



Hôpitaux de Lyon



*4<sup>èmes</sup> Journées Nationales Suisses sur la Stérilisation :  
Protection de l'environnement et stérilisation*



# Économies en stérilisation : l'eau ou l'électricité ?

Dr Dominique GOULLET  
Hôpital Edouard Herriot  
Lyon - France



# Les stérilisateurs à la vapeur d'eau sont de très gros consommateurs d'eau



□ **Eau alimentation générateur** : (osmosée)  
consommation : **25 L** pour un stérilisateur 8 paniers. Récupération des condensats (purgeurs).

□ **Eau d'alimentation du système de réalisation du vide** (brute ou partiellement adoucie) : stérilisateur 8 paniers :

- vide obtenu par pompe à anneau d'eau : **260L à 300 L**
- vide obtenu par effet Venturi : **300 L**

***La qualité du vide est l'un des éléments clefs d'une « bonne stérilisation »***



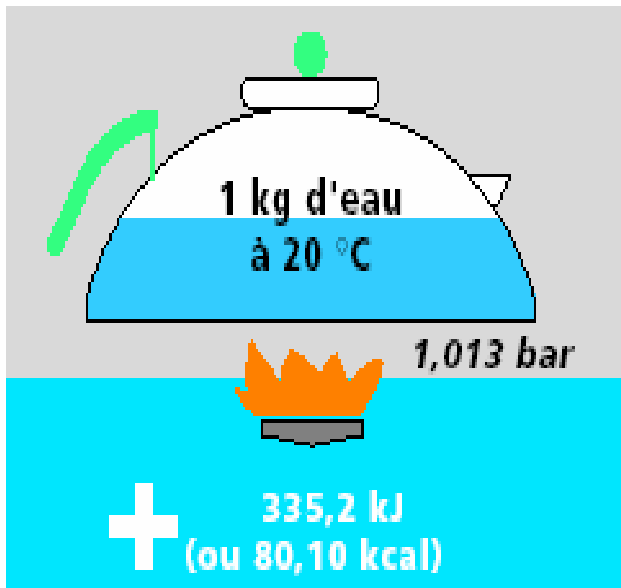
# Un stérilisateur à la vapeur d'eau est et restera toujours un gros consommateur d'énergie



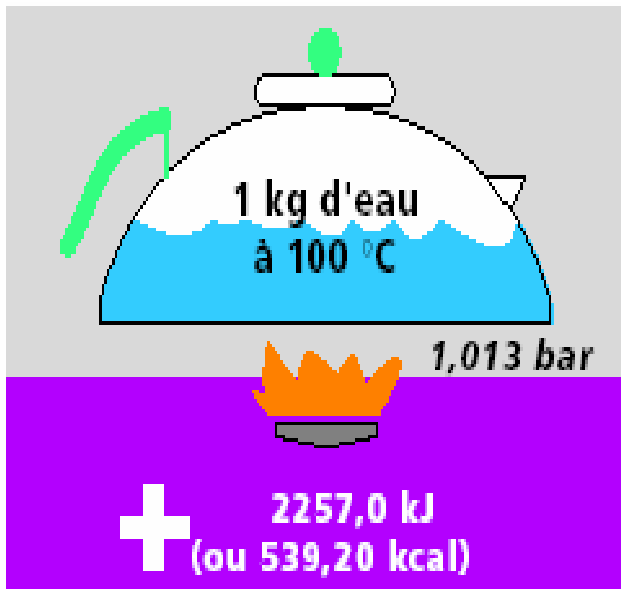
- On aura toujours besoin de **539 kcal/kg** d'eau pour transformer cette dernière en vapeur : énergie apportée par vapeur + échangeur ou électricité
- **Système permettant d'obtenir le vide** : également gros consommateur d'électricité
  - pompe à anneau d'eau : **1,3 kWh** pour un cycle.
  - système à effet Venturi, pas de consommation d'électricité, mais eau consommée en quantité supérieure à celle nécessaire au fonctionnement des pompes à anneau d'eau.
- Pour un stérilisateur 8 paniers, tout électrique :
  - avec pompe à anneau d'eau : consommation d'électricité : **12 à 17 kWh par cycle**
  - avec système Venturi : **20 kWh**

**Coûts respectifs : de 1,04 € à 1,60 €**

(coût du kWh aux Hôpitaux de Lyon : 0,08 € TTC).

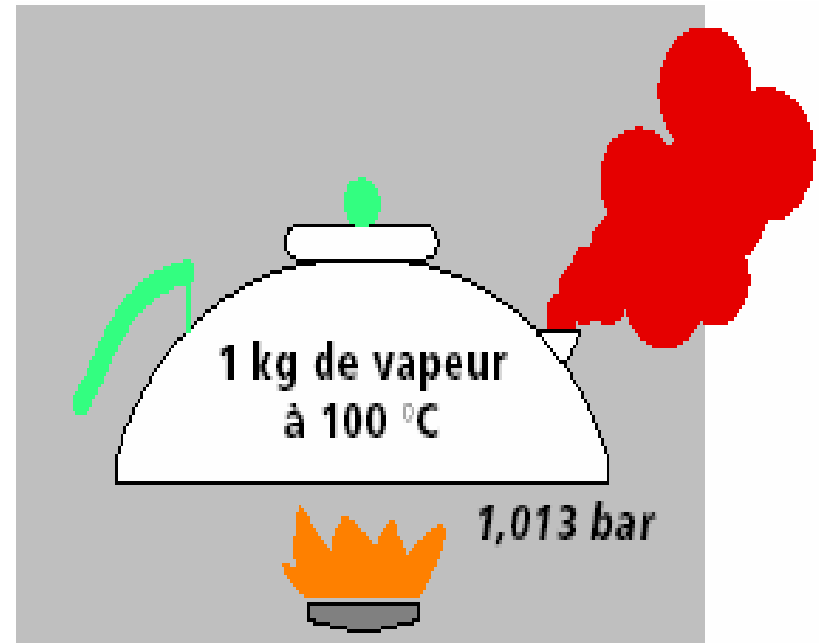


=



**La vapeur contient  
7 fois plus de calories  
que l'eau bouillante**

*La chaleur sensible est l'énergie qui fait varier la température d'un corps sans en changer l'état*



*La chaleur latente est l'énergie qui fait varier l'état d'un corps sans modifier la température*



# Comment économiser l'eau ?



- Idéal : pouvoir recycler la totalité de l'eau utilisée pour réaliser le vide, quel que soit le système
- Les lois de la physique sont immuables et universelles
- Pour obtenir un vide de bonne qualité  
→ température de l'eau < 20°C à 30°C
- La tension de vapeur de l'eau à 10°C est de 13 mbar, 23 mbar à 20°C, 74 mbar à 40°C, 199 mbar à 60°C....

***On ne peut donc pas recycler l'eau qui a été en contact de la vapeur, ou en quantité limitée (gain d'au moins 30 %, avec les stérilisateurs de récente génération)***

- *Il y a 25 ans, un stérilisateur 8 paniers consommait de 450 L à 600 L d'eau par cycle, contre 250 à 300 L maintenant).*



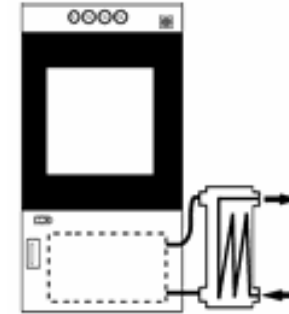
# Comment économiser l'électricité ?



- Gains moins spectaculaires, car phénomène de base invariable
- Economies possibles en jouant sur trois points interdépendants : réserve de vapeur/isolation du système générateur, performance/rendement des « épingles » et gestion de l'alimentation de ces épingles :
  - **résistances chauffantes** (« épingles ») très réactives, à meilleur rendement, de forte puissance, fonctionnant en alternance en fonction des besoins
  - **réserve de vapeur moins élevée dans le générateur** (générateurs de petites capacités, maintenus à une pression peu supérieure à celle de la cuve), mais plus grande réserve dans la double enveloppe
  - **meilleure isolation du générateur, de la cuve et des canalisations**

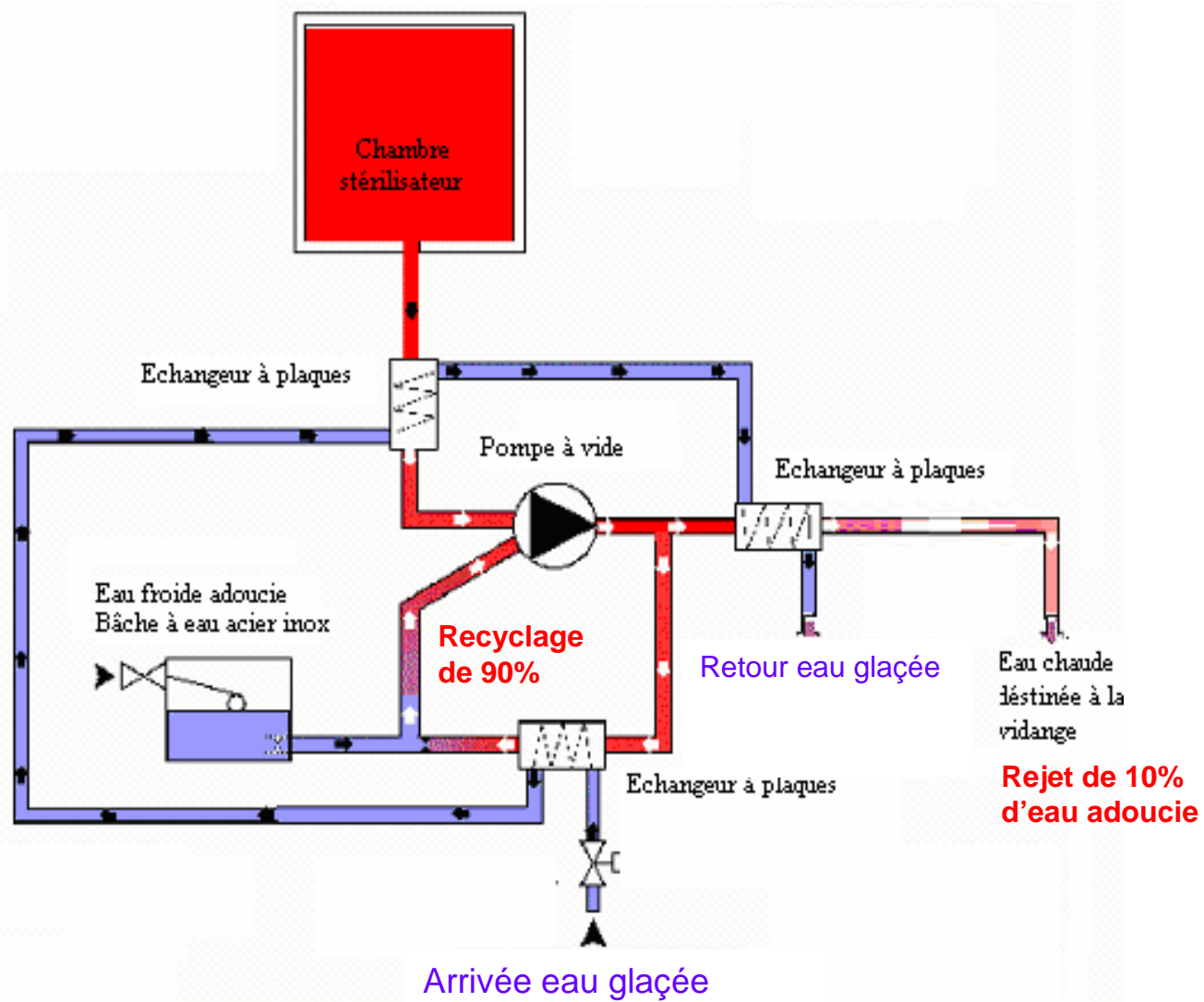
# Les systèmes économiseurs d'eau

- **Principe de fonctionnement:** très simple : utiliser de l'eau refroidie, en boucle, au moyen d'un échangeur équipant le stérilisateur raccordé sur le « réseau d'eau glacée » de l'établissement, ou à un générateur autonome.
- **Consommation réelle d'eau** pour effectuer le vide : théoriquement nulle ; en pratique, de **5 à 10 L/cycle**





# Schéma de fonctionnement







# Consommation électrique et coût des systèmes économeurs d'eau

- Pour une consommation de 1 kWh : **surdimensionnement = 1kW**
  - Coût des équipements : 1000 € TTC/kW
  - Durée de vie : 12 à 20 ans maximum.
  - Coût de maintenance annuel : environ 15 € TTC/kW.an.
- **Coût de la consommation électrique pour extraire 1 kWh =  $1/2,5 \times 8 = 3,2$  c€TTC** (2,5 = Coefficient de Performance des équipements de production et de distribution du froid – COP = 2,5 signifie que pour extraire 1 kWh thermique il faut dépenser 0,4 kWh électrique).

## Pour 1 kWh extrait :

- => **Surcoût du surdimensionnement = 1000 €TTC**
  - amortissement sur 20 ans : surcoût = 50 €TTC / an.
  - Sur 12 ans = 83 € par an.
- Surcoût de la **maintenance annuelle** du système de production pour assurer le refroidissement d'un autoclave = **15 €TTC / an.**
- Consommation électrique : **3,2 c€/cycle**



# Prix de revient des systèmes économiseurs d'eau



	Fabricant A	Fabricant B Et fabricant D	Fabricant C
<b>Eau + électricité sans système échangeur</b>	<b>5 830 €/an</b>	<b>5 145 €/an</b>	<b>6825 €/an</b>
Eau + électricité avec système échangeur	4 308 €/an	3 675 €/an	5595 €/an
Amortissement de l'échangeur	456 €/an	200 €/an	120 €/an
Amortissement du surdimensionnement de la CPEG ou du générateur autonome	20 ans : 100 € 12 ans : 166 €	20 ans : 250 € 12 ans : 416 €	20 ans : 450 € 12 ans : 750 €
Maintenance	30 €	75 €	Non renseigné
<b>Coût annuel total avec système économiseur d'eau</b>	<b>4 867 € à 4 933 €</b>	<b>4 200 € à 4 366 €</b>	<b>&gt; 6165 € à &gt; 6465 €</b>



# Intérêt sur le plan économique



- → coût en consommables eau/électricité : en **faveur du système économiseur d'eau**.
- → **avantage relativisé par l'amortissement du système échangeur**, ainsi que celui du système de production d'eau glacée et réseaux de distribution d'eau glacée
- L'amortissement sur 20 ans de la centrale est justifié.

**Les coûts restent malgré tout nettement en faveur des systèmes économiseurs d'eau, même pour le fabricant C qui a un coût de fonctionnement, avec ou sans économiseur d'eau, très supérieur à celui des autres.**



# Intérêt sur le plan de la performance des stérilisateurs



- Plus l'eau est froide, meilleur est le niveau de vide obtenu.
- **La nette supériorité revient au système économiseur d'eau**, qui est capable, été comme hiver, de garantir un niveau constant de qualité de vide, ce qui peut être important en fonction de sa position géographique.



**Vaut-il mieux  
consommer de  
l'électricité ou  
consommer  
de l'eau ?**



# Considérations préliminaires



## Alimentation en eau = toujours une consommation d'électricité

- **Eau** : distribuée à 3 à 4 bar (~30 à 40 m de Colonne d'Eau (mCE))
- Pompée à 30 m de profondeur = 10 mètres de colonne d'eau
- Acheminement sur plusieurs km : pertes de charges ~1bar = 10 mCE
- Il faut « pousser » l'eau à 80 mCE (8 bars). → Energie hydraulique nécessaire correspondante est de :  $80 \text{ m} \times 10.000 \text{ N/m}^3 = 8.105 \text{ Joules/m}^3$  ( $1 \text{ kW.h} = 3,6.10^6 \text{ Joules}$ )
- Rendement des pompes électriques ~ 45%
- **Il faut donc près de 0.5 kWh/m<sup>3</sup> d'énergie électrique.**

**La consommation de 250 litres d'eau potable induit la consommation d'environ 0,125 kWh d'électricité, ce qui est sans commune mesure avec l'énergie consommée pour refroidir l'eau**



# Impacts environnementaux



Les réseaux d'eau  
et des réseaux  
d'électricité sont-ils  
équivalents ?





# Vaut-il mieux consommer du gaz ?

- Si production de vapeur à l'aide de(s) chaudière(s) gaz : comparaisons encore plus difficiles à faire.
- Quelques éléments d'analyse :
  - rendement des chaudières gaz et réseau vapeur ~ 90%, le
  - coût du kWh gaz : ~ 4 c€ TTC.
  - Mais coût d'investissement élevé, et contraintes de maintenance et d'exploitation non négligeables





# Questions posées aux organismes concernés



**Il n'était pas possible de s'adresser préférentiellement à un organisme spécialisé dans l'eau ou dans l'électricité, car la question fait appel à des compétences dans des sujets a priori sans point commun.**

→ organisations écologistes questionnées

- La France en action
- Ministère de l'écologie, du développement et de l'Aménagement Durables
- Greenpeace
- Les verts
- Fondation Nicolas Hulot
- Génération écologie
- Mouvement Ecologiste Indépendant d' Antoine Wechter
- C.I. Eaux
- WWF



# Seuls ont répondu



- **Greenpeace** : la question n'a pas trait à ses enjeux globaux. Des adresses de sites à consulter ont été fournis.
- **Le Ministère de l'Ecologie**, pour nous orienter vers l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (qui n'a pas répondu). Une réponse par téléphone d'une responsable d'un Comité de l'eau a été faite, pour dire qu'il n'est pas possible de répondre, mais il faut considérer que l'eau est une énergie totalement renouvelable.
- Mr J.F. Perard, du groupe « **La France en action** », pour nous orienter vers d'autres organismes tels que WWF.



# Eau et électricité = énergies renouvelables ?



## Eau :

- L'eau est une ressource renouvelable
- L'eau utilisée dans les stérilisations n'est pas consommée, et rejoint le cycle de l'eau.



# Electricité = énergie renouvelable ?



## Electricité

- Electricité = énergie très consommatrice de ressources non renouvelables.
- Electricité nucléaire : doit être considéré à part ; une organisation nous a demandé d'où venait principalement l'énergie électrique dans la région lyonnaise : nucléaire ou pas, ce qui permet de s'orienter vers ce type d'énergie (????)
- Le pays dans lequel on vit permet de donner une orientation différente de celle de son voisin ; la part du nucléaire dans la production d'électricité est :
  - France : 78,5 %
  - Belgique : 55,6 %
  - Suisse : 32,1 %
  - Allemagne : 31,1 %
  - UK : 19,9 %
  - Espagne : 19,6 %
  - Italie 0 %



# Autre considérations : rendements en électricité et effet de serre



- Lorsque 1kWh d'électricité est consommé : il a fallu
  - 0,2 à 0,3 kWh pour l'acheminer jusqu'au point utilisateur (pertes sur les réseaux)
  - et environ 3,6 kWh pour le produire (machine thermique)
  - soit au total près de 4kWh d'énergie fossile, nucléaire ou biomasse.
- Rendements de production bien meilleurs s'il s'agit d'une **énergie éolienne ou hydraulique**
- Le nucléaire présente l'avantage de générer peu de gaz à effet de serre, mais génère des déchets radioactifs.



# Le choix n'est évident pour personne sur le plan écologique



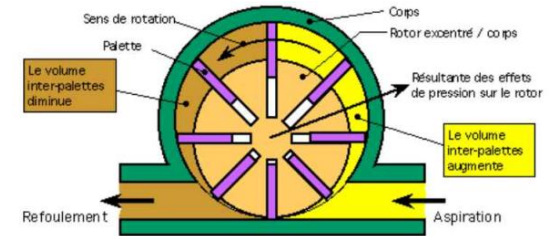


# Où vivez-vous ?



# Et si la pompe à vide fonctionnait sans eau ?

- Stérilisateur **AQUAZERO CISA**
- Pompe à palette à huile  
(vide atteint ~1 mbar)



Pour éviter la mayonnaise :

- Huile haute densité à 134°C
- Revaporisation des gouttelettes dans un ballast à air évitant tout contact entre huile et eau ou vapeur



Echangeurs montés dans réservoir étanche à eau osmosée pour le générateur





# Avantages économiques évidents



	Stérilisateur classique	Stérilisé. avec économiseur	Stérilisé AQUAZERO
<i>Durée du cycle</i>	<b>70 min</b>		<b>50 min</b>
<i>Conso. électricité</i>	<b>14,5 kW</b>		<b>8,2 kW</b>
<i>Conso. eau adoucie</i>	<b>225 L</b>		<b>0 L</b>
<i>Dissipation calorifique</i>	<b>2500 W</b>		<b>1980 W</b>
Coût en électricité/cycle			<b>0,656 €</b>
Coût en eau/cycle			<b>0,58 €</b>
Coût annuel conso. eau + électricité	<b>6 486 €</b>	<b>&gt; 4 443 € à &gt; 4 535 €</b>	<b>3 708 €</b>



# Comment se pose finalement le problème ?



- **Sur le plan écologique,**

Deux questions complémentaires qui se posent, et que posent en pratique les fabricants d'autoclaves :

- travaillez-vous dans un pays ou une région qui risque de manquer d'eau, de subir des restrictions d'eau ?
- l'approvisionnement en énergie électrique pose-t-il ou risque-t-il de poser un problème ?

- Pour la construction de la Stérilisation Centrale des Hospices Civils de Lyon, il a été répondu non aux deux questions.
- Sur le plan économique, la différence est en nette faveur des systèmes économiseurs d'eau, mais devant le manque total de recul de ces systèmes, les données qui étaient alors non totalement connues, et l'importance des enjeux, les Hôpitaux de Lyon ont préféré ne pas se lancer dans l'aventure.



# Et si c'était ça, l'avenir ???

- Manque de recul pour tout ces systèmes, très nouveaux





## Remerciements à :

- Emmanuel RICHARD, Ingénieur ,  
Hôpitaux de Lyon
- Olivier BERTOLINI, Ingénieur,  
Getinge France

pour leur précieuse collaboration



THE END