

WEBINAIRE : FROID EN ÉTABLISSEMENT DE SANTÉ



Fonctionnement, optimisation, financement et cadre réglementaire



**Bienvenue !
Démarrage à 11h**

Avec :

- Réseau CARTE
- ENOV ACADEMY
- Alliance hospitalière de l'Ouest Parisien

INTERVENANTS



Crécel GBODJINOU



**Coordinateur régional des
Économes de flux en île de
France à Ekopolis**

Dan BUZANGU



**Conseiller en transition
énergétique et
écologique en santé de
l'alliance hospitalière de
l'ouest parisien (HFB-FCJ)**

Enell DELY



**Directeur Académique
de l'École Nouvelle pour
la maîtrise de l'Énergie
(ENOV)**

Objectif du webinaire

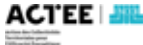


- *Comprendre les systèmes de production de froid hospitaliers*
- *Identifier les dérives et surconsommations*
- *Optimiser sans dégrader les soins*
- *Répondre aux exigences réglementaires*
- *Financement des opérations d'optimisation*

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par 

Co-porté par 

& le programme 

EKOPOLIS, MAILLON FRANCILIEN DU RÉSEAU BÂTIMENT DURABLE



24 centres de ressources régionaux animés par l'ADEME et le Plan Bâtiment Durable





4 MÉTIER

ANIMER

un large réseau de
professionnel·les autour
d'**événements**,
rencontres, **visites**...



INFORMER

avec des ressources
documentaires produites
ou sélectionnées, à
retrouver sur
www.ekopolis.fr



FORMER

au bâtiment et à
l'aménagement
durables, à travers des
parcours thématiques
ou **sur-mesure**



ACCOMPAGNER

des projets de **bâtiments**,
d'**aménagement**, et des
établissements de santé



ÉTABLISSEMENTS DE SANTÉ



Accompagner les établissements de santé dans leur transition énergétique et écologique



ANIMER

Réseau CARTE : réseau des économes de flux dans les établissements de santé

INFORMER

Partage de ressources pour aider les hôpitaux et ETS à faire des **économies d'énergie** et réussir leur **transition écologique** :

- > Guides
- > Outils
- > Appels à projet...

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par 

Co-porté par 

& le programme 

Sommaire



01	Introduction Contexte, objectifs	06	Optimisation des systèmes HP Flottante, Ventilation optimisée, eau glycolée
02	Fonctionnement du système de froid à compression vapeur Types d'équipements, circuits, principes thermodynamiques, Organes auxiliaires	07	Financement et aides disponibles Types d'équipements, circuits, principes thermodynamiques
03	Analyse de cycle et des puissances Types d'équipements, circuits, principes thermodynamiques	08	Questions - réponses Types d'équipements, circuits, principes thermodynamiques
04	Centrale de production à eau glacée Schéma de principe, primaire-secondaire	09	Conclusion Types d'équipements, circuits, principes thermodynamiques
05	Cadre réglementaire Types d'équipements, circuits, principes thermodynamiques		

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par

Co-porté par

& le programme



O1

Introduction

Définition et enjeux

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par 

Co-porté par 

& le programme 

MAIS QU'EST-CE QUE LE FROID ?



Définition dictionnaire:

Qui est moins chaud que celle du corps humain (dans l'échelle : glacial, glacé, froid, frais).

Définition scientifique:

Le froid est l'**absence de chaleur**. Cette définition n'a de sens que si l'on sait **mesurer la chaleur, en ajouter ou en retrancher** à un objet. La thermodynamique statistique, dont les bases ont été posées par Ludwig Boltzmann dans les années 1870, montre que la chaleur contenue dans un objet n'est rien d'autre que l'**énergie d'agitation** désordonnée des molécules de cet objet : plus il est chaud, plus ses molécules s'agitent ; moins elle bougent, plus il est froid. L'**immobilité absolue** correspond alors **au zéro de l'échelle de température**.

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par association nationale de professeurs de physique-chimie

Co-porté par Association des Régions de la Science

& le programme Association pour le Développement de la Culture Technico-Scientifique

LES DIFFERENTS ENJEUX DU FROID



Bien être des personnes



Sanitaire



Alimentaire



Environnemental



SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Dans le monde, sur les 6 milliards de tonnes de denrées alimentaires produites, un tiers d'entre elles nécessite une chaîne du froid.



24

Millions de tonnes de denrées alimentaires sont transformées en utilisant le froid en France



40%

De la ration alimentaire individuelle des français, soit 370 kg par personne par an nécessite l'application du froid



SÉCURITÉ SANITAIRE

Le froid permet de **préserver les produits de santé** et les **médicaments thermosensibles**.

Le froid est indispensable au développement des nouvelles technologies pour la santé : biotechnologies ou thérapies cellulaires ne peuvent exister sans froid.



8

Des 10 médicaments les plus vendus dans le monde sont à conserver sous température dirigée.

LES ENJEUX ÉNERGÉTIQUES

Le froid génère une importante **consommation d'énergie** :

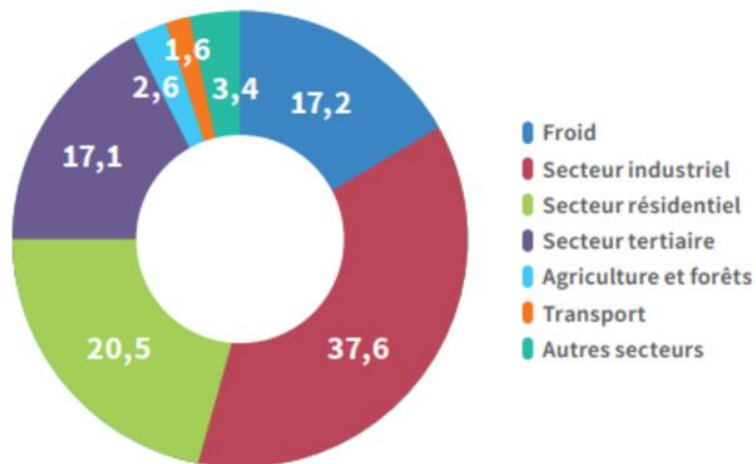


Figure 1 / Comparaison de la consommation mondiale d'électricité du secteur du froid avec celle des autres secteurs hors froid (%) ⁽³⁾

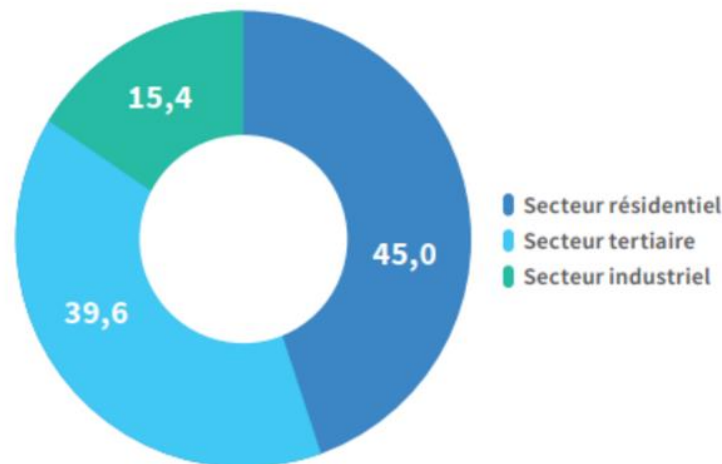


Figure 2 / Répartition mondiale de la consommation d'électricité du secteur du froid ⁽³⁾

Source : La maîtrise de l'énergie dans le froid industriel

LES DIFFERENTS ENJEUX DU FROID



Bien être des personnes



Sanitaire



Alimentaire



Environnemental



02

Fonctionnement du système de froid à compression de vapeur

Types d'équipements, circuits, principes thermodynamiques, Organes auxiliaires

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par  **anap** agence nationale de l'apprentissage et de l'enseignement professionnel

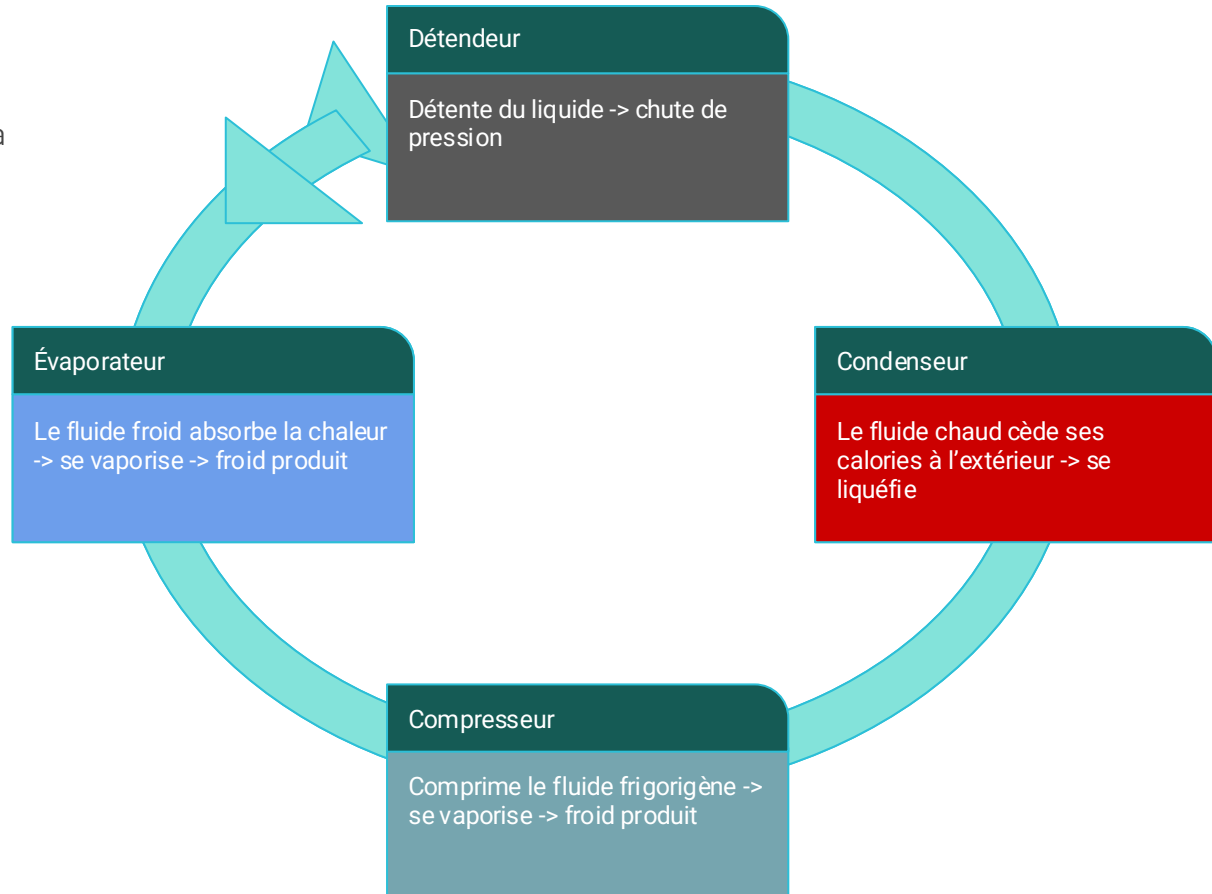
Co-porté par  **ars** Association pour le Recyclage des Solides

& le programme  **ACTEE** Association des Centres de Traitement des Eaux Effluents

Schéma frigorifique : les éléments principaux



Fonctionnement d'un système
basique de production de froid à
compression de vapeur

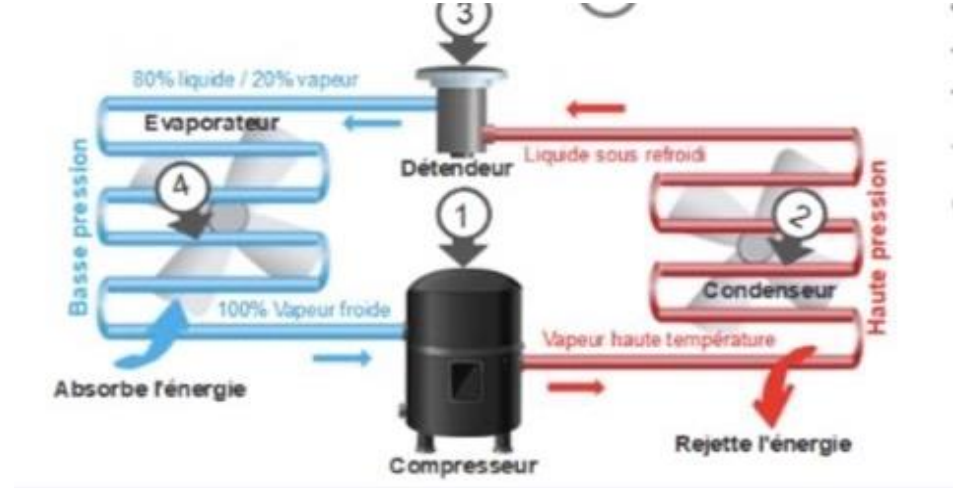
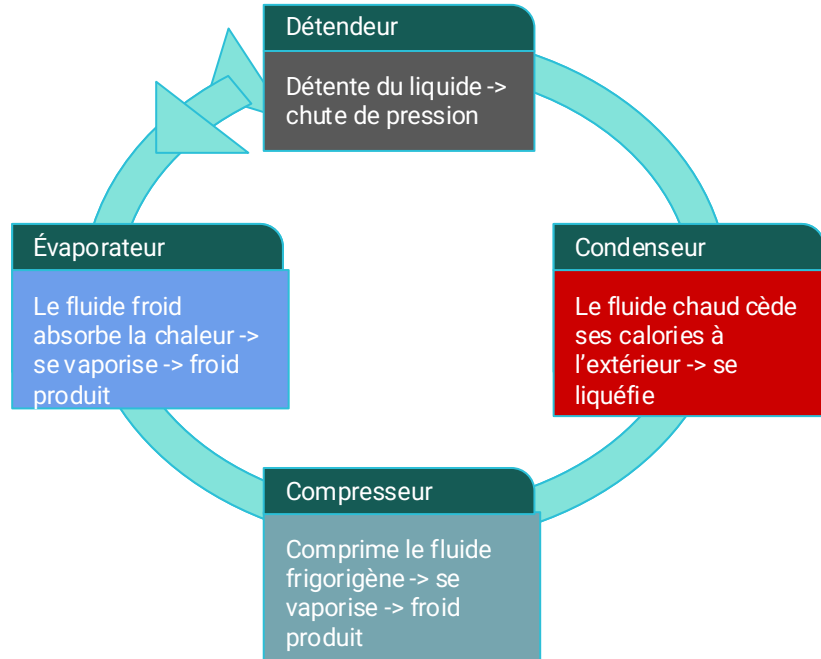


PROGRAMME PENSEE+

Piloté par **l'anap** Agence nationale de l'adaptation professionnelle

Co-porté par **ars** Agence Régionale de Santé
ACTEE Association pour le Développement de la Formation Technico-Économique
& le programme

Schéma frigorifique : les éléments principaux



PROGRAMME PENSEE+

Piloté par **l'anap** Agence nationale de l'adaptation au handicap

Co-porté par **ars** Agence régionale de santé
ACTEE Association pour le développement de la formation et de la recherche

Analyse de cycle : Diagramme de Mollier



Objectifs : Diagnostiquer les performances réelles et détecter les surconsommations

- Mon groupe froid fonctionnent-t-il correctement ?
- Pourquoi consomme-t-il autant ?
- Où est-ce que je perds de l'énergie ?
- Comment améliorer son rendement ?

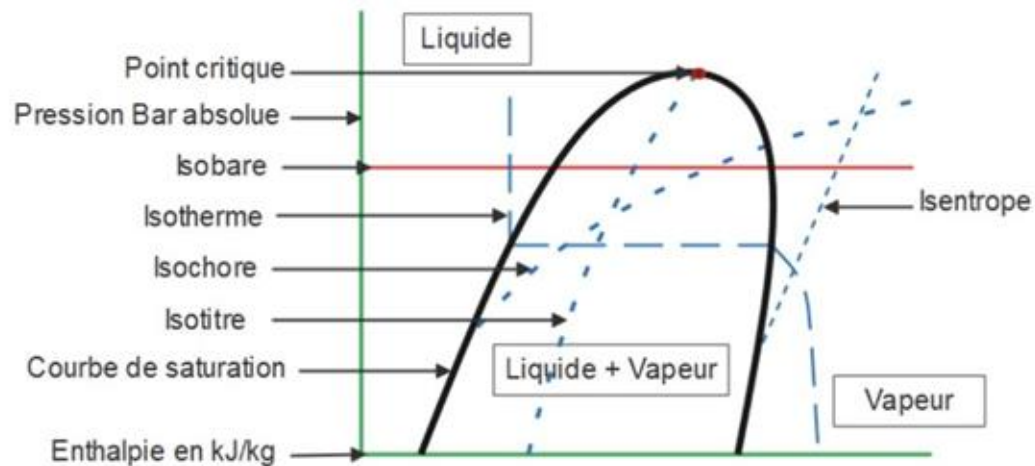
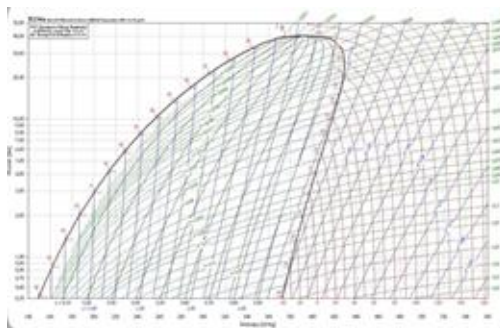


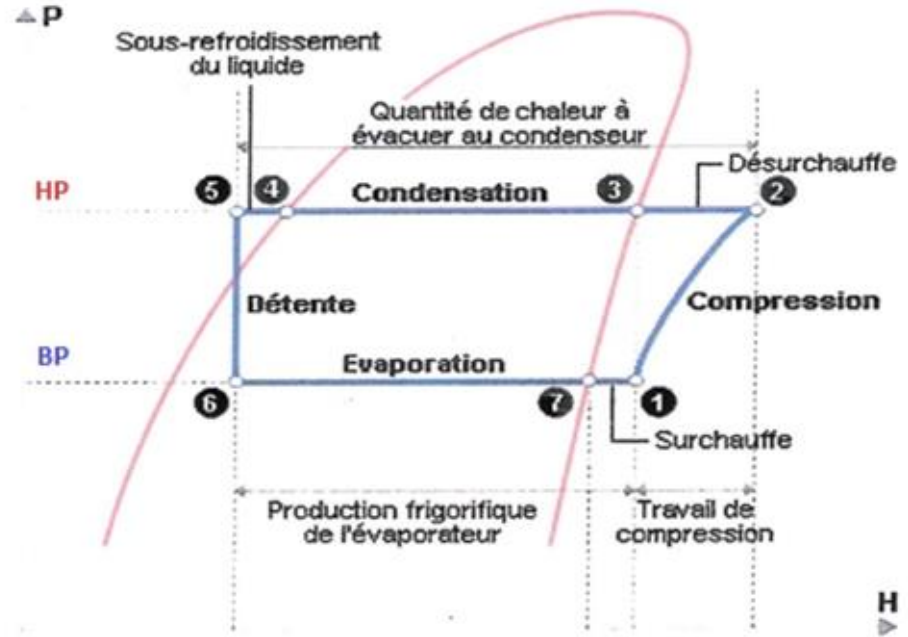
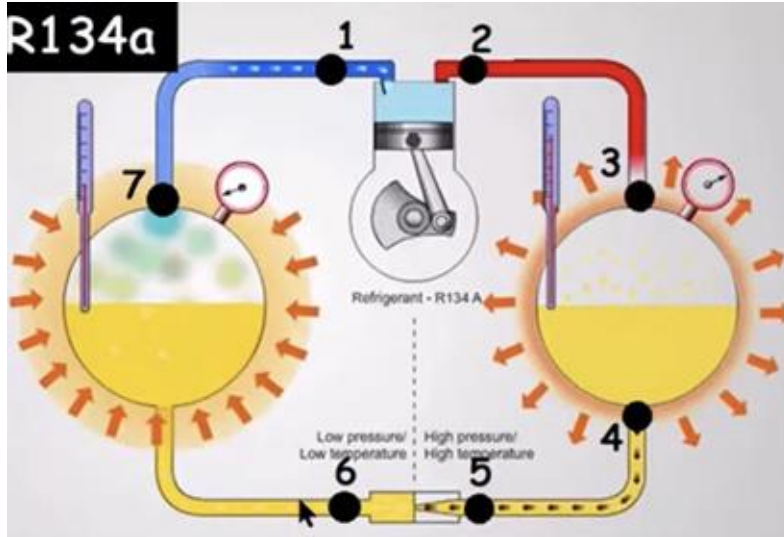
Diagramme de Mollier



PROGRAMME PENSEE+

Piloté par **anap** agence nationale de
l'analyse de performance
Co-porté par **ars**
ACTEE
& le programme

Analyse de cycle : Diagramme de Mollier



NB : Il existe un diagramme psychrométrique par réfrigérant

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par **anap** Agence nationale de l'audiovisuel public

Co-porté par **ars** Agence Régionale de Santé

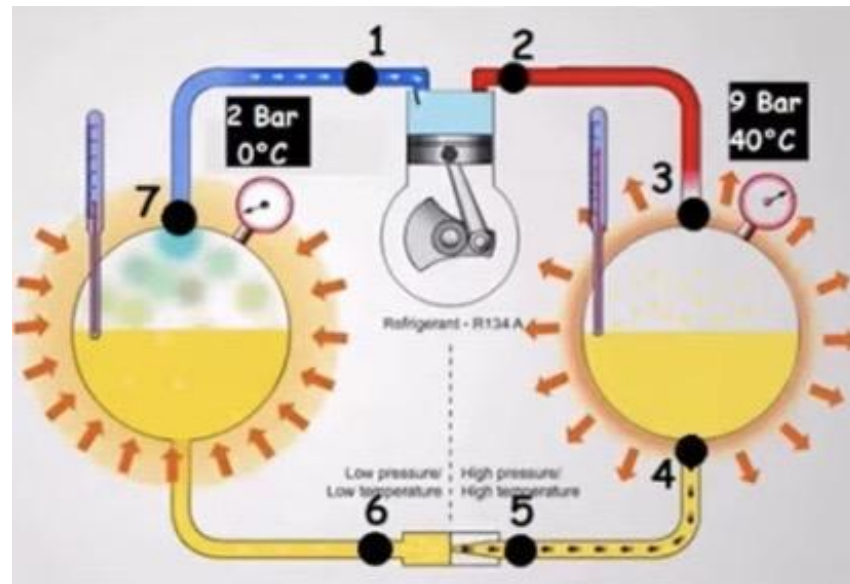
& le programme **ACTEE** Agence Régionale de Santé

Analyse du cycle : Diagramme de Mollier



Cas Pratique : Tracé du cycle

Point	État	Température
1	Vapeur BP	10
2	Vapeur HP	55
3	Vapeur HP	45
4	Liquide HP	35
5	Liquide HP	30
6	L+V BP	0
7	Vapeur BP	5



PROGRAMME PENSEE+

Piloté par **l'anap**
Agence nationale de
l'adaptation au handicap

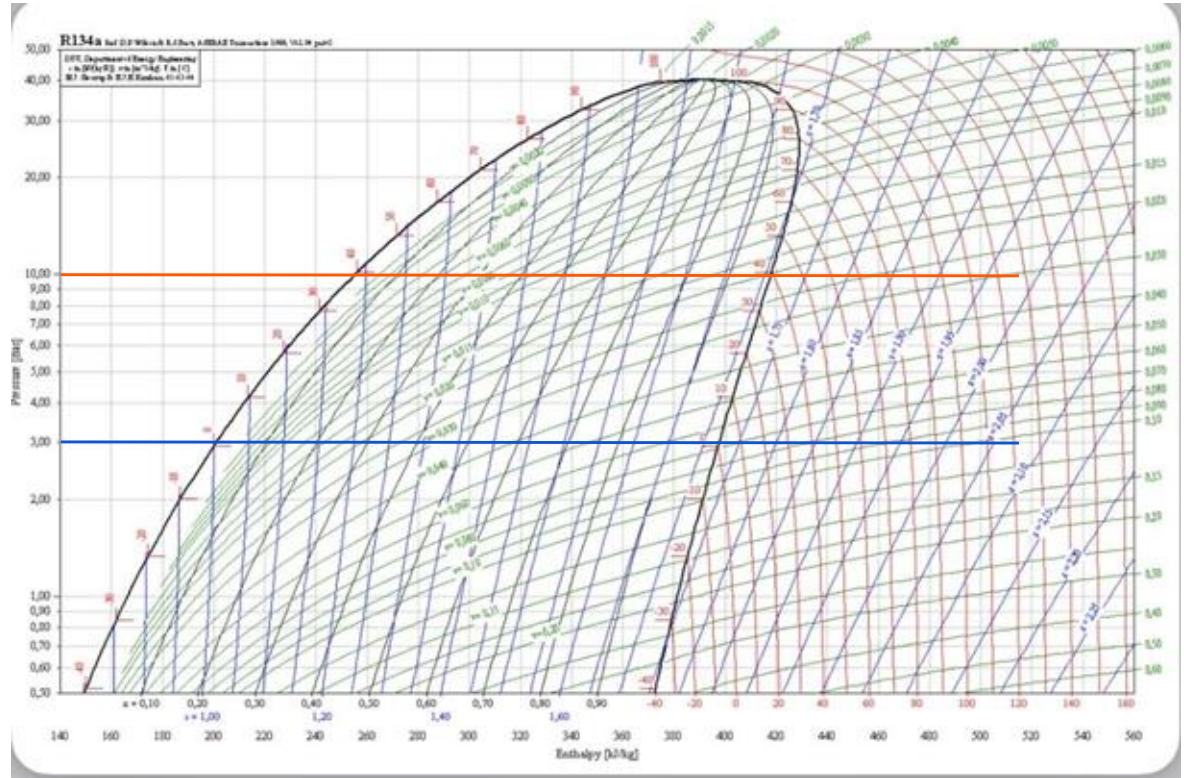
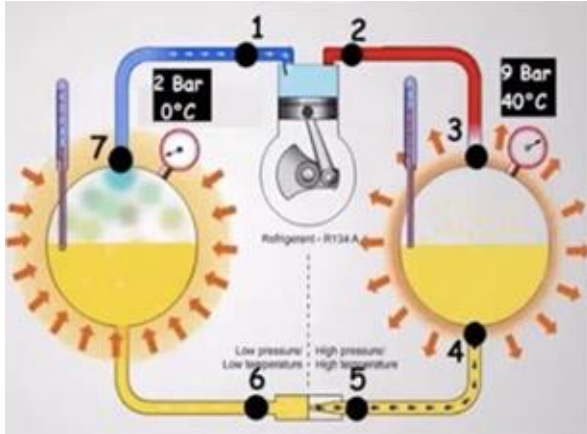
Co-porté par **ars**
Agence Régionale de Santé
Normandie

& le programme **ACTEE**
Agence Régionale de Santé
Normandie

Analyse du cycle : Diagramme de Mollier



Tracé du cycle : Étape 1



PROGRAMME PENSEE+

Piloté par **anap** agence nationale de l'air et du climat

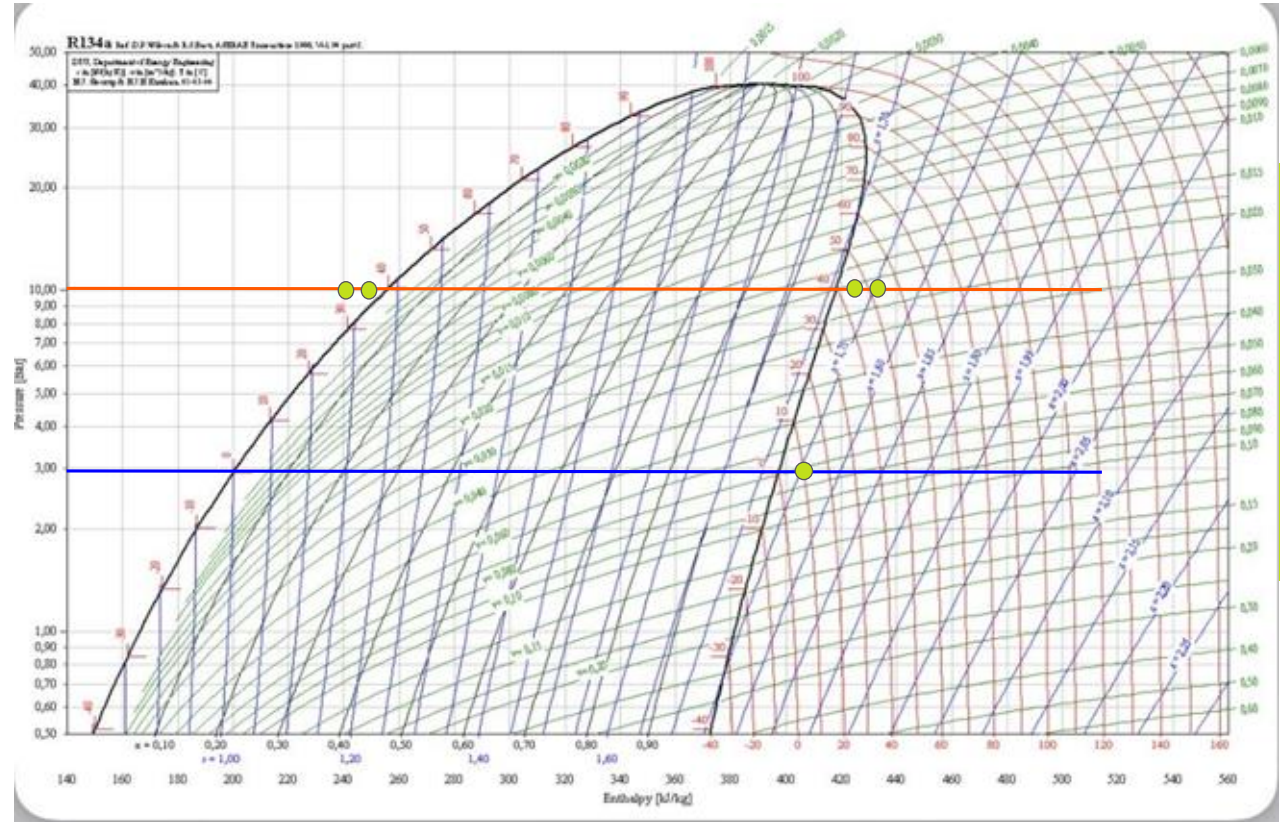
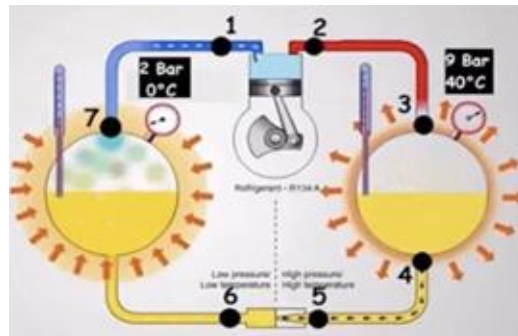
Co-porté par **ars** Agence Régionale de l'Environnement de la Région de Bruxelles-Capitale
 & le programme **ACTEE** Agence Communautaire de l'Environnement de la Région de Bruxelles-Capitale

Analyse du cycle : Diagramme de Mollier



Cas Pratique : Étape 2

Point	État	Température
1	Vapeur BP	10
2	Vapeur HP	55
3	Vapeur HP	45
4	Liquide HP	35
5	Liquide HP	30
6	L+VBP	0
7	Vapeur BP	5

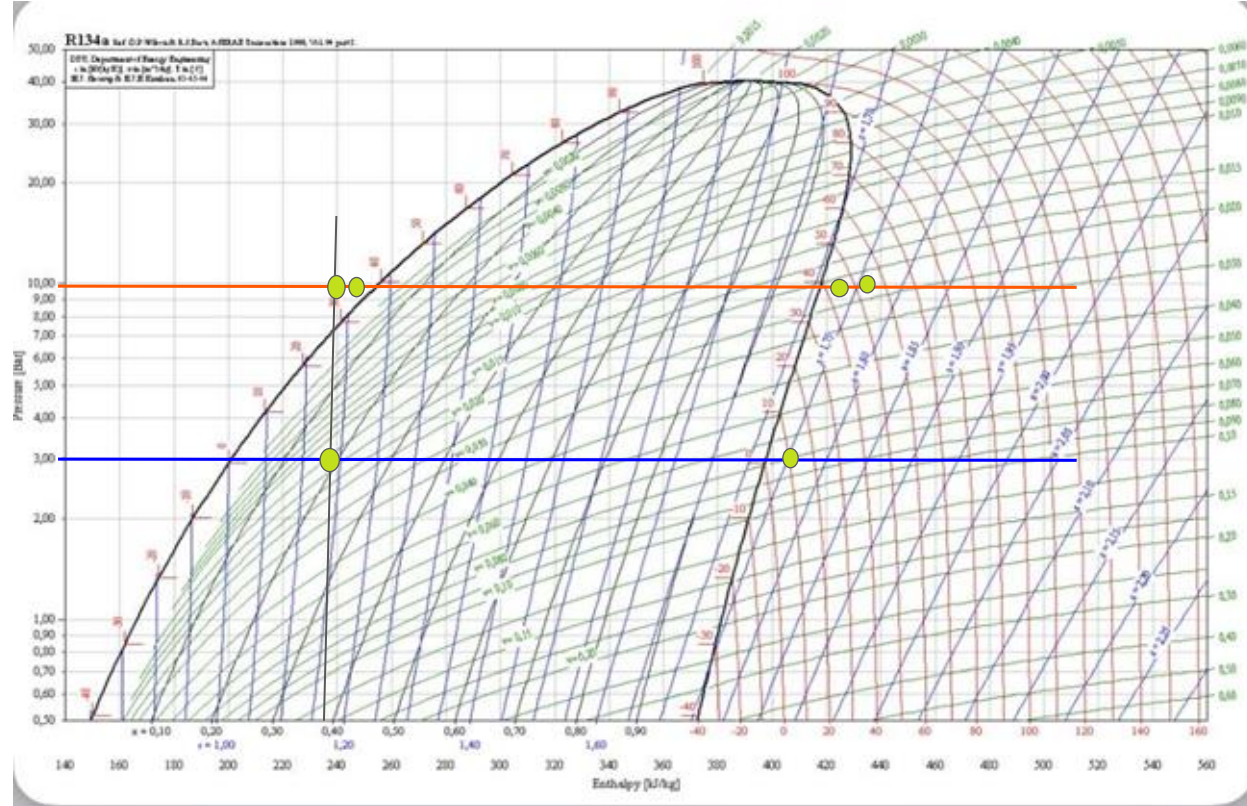
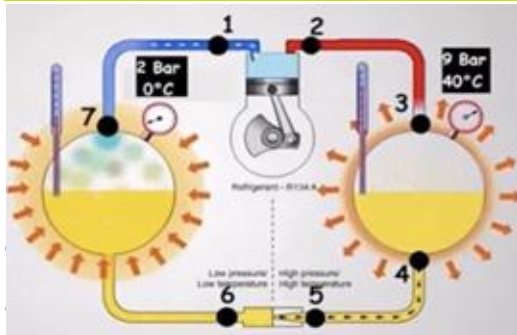


Analyse du cycle : Diagramme de Mollier



Cas Pratique : Étape 4

Point	État	Température
1	Vapeur BP	10
2	Vapeur HP	55
3	Vapeur HP	45
4	Liquide HP	35
5	Liquide HP	30
6	L+VBP	0
7	Vapeur BP	5



Analyse du cycle : Diagramme de Mollier



Cas Pratique : Étape 5

Point	État	Température
1	Vapeur BP	10
2	Vapeur HP	55
3	Vapeur HP	45
4	Liquide HP	35
5	Liquide HP	30
6	L+VBP	0
7	Vapeur BP	5

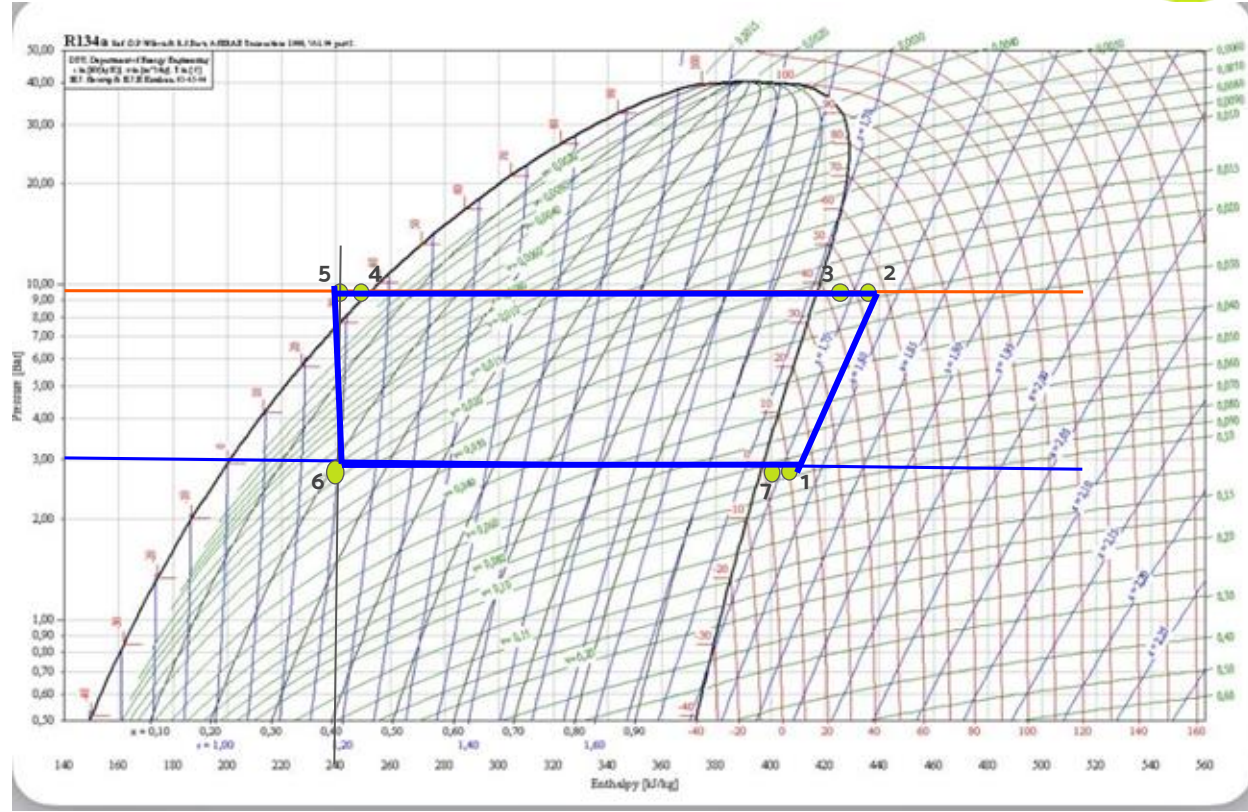
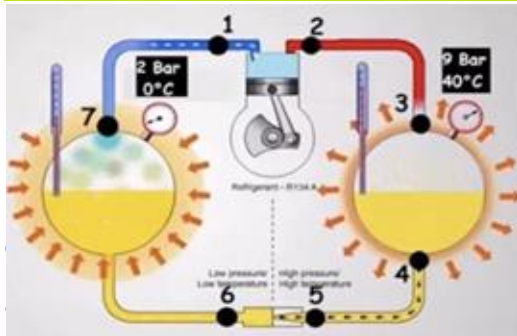
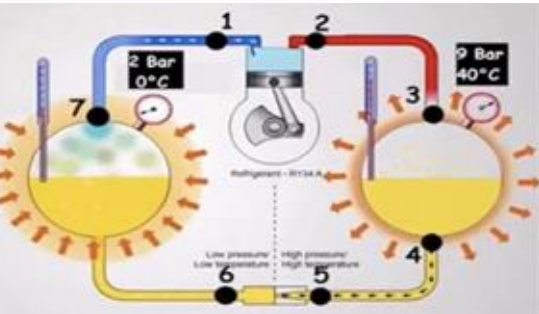
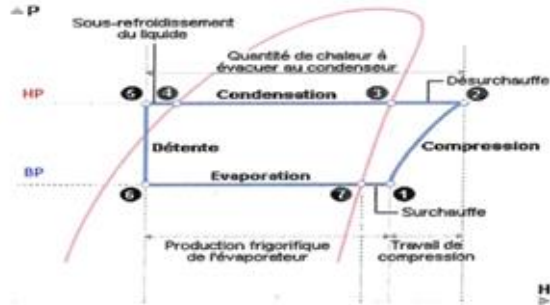


Diagramme de Mollier : Puissance des batteries



PROGRAMME PENSEE+

Piloté par

anap

Co-porté par

ars

& le programme

ACTEE

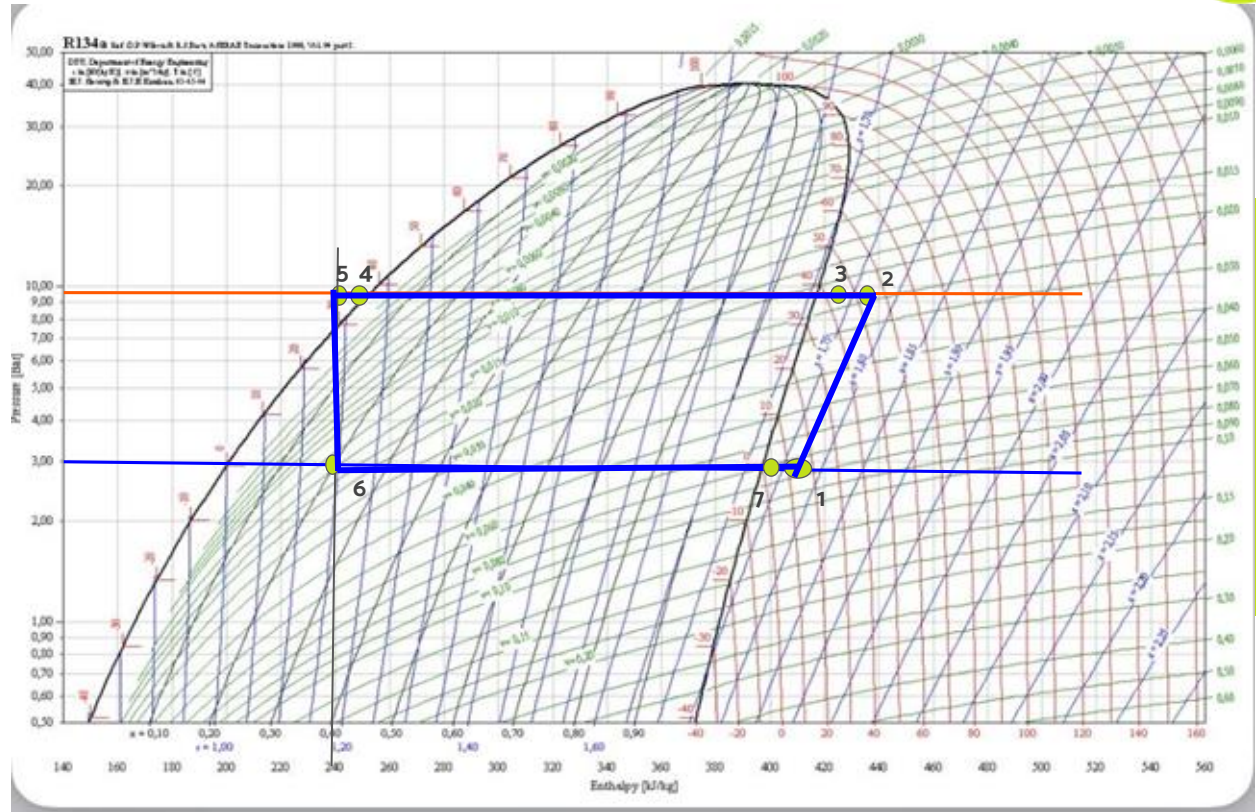


Diagramme de Mollier : Puissance des batteries



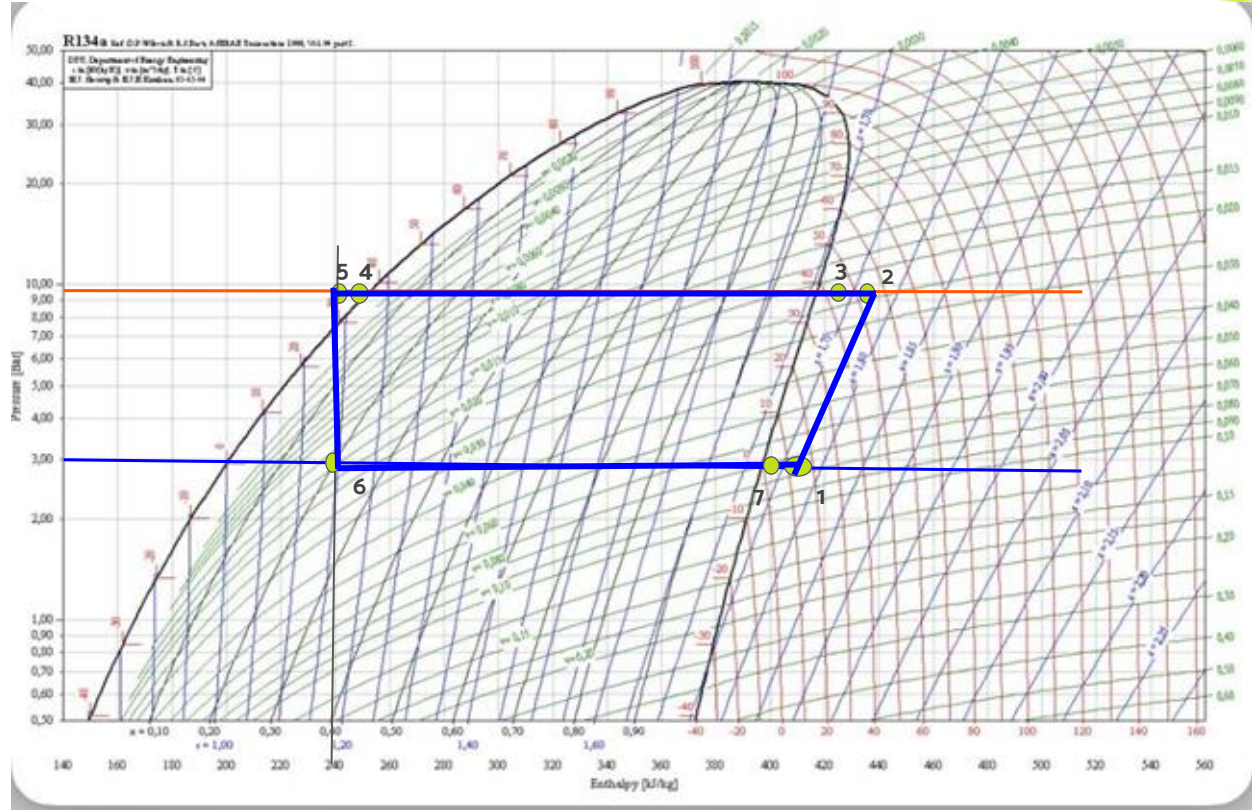
Cas Pratique : Étape 6

Puissance frigorifique (P_f) = $m(H_7 - H_6)$

Puissance condensation (P_c) = $m_c (H_3 - H_4)$

Rendement réel (COP) = P_f / P_{elec}

Le COP réel est inférieur au COP nominal et compris entre 3,5 et 5



PROGRAMME PENSEE+

Piloté par

anap agence nationale de l'air pur

Co-porté par

ars Association pour le Renouveau de la Santé

& le programme

ACTEE Association pour le Développement de la Technologie de l'Environnement

Diagramme de Mollier : Les surconsommations



On compare le cycle théorique au cycle réel pour retrouver les surconsommations

Symptôme	Diagnostic	Surconsommation
HP Elevé	Condenseur encrassée	+10 à 20%
BP Faible	Évaporateur encrassé	+5 à 10%
Eau glacée trop froide	Consigne trop basse	+5 à 15 %
Surchauffe excessive	Mauvais réglage	+5 à 10%
Compresseur permanent	Surdimensionnement ou mauvais	+10 à 30%
Pas de HP/BP flottante	Régulation fixe	+10 à 25 %

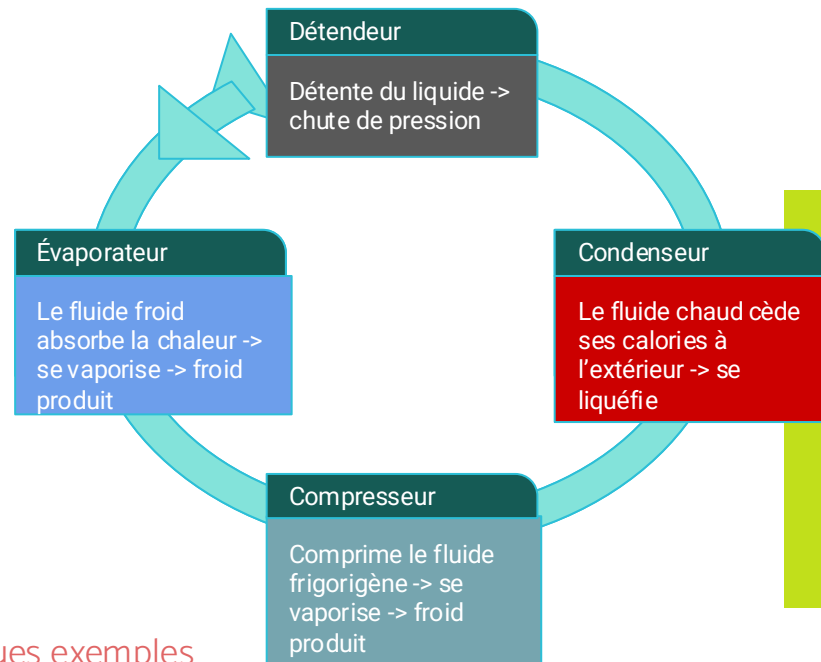
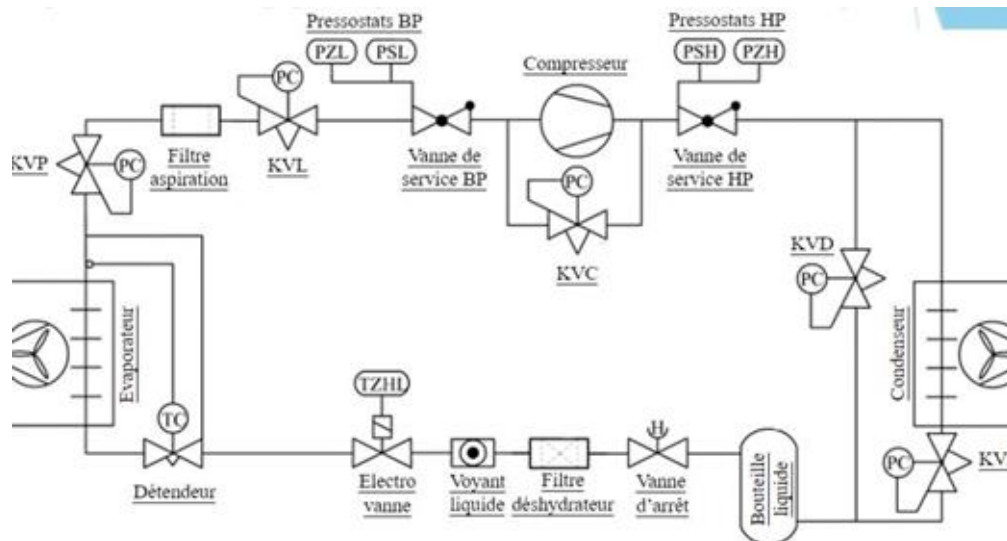
PROGRAMME PENSEE+

Piloté par 

Co-porté par 

& le programme 

Schéma frigorifique : les éléments auxiliaires



Quelques exemples

- ❖ **Sécurité** : pressostat, soupape de sécurité, etc...
- ❖ **Régulation** : sonde de température, thermostat, vanne ELM, automate, variateur etc..
- ❖ **Contrôle et mesure** : voyant liquide, manomètre, sonde etc..

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par **anap**
Co-porté par **ars**
& le programme **ACTEE**



04

Centrale de production à eau glacée

Schéma de principe, primaire-secondaire

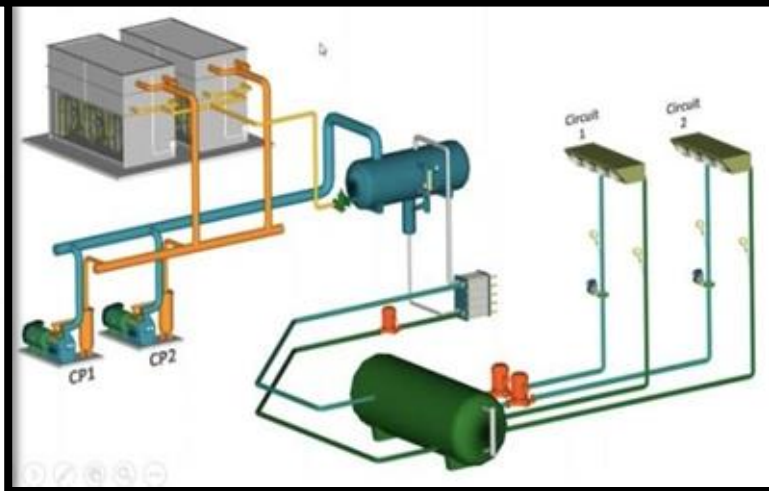
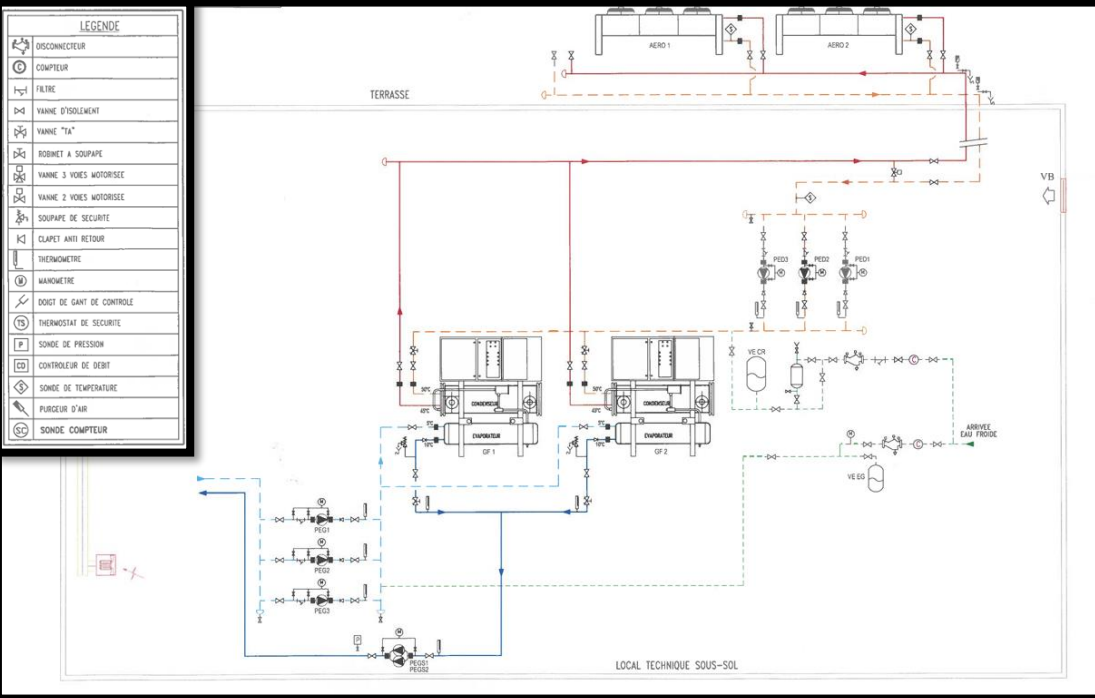
PROGRAMME PENSEE+

Piloté par  **anap** Agence Nationale de l'Apprentissage et de la Formation Professionnelle

Co-porté par  **ars** Agence Régionale de Santé

& le programme  **ACTEE** Association pour le Développement des Centres de Traitement de l'Eau

Schéma de principe Groupe Froid : Cycle primaire - Cycle secondaire





05

Cadre réglementaire

FGAZ

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par  **l'anap**
Agence nationale de
l'audiovisuel et du numérique

Co-porté par  **ars**
Agence régionale de
santé

& le programme  **ACTEE**
Association pour le développement
des compétences techniques et
professionnelles

CADRE RÉGLÉMENTAIRE



UE 2024/573



R.511-9 Rubrique 1185

CADRE RÉGLÉMENTAIRE



UE 2024/573



R.511-9 Rubrique 1185



CADRE RÉGLÉMENTAIRE

RUBRIQUE **ICPE** 1185 GAZ A EFFET DE SERRE FLUORÉS



EQUIPEMENTS FRIGORIFIQUES OU CLIMATIQUES



CADRE RÉGLÉMENTAIRE

RUBRIQUE **ICPE** 1185 GAZ A EFFET DE SERRE FLUORÉS



EQUIPEMENTS FRIGORIFIQUES OU CLIMATIQUES



Cas

Équipements frigorifiques ou climatiques, y compris PAC, de capacité unitaire **> 2 kg**

CADRE RÉGLÉMENTAIRE

RUBRIQUE **ICPE** 1185 GAZ A EFFET DE SERRE FLUORÉS

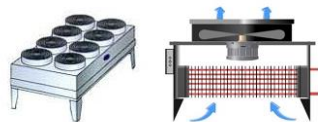


EQUIPEMENTS FRIGORIFIQUES OU CLIMATIQUES



Cas

Équipements frigorifiques ou climatiques, y compris PAC, de capacité unitaire **> 2 kg**



Seuil

Quantité cumulée de fluide sur site **≥ 300 kg**

CADRE RÉGLÉMENTAIRE

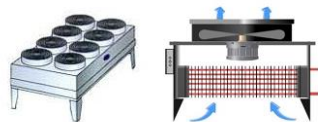
RUBRIQUE **ICPE** 1185

(R.511-9)

GAZ A EFFET DE SERRE FLUORÉS



EQUIPEMENTS FRIGORIFIQUES OU CLIMATIQUES



Cas

Équipements frigorifiques ou climatiques, y compris PAC, de capacité unitaire **> 2 kg**

Seuil

Quantité cumulée de fluide sur site **≥ 300 kg**



Régime ICPE

Déclaration avec contrôle périodique (DC)

CADRE RÉGLÉMENTAIRE

F-GAZ

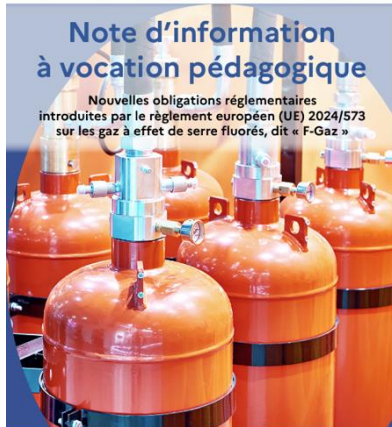
UE 2024/573 – R.543-75 à 123



Les 8 Obligations:

- Réduction des quantités mises sur le marché des fluides frigorigènes HFC
- Prévention des émissions (confinement et contrôle d'étanchéité)
- Formation et certification des opérateurs et techniciens
- Interdiction de mise sur le marché d'équipements
- Usage de certains fluides frigorigènes fluorés
- Récupération et de retraitement des fluides frigorigènes
- Lutte contre le trafic de fluides illégaux
- Contrôles des imports et exports des fluides et produits et équipements en contenant.

FLUIDES FRIGORIGENES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS THERMODYNAMIQUES



CADRE RÉGLÉMENTAIRE

F-GAZ

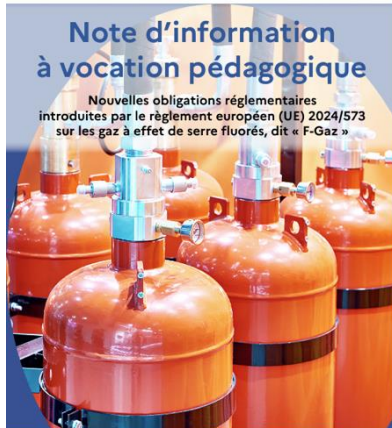
UE 2024/573 – R.543-75 à 123



Les 8 Obligations:

- Réduction des quantités mises sur le marché des fluides frigorigènes HFC
- Prévention des émissions (confinement et contrôle d'étanchéité)
- Formation et certification des opérateurs et techniciens
- Interdiction de mise sur le marché d'équipements
- Usage de certains fluides frigorigènes fluorés
- Récupération et de retraitement des fluides frigorigènes
- Lutte contre le trafic de fluides illégaux
- Contrôles des imports et exports des fluides et produits et équipements en contenant.

FLUIDES FRIGORIGENES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS THERMODYNAMIQUES



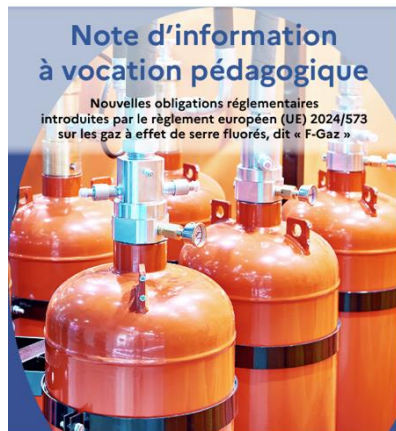
CADRE RÉGLÉMENTAIRE

F-GAZ

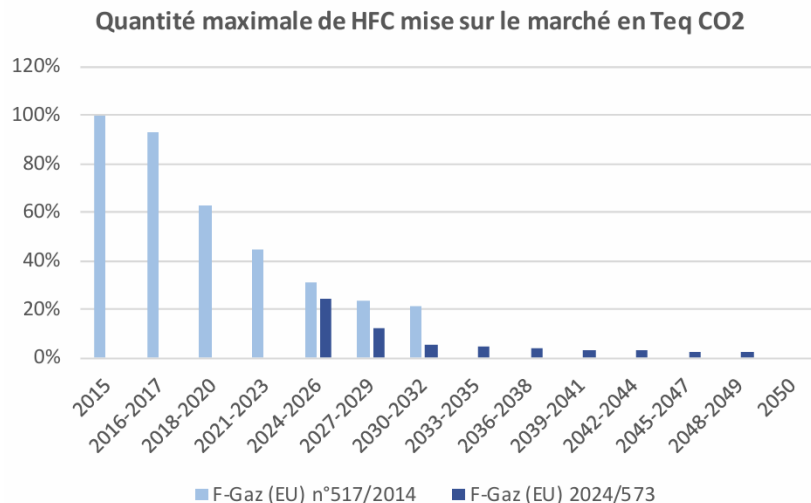
UE 2024/573 – R.543-75 à 123



FLUIDES FRIGORIGÈNES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS THERMODYNAMIQUES



Réduction des quantités des fluides frigorigènes HFC mises sur le marché



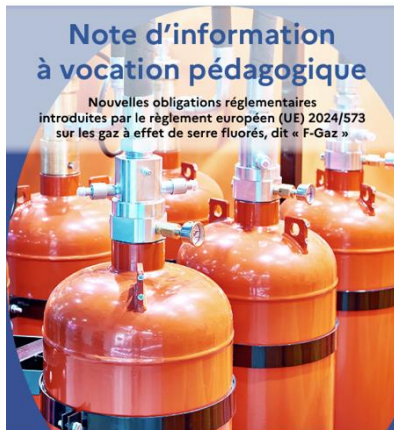
CADRE RÉGLÉMENTAIRE

F-GAZ

UE 2024/573 – R.543-75 à 123



FLUIDES FRIGORIGÈNES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS THERMODYNAMIQUES



Confinement et Contrôles d'étanchéité



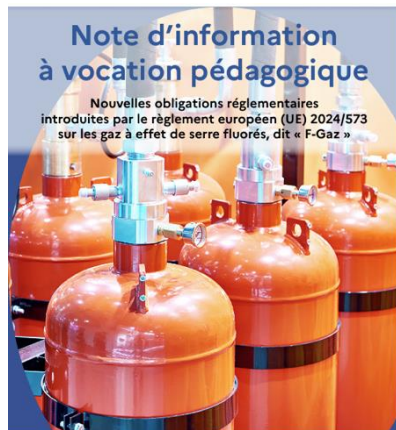
CADRE RÉGLÉMENTAIRE

F-GAZ

UE 2024/573 – R.543-75 à 123



FLUIDES FRIGORIGÈNES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS THERMODYNAMIQUES



Confinement et Contrôles d'étanchéité



1



2



3

Catégorie de fluide	Charge de l'équipement en gaz à effet de serre fluorés	Périodicité des contrôles	
		sans système de détection	avec système de détection
HFC, PFC - Annexe I du règlement (UE) 2024/573 (ex : R-32, R-134a, R-410a, etc.)	5 t. éq. CO ₂ ≤ Charge < 50 t. éq. CO ₂	12 mois	24 mois
	50 t. éq. CO ₂ ≤ Charge < 500 t. éq. CO ₂	6 mois	12 mois
	Charge ≥ 500 t. éq. CO ₂	Équipements mobiles	3 mois
		Équipements fixes*	6 mois
Gaz fluorés – Annexe II section 1 du règlement (UE) 2024/573 (ex : HFO R-1234ze, R-1234yf, etc.)	1 kg ≤ Charge < 10 kg	12 mois	24 mois
	10 kg ≤ Charge < 100 kg	6 mois	12 mois
	Charge ≥ 100 kg	Équipements mobiles	3 mois
		Équipements fixes*	6 mois

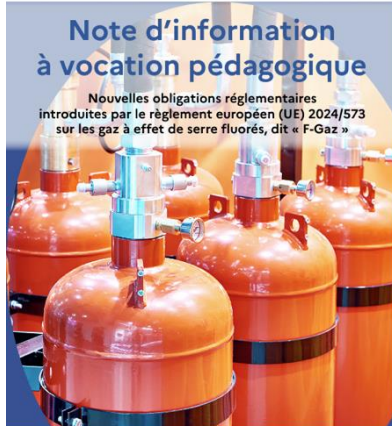
CADRE RÉGLÉMENTAIRE

F-GAZ

UE 2024/573 – R.543-75 à 123



FLUIDES FRIGORIGÈNES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS THERMODYNAMIQUES



Formation et certification des opérateurs et techniciens

Le règlement (UE) 2024/573 a étendu le **contenu des formations de certification** aux solutions de substitution aux HFC, parmi lesquelles les fluides dits « naturels » (ammoniac (NH₃), dioxyde de carbone (CO₂) et hydrocarbures dont le propane) ainsi qu'aux mesures d'amélioration ou de maintien de l'efficacité énergétique des équipements.

Les nouvelles attestations d'aptitude auront une validité de 7 ans. Une remise à niveau périodique sera nécessaire pour obtenir son renouvellement.

Les attestations d'aptitudes des techniciens délivrées antérieurement au règlement (UE) 2024/573 restent valables mais une remise à niveau des compétences devra être réalisée au plus tard le 12 mars 2029, puis tous les 7 ans.

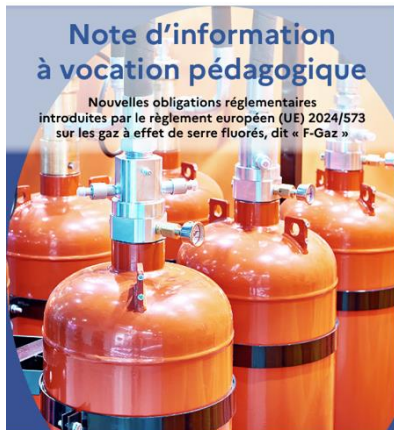
CADRE RÉGLÉMENTAIRE

F-GAZ

UE 2024/573 – R.543-75 à 123



FLUIDES FRIGORIGÈNES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS THERMODYNAMIQUES



Interdiction de mise sur le marché

RÈGLEMENT (UE) 2024/573 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL

Calendrier de l'interdiction d'utilisation des fluides à fort PRG :

- Fluides avec un PRG $\geq 2\,500$ interdit à partir de 2020
- Fluides avec un PRG $\geq 1\,500$ interdit à partir de 2022 à 2025
- Fluide avec un PRG ≥ 150 interdit à partir de 2030



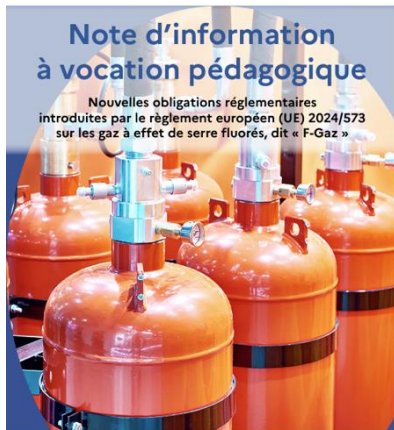
CADRE RÉGLÉMENTAIRE

F-GAZ

UE 2024/573 – R.543-75 à 123



FLUIDES FRIGORIGÈNES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS THERMODYNAMIQUES



Restrictions d'utilisation de certains gaz à effet de serre fluorés pour la maintenance et l'entretien

	Interdiction d'utilisation pour la maintenance et l'entretien	Date d'interdiction	Conditions particulières
Équipements de réfrigération existants	Gaz à effet de serre fluorés dont le PRP ≥ 2500 pour les équipements ayant une charge ≥ 40 tCO ₂ eq à l'exception des gaz à effet de serre fluorés inscrits à l'annexe I régénérés ou recyclés	1/1/2020	Ne s'applique pas aux équipements militaires ou aux équipements destinés à des applications conçues pour refroidir des produits à une température $< -50^{\circ}\text{C}$
	Gaz à effet de serre fluorés dont le PRP ≥ 2500 à l'exception des gaz à effet de serre fluorés inscrits à l'annexe I régénérés ou recyclés	1/1/2025	
	Gaz à effet de serre fluorés inscrits à l'annexe I régénérés ou recyclés dont le PRP ≥ 2500	1/1/2030	
Équipements de climatisation et pompes à chaleurs existants	Gaz à effet de serre fluorés inscrits à l'annexe I dont le PRP ≥ 2500	1/1/2026	-
	Gaz à effet de serre fluorés inscrits à l'annexe I régénérés ou recyclés dont le PRP ≥ 2500	1/1/2032	-
Équipements de réfrigération fixes (sauf refroidisseurs)	Gaz à effet de serre fluorés inscrits à l'annexe I dont le PRP ≥ 750 (à l'exception des gaz à effet de serre fluorés inscrits à l'annexe I régénérés ou recyclés)	1/1/2032	Ne s'applique pas aux équipements militaires ou aux équipements destinés à des applications conçues pour refroidir des produits à une température $< -50^{\circ}\text{C}$ ou aux équipements destinés à des applications conçues pour refroidir des centrales nucléaires

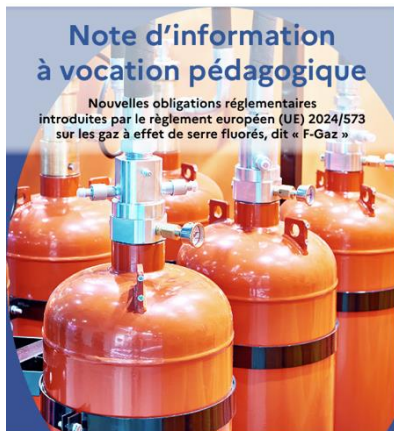
CADRE RÉGLÉMENTAIRE

F-GAZ

UE 2024/573 – R.543-75 à 123



FLUIDES FRIGORIGÈNES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS THERMODYNAMIQUES



Récupération et retraitement

Le règlement (UE) 2024/573 a renforcé les dispositions relatives à la récupération des gaz à effet de serre fluorés inscrits à l'annexe I et à la section 1 de l'annexe II du règlement : **ces gaz, ne peuvent pas être utilisés pour charger ou recharger les équipements sauf si le gaz a été recyclé ou régénéré.**

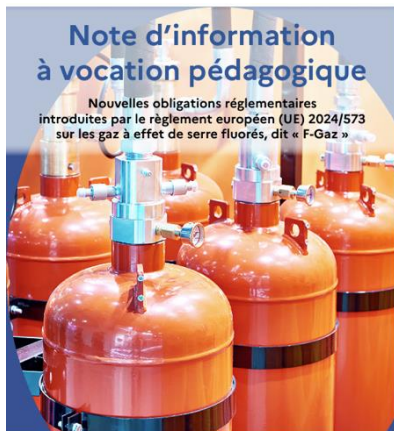
CADRE RÉGLÉMENTAIRE

F-GAZ

UE 2024/573 – R.543-75 à 123



FLUIDES FRIGORIGÈNES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS THERMODYNAMIQUES



Synthèse des obligations

Génération	Classe	Exemple (PRG)	Statut
1 ^e	Naturel	CO ₂ (1) R717 NH ₃ (0)	Retour en force
2 ^e	CFC HCFC	R12 (10680) R22 (1810)	Interdits
3 ^e	HFC	R410a (2088) R134a (1490) R32 (675)	En cours d'interdiction
4 ^e	HFO	R1234yf (4) R1234ze (7)	En déploiement



05

Optimisation des systèmes frigorifiques

HP flottante, ventilation optimisée, pilotage, eau glycolée

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par  **anap** agence nationale de l'apprentissage et de la formation professionnelle

Co-porté par  **ars** Agence Régionale de Santé

& le programme  **ACTEE** Association pour le Développement des Technologies de l'Énergie

Pilotage

- ❖ Réduction nocturne
- ❖ Gestion des périodes d'inoccupation
- ❖ Zonage des usages
- ❖ Redémarrage intelligent

Plan de maintenance préventive

- ❖ Équilibrage
- ❖ Désembouage
- ❖ Nettoyage des échangeurs thermiques

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par 

Co-porté par 

& le programme 

Optimisation des CTA

- ❖ Débits
- ❖ Batteries
- ❖ Filtres
- ❖ Registres et sondes

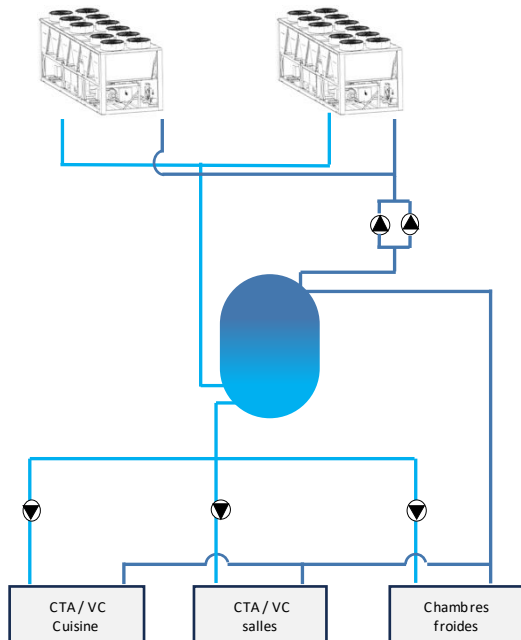
Suivi des consommations

- ❖ Mesurer les consommations
- ❖ Analyser les données (kWh/m², kWh/lit, m³/lit, DJU).
- ❖ Détecter les dérives (surconsommations, fuites, dysfonctionnements, consommations de nuit) afin d'agir rapidement.
- ❖ Évaluer l'efficacité des actions (réglages, travaux, sensibilisation)
- ❖ Piloter la stratégie énergétique (Décret Tertiaire, OPERAT, BACS) et en réduisant l'empreinte carbone.

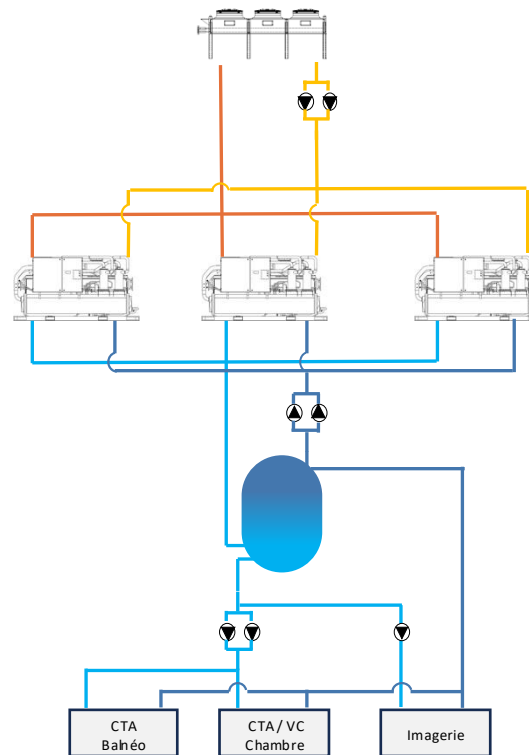
Optimisation des systèmes de climatisation



Condensation par air



Condensation par eau



Haute Pression Flottante Optimisée

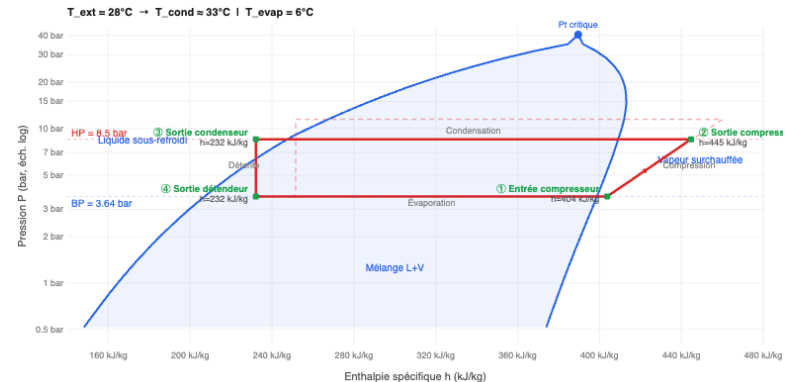
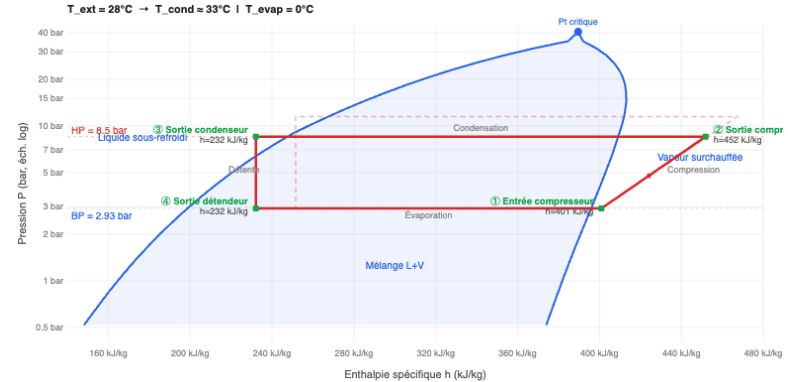
- ❖ Variateur sur ventilateurs condenseur (ou débit eau/drycooler en condensation par eau)
- ❖ Réduction de la T° de condensation quand les conditions extérieures le permettent (T° air ou eau plus basse)
- ❖ Compatible avec compresseur à vitesse fixe ou variable
- ❖ **Gain** : réduction du taux de compression donc moins de travail du compresseur 30 à 40% en mi-saison/hiver et plutôt **10 à 25%** sur la consommation annuelle





Basse Pression Flottante Optimisée

- ❖ Nécessite un compresseur à vitesse variable (modulation de capacité)
- ❖ La pression d'aspiration remonte naturellement à charge partielle
- ❖ Réduction de l'écart de température entre évaporation et besoin réel
- ❖ **Gain** : moins d'écart de température à combler donc un meilleur rendement, **5 à 15%** sur la consommation électrique annuelle, dépend fortement du profil de charge partielle.





Haute et Basse Pression Flottante : Point d'attention

- ❖ Les deux gains ne s'additionnent pas linéairement (effets sur le même cycle thermodynamique), on observe généralement un gain combiné de l'ordre de 15 à 30% sur la consommation annuelle du groupe froid, par rapport à une régulation à pressions fixes
- ❖ Les exigences européennes EcoDesign (règlements 206/2012 et 2281/2016), via les indices SEER et ESEER calculés sur plusieurs points de charge partiels, ont rendu ces technologies incontournables pour atteindre les niveaux de performance imposés.
- ❖ Toutefois, la présence native de ces fonctions dans le régulateur du groupe ne garantit pas leur activation effective sur site. Les plages de pression flottante, les seuils de déclenchement et les limitations de sécurité sont des paramètres configurables qui peuvent être laissés aux valeurs par défaut constructeur – parfois conservatrices – ou désactivés lors de la mise en service. Il est donc indispensable de vérifier, lors du commissioning, que ces fonctions sont bien activées, correctement paramétrées, et cohérentes avec les conditions réelles d'installation (température d'entrée d'eau, charge partielle nominale du site, contraintes réseau).

Optimisation pompage

- ❖ **Principe** : la puissance absorbée est proportionnelle au cube de la vitesse (et donc du débit)

$$P_{\text{distribuée}} = \dot{m} C_p \Delta T$$

C_p : Capacité calorifique de l'eau (ou à défaut du mélange)

ΔT : Différence entre la température de départ et de retour du fluide

$\dot{m}$: débit massique

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par  Agence nationale de l'énergie et du climat

Co-porté par  Agence régionale de la santé

& le programme  Association pour le Développement Technico-Économique de l'Énergie

Application

Gain typique observé

Pompe primaire circuit eau glacée (réseau à débit variable)

30 à 50% sur la consommation annuelle de pompage, comparé à une pompe à vitesse fixe avec vannes 2 voies

Pompe de condensation (couplée à HP flottante)

20 à 40%, gains liés à la modulation du débit selon la charge thermique

Réseau à débit constant historique passé en variable

Gains les plus élevés, car le point de départ (vannes 2 voies + pompe fixe + bypass) est très inefficace

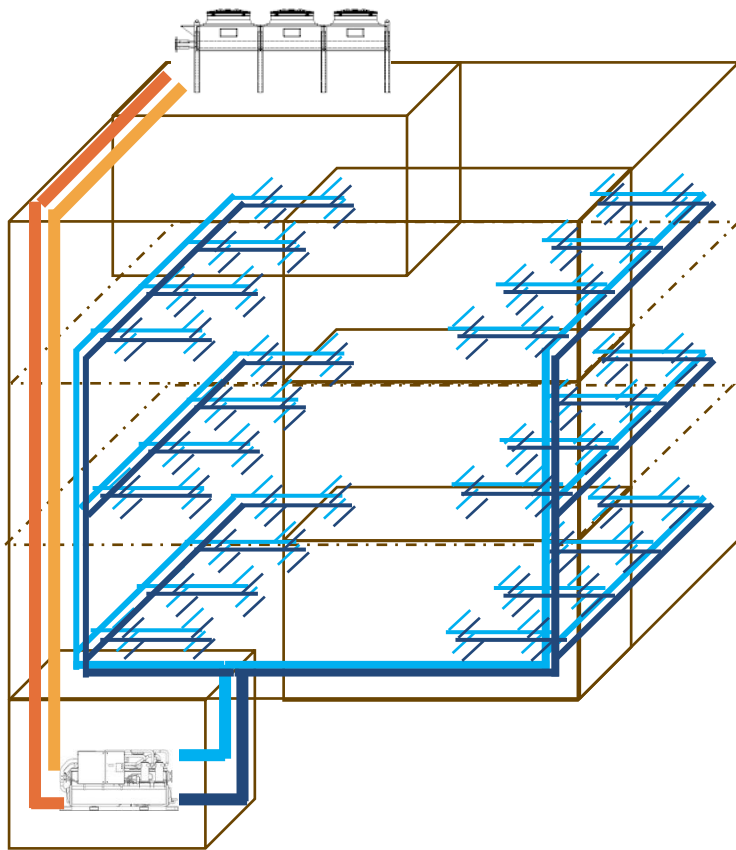
Pompe déjà bien dimensionnée avec régulation existante

Gains modérés, 10 à 20%, marge de progression réduite

Loi d'eau glacée

- ❖ **Principe** : faire varier la température de consigne départ eau glacée en fonction d'un paramètre externe (généralement la température extérieure, parfois la charge réelle du bâtiment), plutôt que de maintenir une consigne fixe toute l'année
- ❖ **Logique du gain** : en mi-saison/hiver, les besoins de froid sont réduits, on peut donc remonter la consigne de départ (ex. 9°C au lieu de 7°C) sans dégrader le confort, ce qui réduit l'écart de température au condenseur et permet une HP flottante plus favorable
- ❖ **Effet sur l'EER** : chaque degré de remontée de la T° d'évaporation (donc indirectement de départ eau glacée) améliore le EER du groupe froid – ordre de grandeur courant : 2 à 3% de gain par °C de remontée, selon la technologie et le point de fonctionnement
- ❖ **Deux approches de loi d'eau** :
 - Loi en fonction de la T° extérieure : simple à mettre en œuvre, mais ne reflète pas toujours la charge réelle (inertie bâtiment, apports internes)
 - Loi en fonction de la charge réelle (mesure débit + ΔT , ou position vannes) : plus précise, optimise au plus près du besoin réel
- ❖ **Application aux réseaux à débit variable** : la loi d'eau est d'autant plus efficace si couplée à une régulation de débit variable (pompes à vitesse variable), évitant de pénaliser le gain par une surconsommation de pompage

Ajustement du taux de glycol



Utilisation du glycol non nécessaire

- ❖ Boucle **entièrement intérieure**, sans aucun tronçon exposé au gel (locaux chauffés, gaines techniques internes)

Utilisation du glycol indispensable

- ❖ Tronçons extérieurs ou en ambiance non chauffée : toiture-terrasse, local technique non chauffé, gaines en façade exposées au gel
- ❖ Présence d'un drycooler ou d'une tour exposée au gel sur le circuit (cas du free-cooling) – mais souvent ce circuit-là est séparé de la boucle eau glacée intérieure via un échangeur, justement pour éviter de glycoler toute l'installation
- ❖ Bâtiments avec coupure de chauffage prolongée (résidences secondaires, bâtiments tertiaires fermés l'hiver) où il existe un risque de gel même en intérieur

Ajustement du taux de glycol

Éthylène glycol (MEG)

Température de protection	% glycol	Capacité thermique (kJ/kg·K)
0°C à -5°C	15 – 20 %	3,85 – 3,95
-5°C à -10°C	20 – 25 %	3,75 – 3,85
-10°C à -15°C	25 – 30 %	3,60 – 3,75
-15°C à -20°C	30 – 35 %	3,45 – 3,60
-20°C à -30°C	35 – 45 %	3,20 – 3,45

Propylène glycol (MPG)

Température de protection	% glycol	Capacité thermique (kJ/kg·K)
0°C à -5°C	18 – 22 %	3,80 – 3,90
-5°C à -10°C	22 – 28 %	3,65 – 3,80
-10°C à -15°C	28 – 33 %	3,50 – 3,65
-15°C à -20°C	33 – 38 %	3,30 – 3,50
-20°C à -30°C	38 – 48 %	3,05 – 3,30

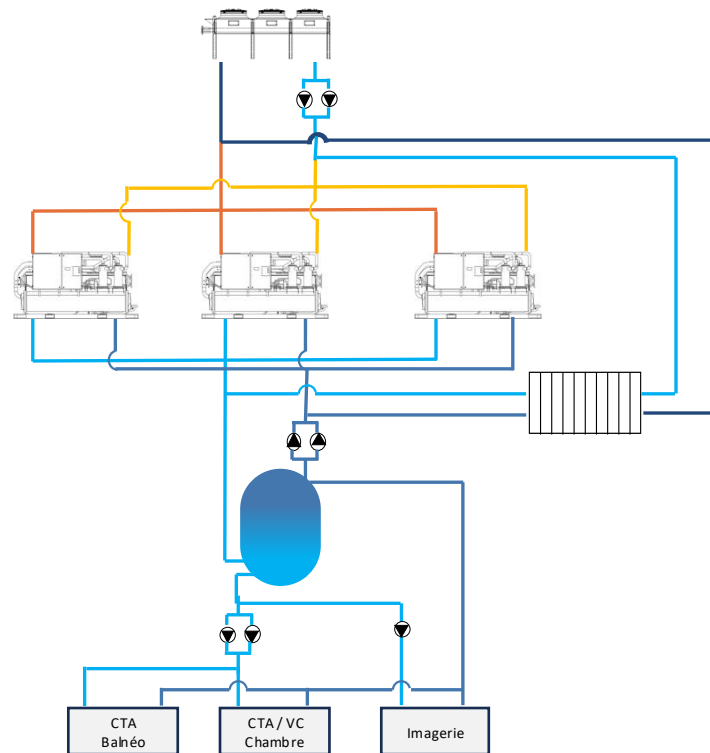
Cp de l'eau pure : **4,18 kJ/kg·K** — Cp de l'éthylène glycol pur : **2,35 kJ/kg·K** – Cp propylène glycol pur : **2,50 kJ/kg·K**

Exemple : Passage de 35% à 25%

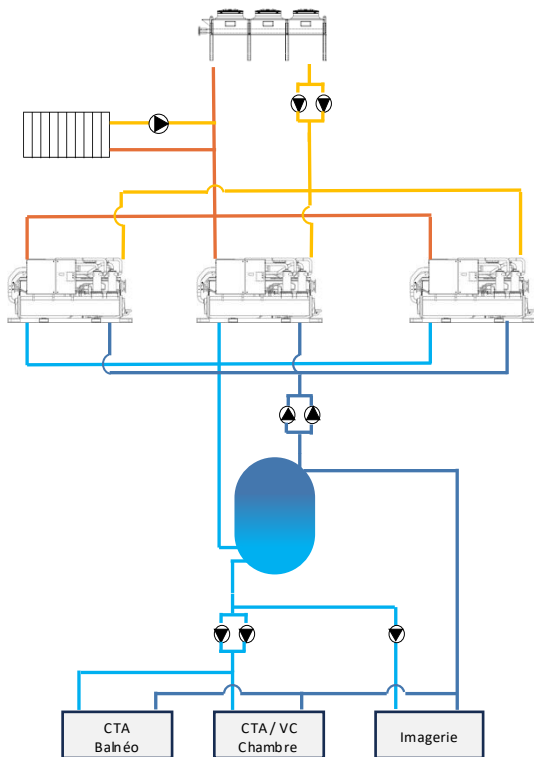
- ❖ La meilleure conductivité et le Cp plus élevé améliorent le coefficient d'échange global. À débit égal, le ΔT eau est réduit, ou on peut réduire le débit pour le même effet utile.
- ❖ La viscosité plus faible réduit les pertes de charge, permettant de baisser la puissance des pompes et donc de leur vitesse.
- ❖ En combinant l'effet pompe + effet groupe, on peut estimer un gain sur l'EER système de l'ordre de 2 à 4%,

Free-cooling

- ❖ **Principe** : exploiter la basse température de l'air extérieur pour refroidir l'eau glacée sans solliciter le compresseur, dès que la T° air ext. est suffisamment inférieure à la T° de boucle d'eau (généralement quand T° air ext. $<$ T° retour eau glacée – pincement échangeur (souvent 2-3°C de pincement pour un échangeur à plaques))
- ❖ Les groupes à **condensation par air** ont parfois une fonction de free cooling intégrée, utilisant les ventilateurs du condenseur pour limiter l'action du compresseur. Un module drycooler peut néanmoins être ajouté pour refroidir l'eau avant l'entrée dans l'évaporateur.
- ❖ **Gains** : 20 à 50%



Récupération de chaleur



Condensation par air : récupération difficile car la chaleur est dissipée de manière diffuse dans l'air ambiant ; nécessite un échangeur dédié sur le circuit de refoulement (désurchauffeur), ce qui complexifie l'installation et réduit la HP flottante

Condensation par eau : configuration naturellement favorable car le circuit eau condenseur est un vecteur thermique facilement exploitable via un échangeur à plaques

Adéquation temporelle : les besoins de froid et de chaud ne sont pas toujours simultanés, cela requiert d'évaluer finement les courbes de charge annuelles avant de dimensionner

Niveau de température récupérable : limité par la température de condensation, généralement autour de 35-45°C, suffisant pour ECS ou préchauffage, insuffisant pour chauffage haute température sans appoint

Impact sur le EER : toute contrainte imposée sur le circuit de condensation (température minimale maintenue pour la récupération) peut empêcher la HP flottante et dégrader le rendement frigorifique

Comptage : la chaleur récupérée doit être mesurée et imputée correctement dans le bilan énergétique (RE2020, IPMVP) pour valoriser le gain réel



07

Financement

CEE, Aide de l'état

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par  l'anap

Co-porté par  ars

& le programme  ACTEE

Aides publiques et économie d'énergie

État/PM

600 M€

Enveloppe hôpitaux 2026-2035

Climatisation & façade hôpitaux

Annonce Premier ministre - 25 juin 2026

- Doublement de l'enveloppe initiale face aux canicules
- Financement de la climatisation, stores, isolation
- Hôpitaux publics
- Modalités de dépôt en cours de publication

AUTO -Financement

Intracating / Tiers - financement

L'établissement finance les travaux via les économies réalisées CPE. Pas d'avance de trésorerie. Retour sur investissement 3 à 8 ans. ANAP propose un outil de simulation

0 € d'avance de trésorerie

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par  **anap**
Agence nationale de l'aplanissement des pathologies

Co-porté par  **ars**
Agence Régionale de Santé
& le programme  **ACTEE**
Agence Centrale de Traitement de l'Énergie

CEE, GTB/BACS, HP Flottante, Intracting - cumulables avec les aides publiques

GTB / Décret BACS

Fiche BAT - TH - 116

Installation GTB classe A ou B (automatisation CVC). Obligatoire > 290 KW depuis janv. 2025 (> 70 KW en 2030)

→ Jusqu'à 80 % de l'installation

PAC & rafraîchissement

Fiche BAT - TH - 116

Pac géothermique, air/eau, eau/eau.
Remplacement groupe froid : bonifications renforcées en 2026

→ 25 à 40 % du coût total rénovation

HP / BP Flottante

Fiche BAT - TH - 134

Système de régulation sur un groupe de production de froid

→ 10 à 25 % d'économie d'énergie

Décret tertiaire

Éco Énergie Tertiaire / OPERAT

Obligation -40% en 2030 / -50% en 2040 / -60% en 2050.
Les établissements de santé de +1000m2 déclarent sur OPERAT.
Levier de priorisation des investissements CVC et GTB

→ Jusqu'à 80 % de l'installation



CONCLUSION

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par  agence nationale de
l'animation de politiques
et de médiation sociale

Co-porté par  Association pour
le Renouveau
Social

& le programme  Association pour
le Renouveau
Social

**MERCI POUR VOTRE
ATTENTION !**





Des questions ?

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par  **anap** agence nationale de
l'animation de politiques
et de médiation sociale

Co-porté par  **ars** Agence Régionale de
Santé

& le programme  **ACTEE** Association
Française des
Associations de
Tertiaires
Económiques

RESSOURCES UTILES

Pictos thématiques



PROGRAMME PENSEE+

Piloté par  Agence nationale de
l'architecture et de l'urbanisme

Co-porté par  Agence Régionale de
Santé

& le programme  Agence Nationale de
l'Architecture et de l'Urbanisme

Point de cadrage

Le Froid mécanique : en dernier recours pas en premier réflexe

Un besoin réel en santé

Confort patients (canicule, vulnérabilité)
Exigences médicales (blocs, imagerie, pharmacie)
Continuité de service

La bonne séquence de décision

O1

Condition Préalable

Le recours au froid mécanique se justifie uniquement dans des cas précis : contraintes fonctionnelles forte ou spécifiques (blocs, conservation de produits ou d'outils), climat exceptionnellement sévère

O2

Priorité A - Mode Passif Absolue

Ventilation naturelle, inertie thermique, protections solaires, free-cooling, végétalisation, film... Toutes les solutions passives doivent être épuisées avant d'envisager la climatisation.

O3

Si et seulement si - climatisation

Alors et seulement alors, on dimensionne et optimise un système actif- avec la rigueur qui s'impose pour minimiser son empreinte énergétique

PROGRAMME PENSEE+

Piloté par  **anap** Agence nationale de l'architecture et de l'équipement de l'hôpital

Co-porté par  **ars** Agence régionale de santé

& le programme  **ACTEE** Agence de transition énergétique