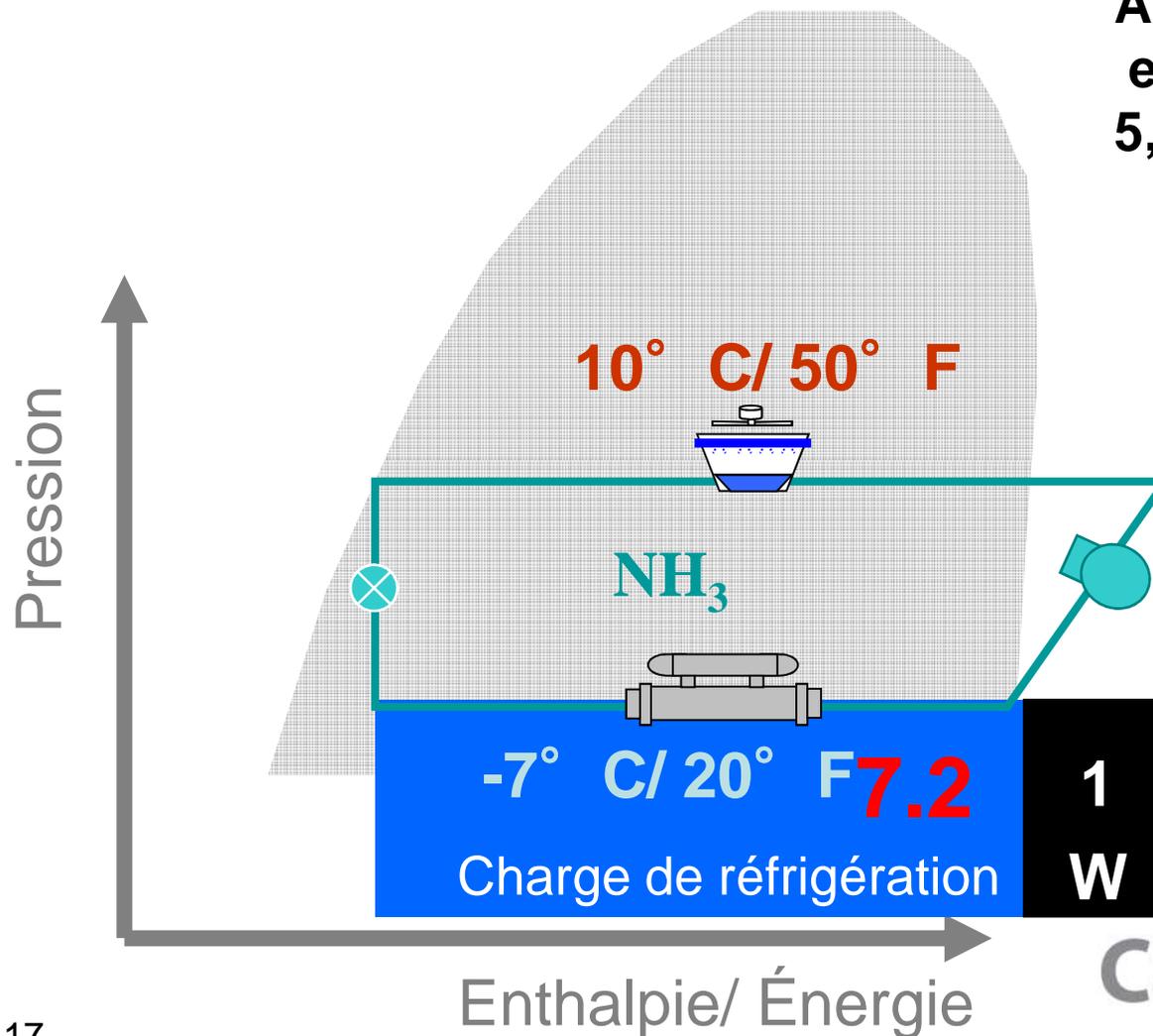
La température de condensation

À Montréal, la température est sous 10° C/ 50° F 5,000 heures par année

$$\text{COP}_{35} = 4.0$$

$$\text{COP}_{21} = 5.8 \Rightarrow \text{W } -31\%$$

$$\text{COP}_{10} = 7.2 \Rightarrow \text{W } -44\%$$



17

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

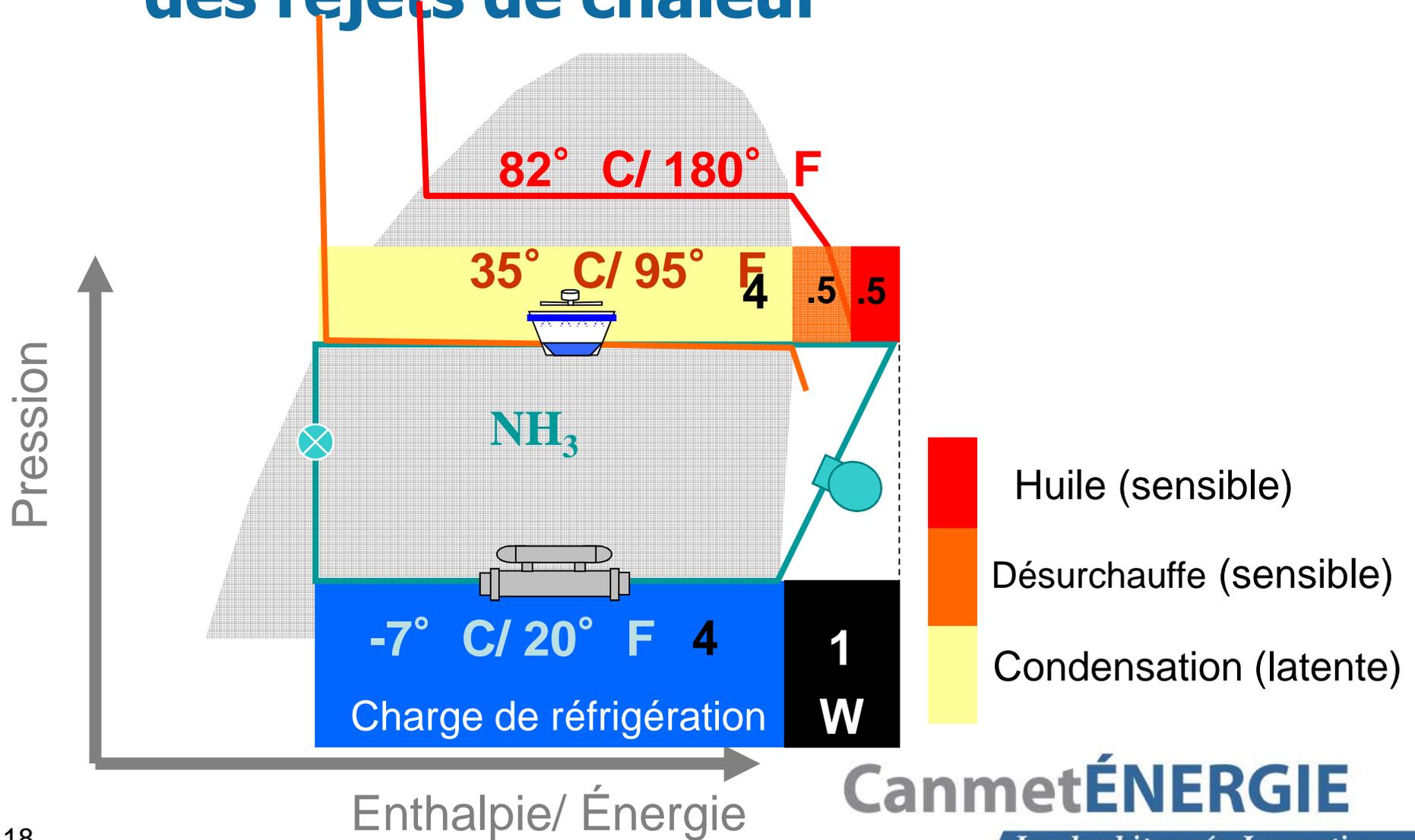


Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

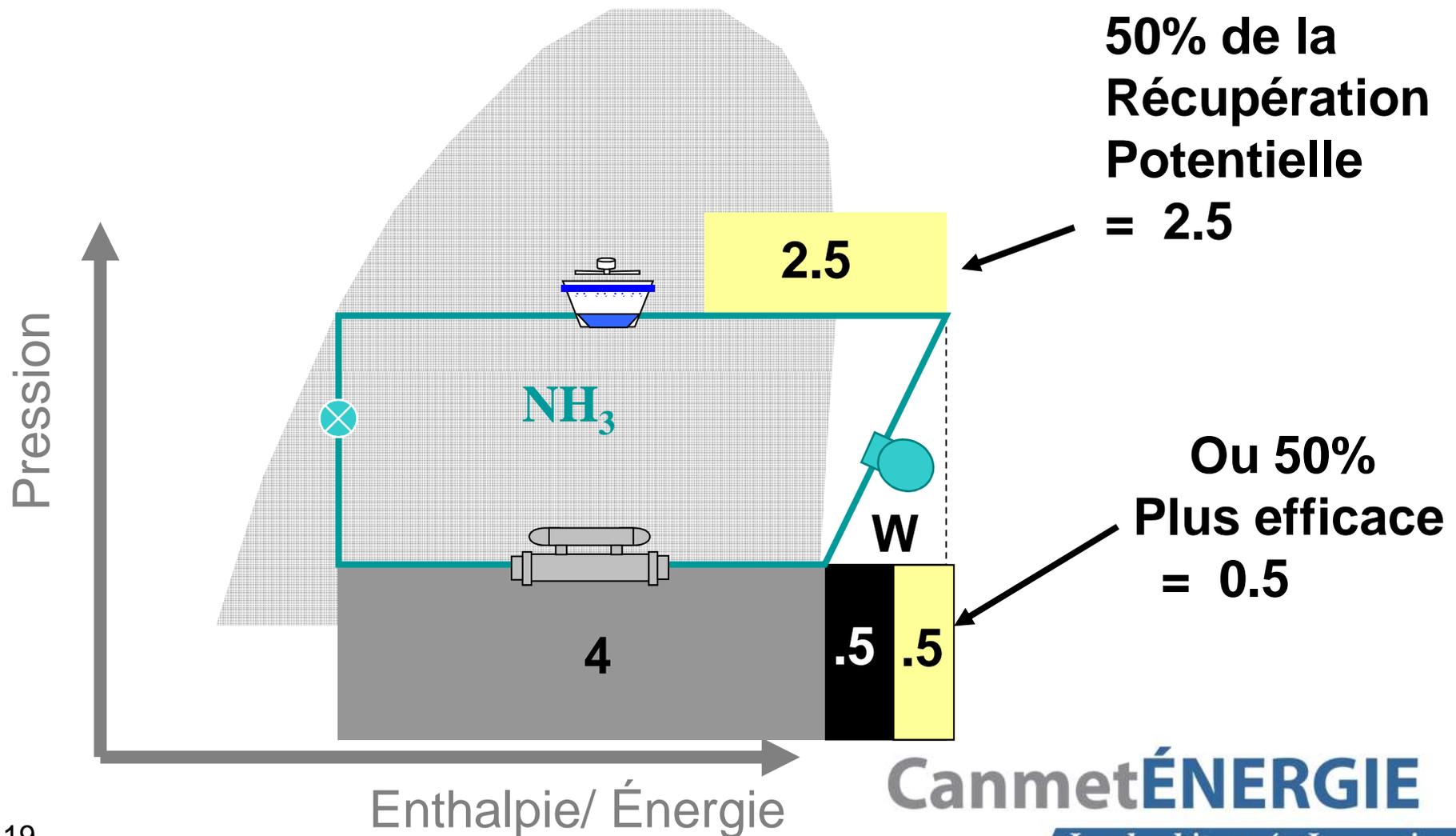
La quantité et la qualité des rejets de chaleur



CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

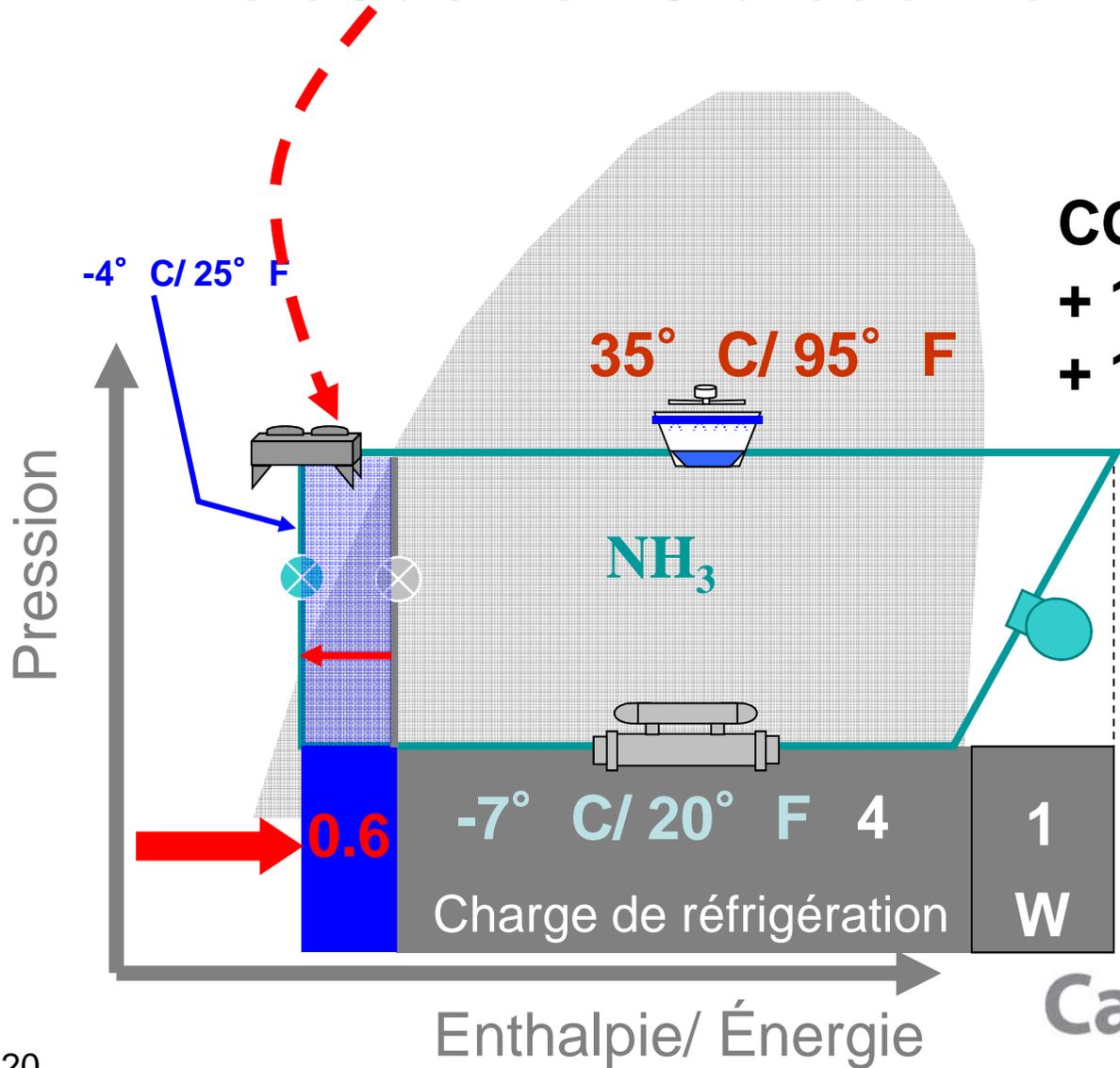
Récupérer la chaleur ou bien ?



CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

Le sous refroidissement



$COP_{sub} = (4 + .6)/1 = 4.6$
 + 15% de Puissance
 + 15% d'efficacité

10° F ≈ +2%
 10° C ≈ +4%

Les cycles de réfrigération au CO₂

- Le dioxyde de carbone (CO₂)
- Fluide secondaire
- Cycle Cascade
- Cycle Cascade et fluide secondaire
- Cycle Transcritique

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation



Le dioxyde de carbone (CO₂)

- Le réfrigérant R 744 CSA classe **A1**
- Il est présent dans l'atmosphère dans une proportion, soit **391 ppm**.
- 100 000 ppm (10%) perte de conscience.
- La concentration augmente **2 ppm/an**
- Fait partie des réfrigérants naturels comme l'eau, l'air, l'ammoniac et les hydrocarbures
- Le CO₂ utilisé en réfrigération est un sous produits des procédés de production d'ammoniac ou d'hydrogène. (wikipedia)

Propriétés comparées

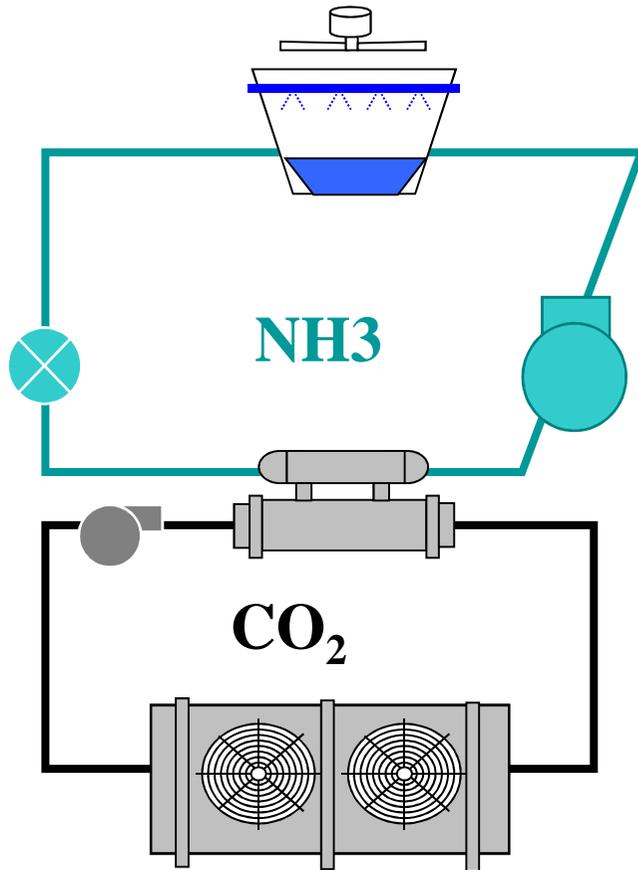
Code du Réfrigérant		R404A	NH ₃	CO ₂
Type de Réfrigérant		HFC	naturel	naturel
Ozone Depletion Potential	ODP	0	0	0
Potentiel de Réchauffement Global	PRG	3260	-	1
Conditions Critiques	[psig]/ [°F]	541 / 162	1640 / 270	1067 / 88
Température d'ébullition à	0 psig [°F]	-50 °F	-28 °F	-69 °F
Température d'ébullition à	400 psig [°F]	140 °F	147 °F	19 °F
BTU / PIED CUBE	à -40 év. / 20 co. [°F]	29	21	176
$\Delta T_{\text{saturée}} / \Delta P = 1 \text{ psi}$	à -40 [°F]	-2.1 °F	-3.4 °F	0.3 °F
Inflammabilité		NON	(peu)	NON
Toxicité (à 400 ppm)		NON	OUI	NON

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation



Le CO₂ fluide secondaire

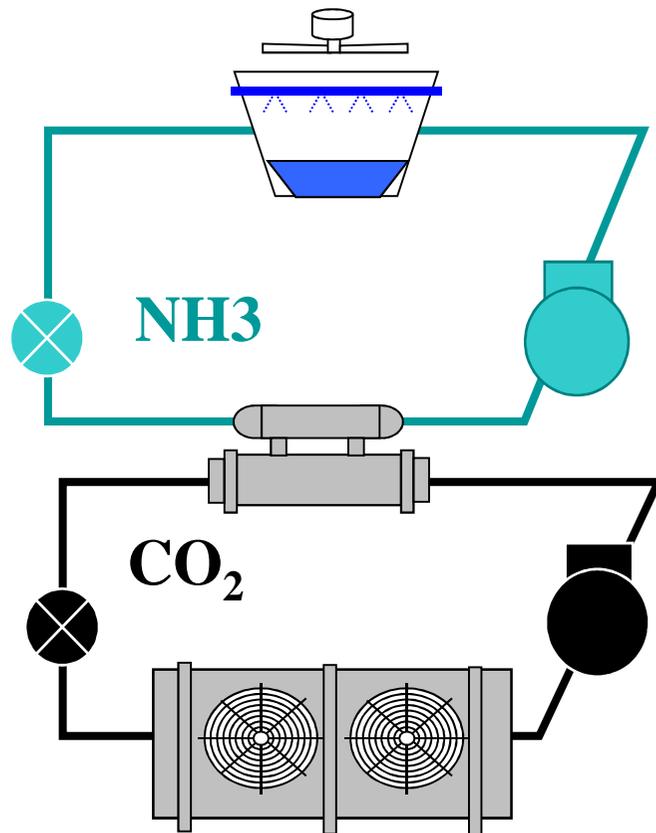


- Sécuritaire
- Pas d'huile
- Transfert de chaleur élevé
- Perte de pression très faible
- Taux de recirculation ≤ 2
- Dégivrage?

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

Cycle Cascade NH₃ / CO₂



- Sécuritaire
- Plus efficace qu'un système NH₃
- Dégivrage au gaz chaud

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

26



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

CO₂ vs Ammoniac à -58 ° F

Differences CO₂ versus R717 on the low temperature side at -58 °F, 134TR:

Volume du compresseur

Puissance du compresseur

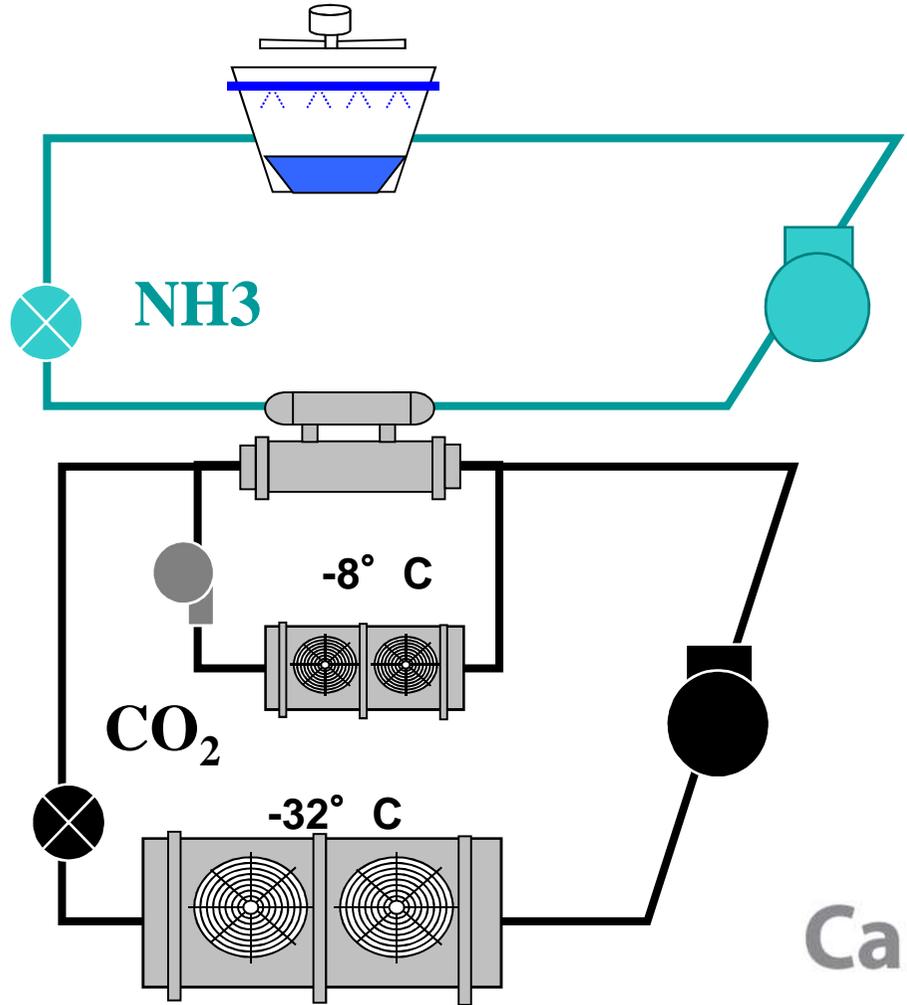
Sécurité

	CO ₂	R717
Compressor	 HPC104S HPC106S (-58 °F / +14 °F)	 3 x M&M H86BT (-58 °F / +5 °F)
Power	 183 HP	 229 HP
Safety		



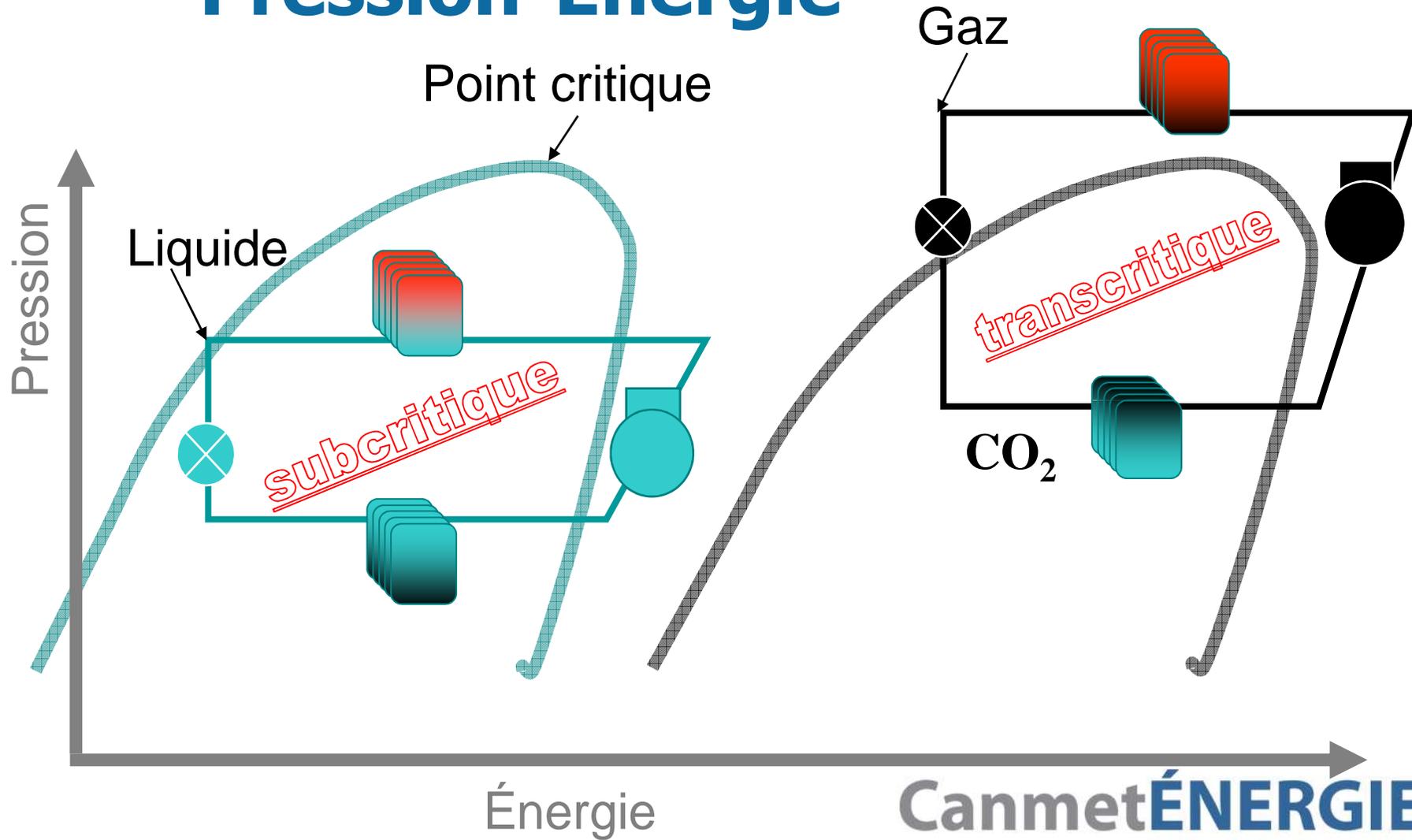
Leadership in Innovation

Cascade et Fluide Secondaire Réfrigérant / CO₂



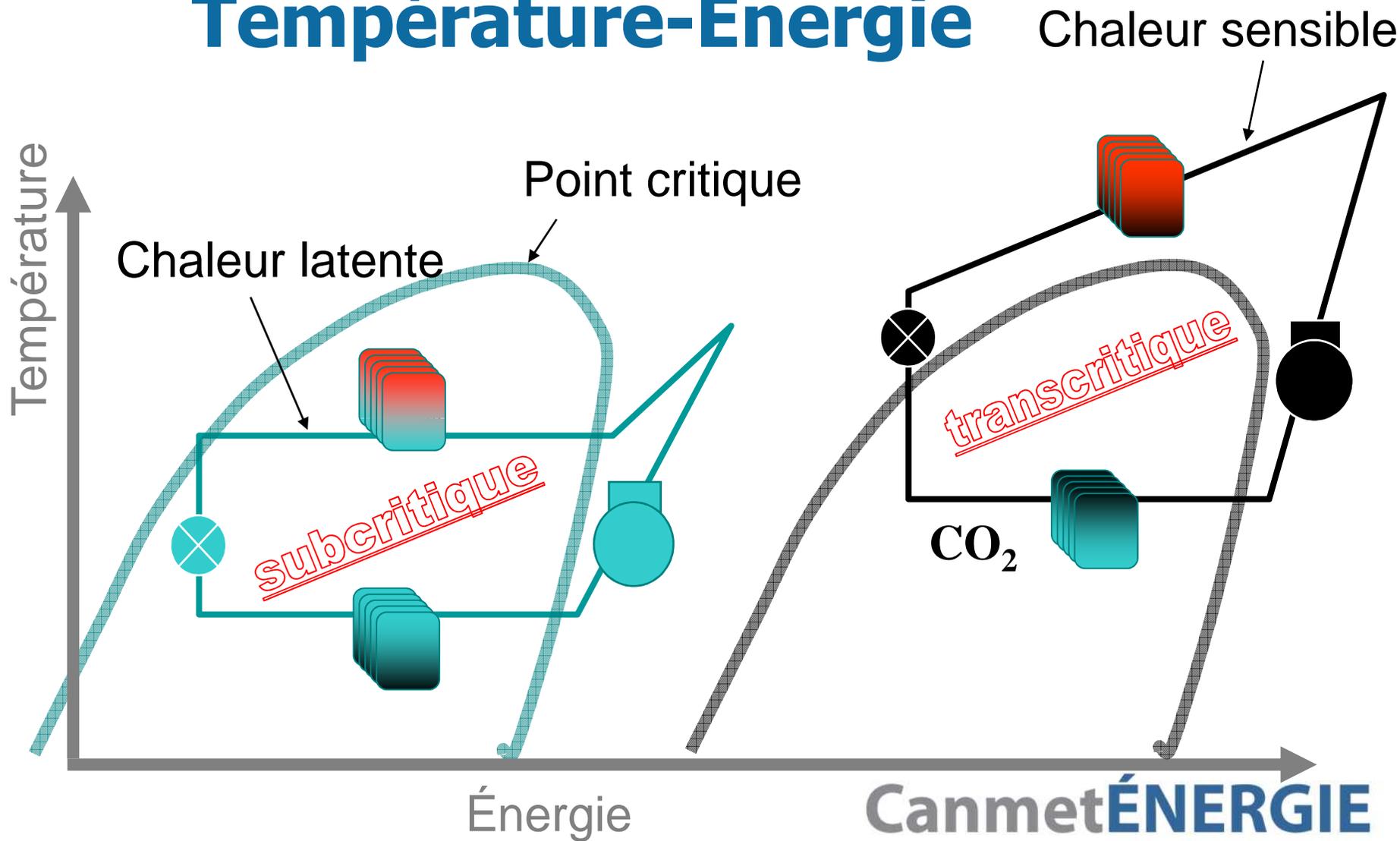
CanmetÉNERGIE
Leadership en écoInnovation

Le cycle transcritique Pression-Énergie



Le cycle transcritique

Température-Énergie



30

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation



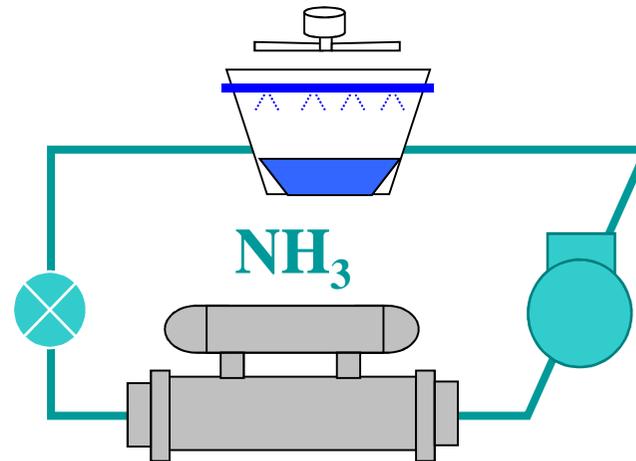
Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada



La pompe à chaleur à l'ammoniac



Les pompes à chaleur à l'ammoniac

- Chauffe jusqu'à 77° C (170° F)
- Le COP varie peut avec le ΔT de l'eau
- La source de chaleur 24° C à 43° C
- La meilleure application: chauffage de liquide déjà chaud avec un petit ΔT

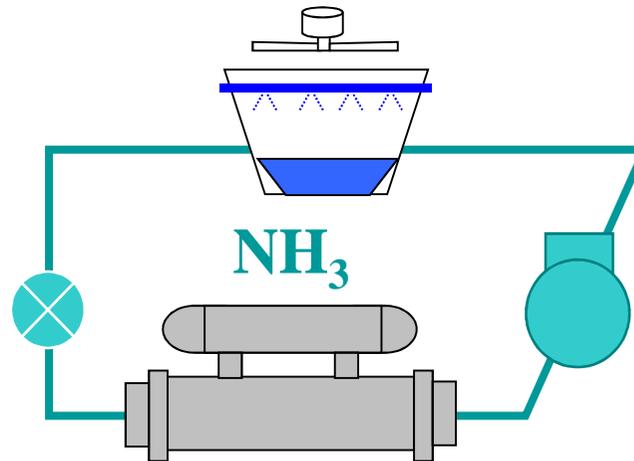
CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

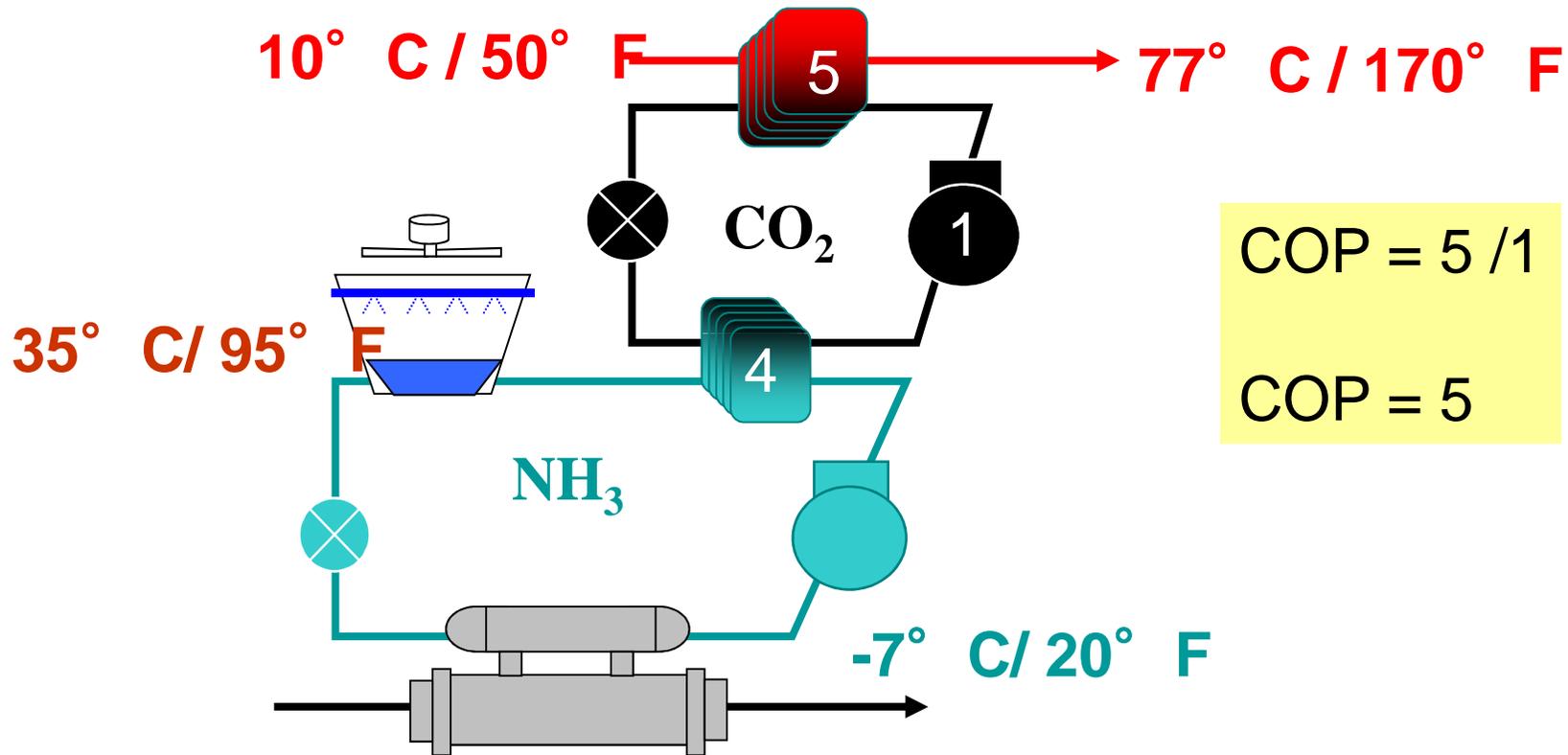




La pompe à chaleur au CO₂



Pompe à chaleur CO₂ haute température



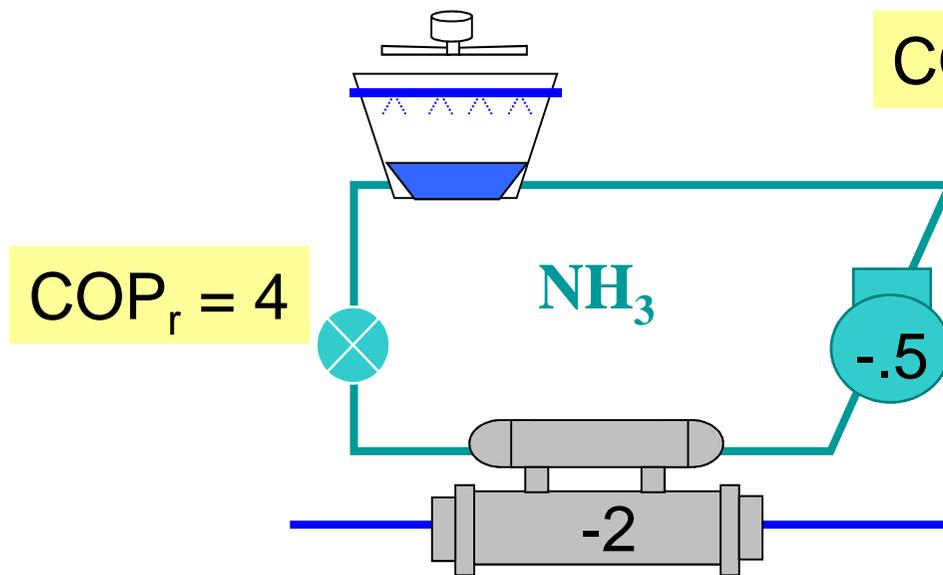
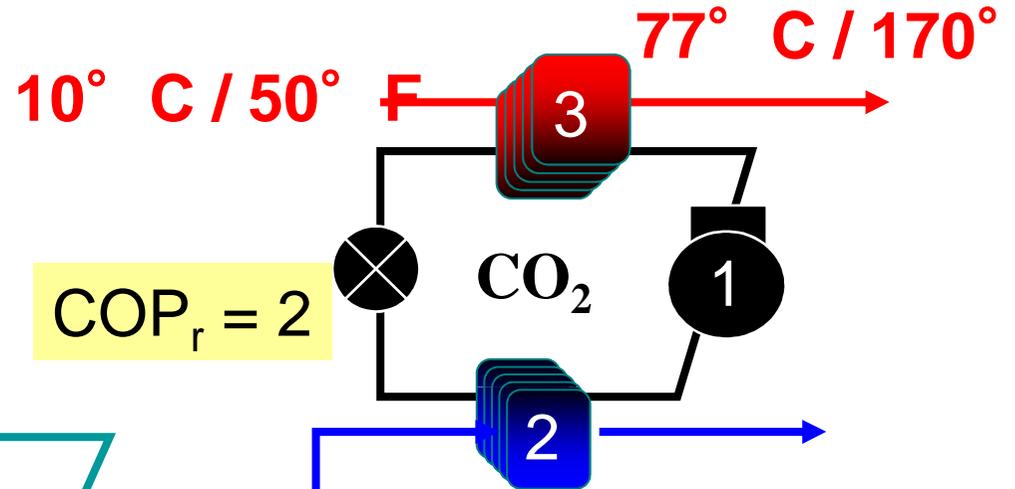
CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

Pompe à chaleur CO₂ haute température et réfrigérateur

$$\text{COP} = (3 + 2 - 2) / (1 - .5)$$

COP = 6 soit 20% de mieux

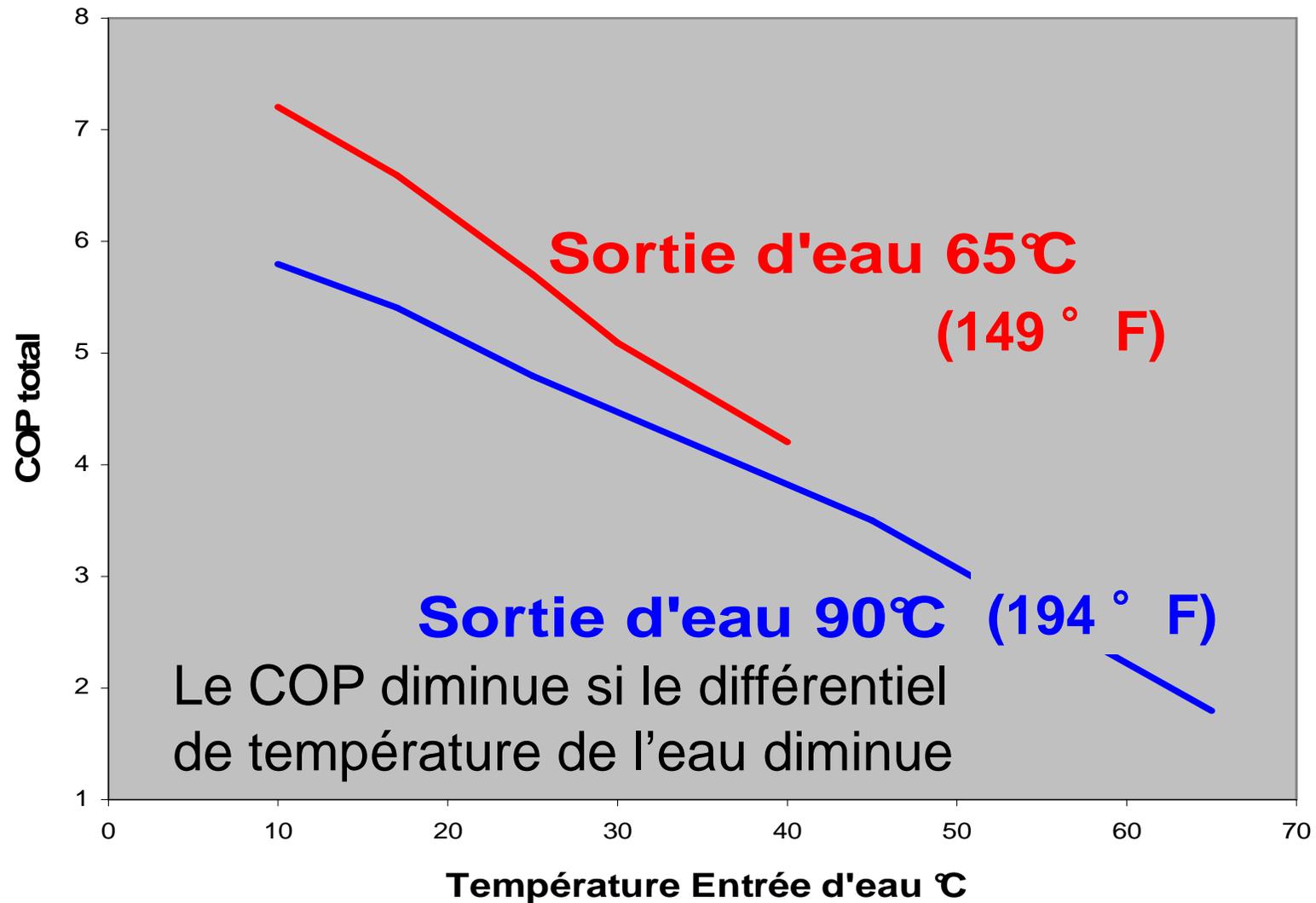


CanmetÉNERGIE

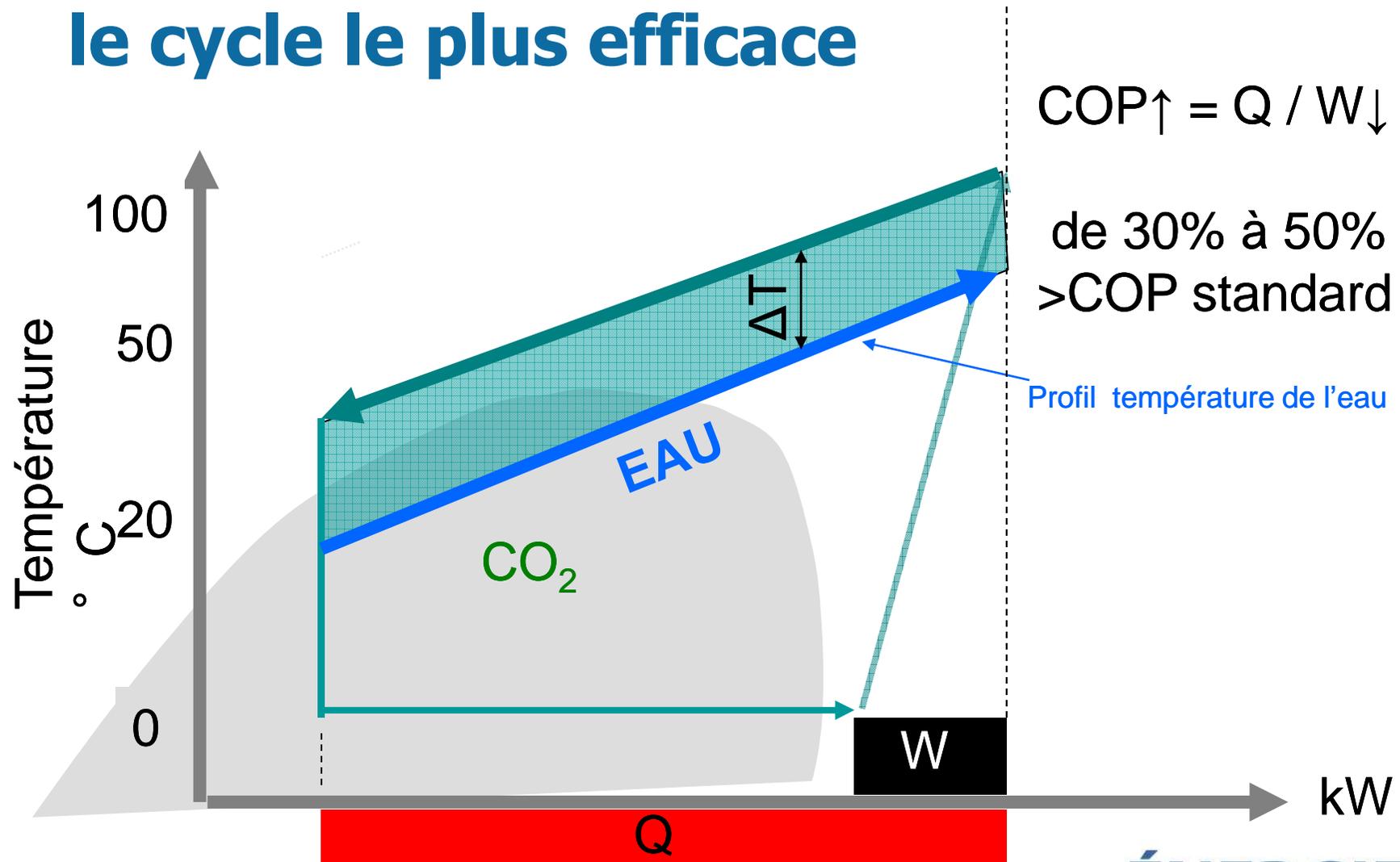
Leadership en écoInnovation

COP Pompe à chaleur au CO₂

source à 12/7 °C



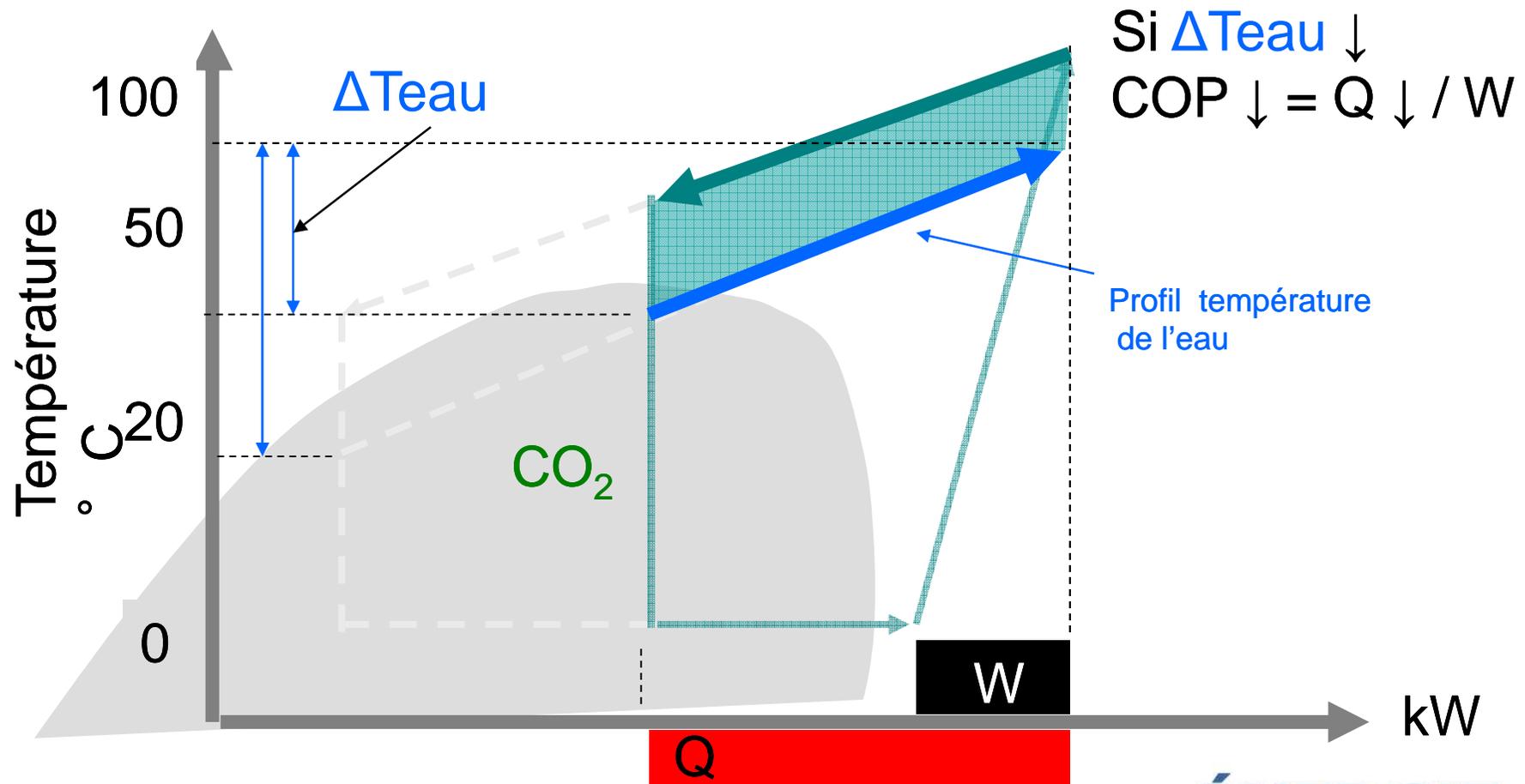
Le cycle de Lorenz ou le cycle le plus efficace



CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

Le COP vs ΔT de l'eau



CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

Les pompes à chaleur haute Température au CO₂

- Chauffe jusqu'à 90° C (194° F)
- Le COP est plus élevé en produisant de la chaleur et du froid utile
- Le COP diminue lorsque le ΔT du liquide augmente
- Le ΔT du liquide minimum 25° C (45° F)
- La source de chaleur -9° C à 37° C
- La gamme de puissance s'étend de 100 kW à 4000 kW et plus
- La meilleure application: chauffage de l'eau froide

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

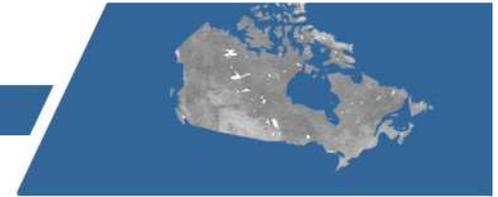
Constats

- Le CO₂ ne remplace pas l'ammoniac
- Le CO₂ est un réfrigérant sécuritaire et performant pour certaines applications
- La disponibilité des équipements pour le CO₂ est bonne.
- Là où l'ammoniac ne peut être utilisé le CO₂ deviendra un candidat très sérieux

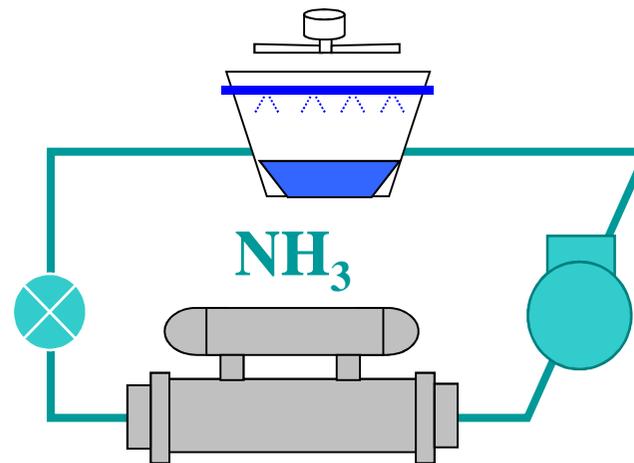
CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation





Questions?



Daniel Giguère

Courriel : daniel.giguere@nrca.gc.ca

Téléphone: (450) 652-5015

Site Internet : <http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca>



Ressources naturelles
Canada
Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada
Natural Resources
Canada

Canada
Canada