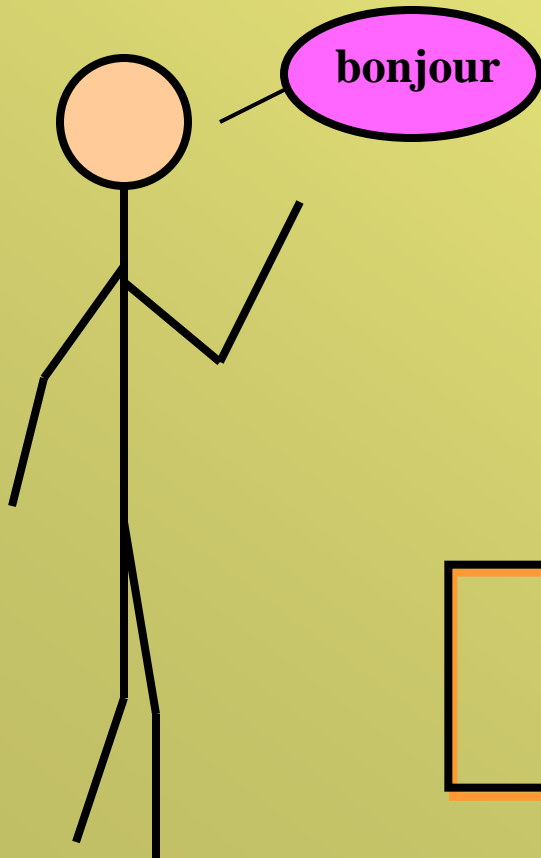


**Il était une fois ...**

**l'utilisation du sel**



**Yves Clerget : Service éducatif du Muséum Cuvier  
Montbéliard**

**2012**

## Viabilité hivernale (23 %)

**Sels de potassium + sels de sodium mélangés = fondant :**

- déneigement,**
- déglacage des routes.**

**Problèmes d'environnement et problèmes alimentaires quand utilisation intensive en montagne au dessus des prises d'eau des communes des vallées.**



**A Salins la saumure naturelle produite sur place avec le puits d'Amont est localement utilisée.**

# Alimentation, médecine, hygiène (13 %)

**Le corps d'une personne de 70 kg contient 125 g de sel :**

- les chasseurs du Paléolithique puisaient leurs ressources en sels dans la viande crue,
- les agriculteurs du Néolithique ont eu une alimentation carencée en sels.



**Les besoins en sels sont permanents : pertes par la sueur et l'urine et apports par l'alimentation (1 à 2 g dans les aliments + 2 à 3 g par l'ajout en cuisine ou à table + ... 3 à 4 g dans les plats industriels, pour un besoin de 4 à 5 g / jour maximum).**

**Maladies par carence → pertes d'eau, hypotension : maladies rares aujourd'hui.**

**Maladies par excès → rétention d'eau, hypertension et maladies cardio-vasculaires.**

# Alimentation, médecine, hygiène



**sel de table = sel de cuisine**

- lutte contre la fadeur des aliments,
- amélioration du goût.

**nourriture indispensable → nourriture agréable**



**contient des composés iodés et fluorés**

**→ santé publique**

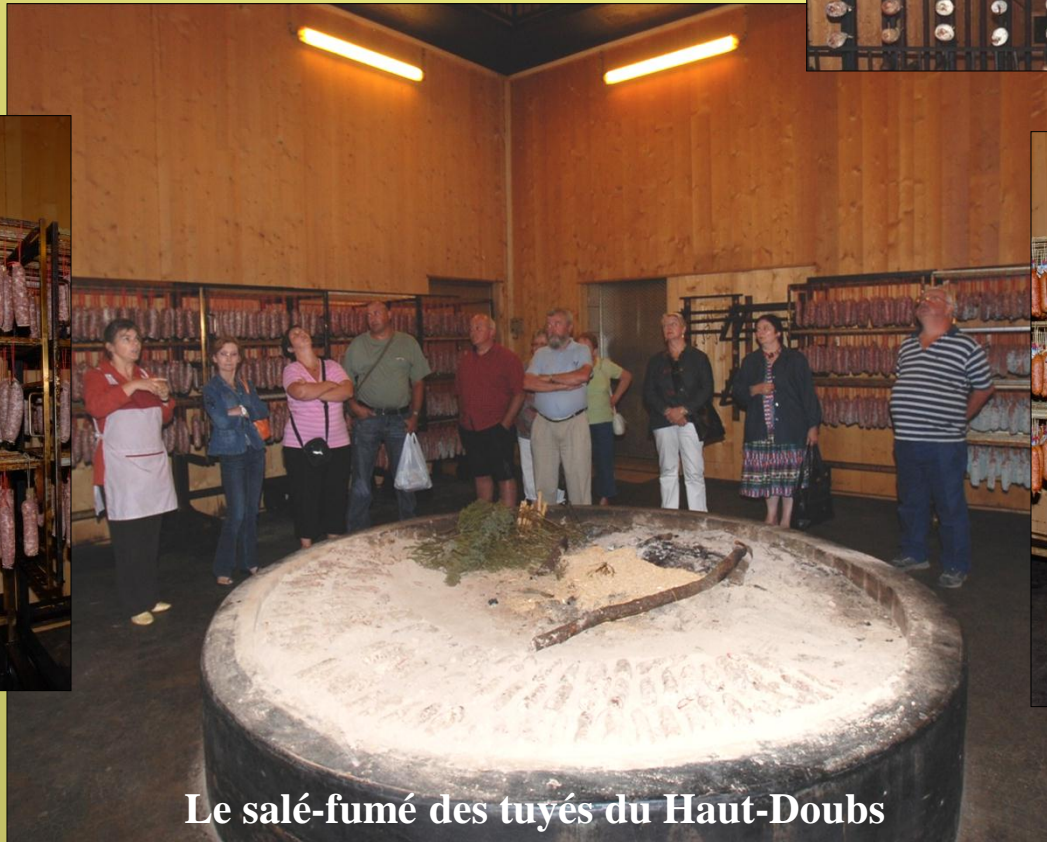
- prévention des maladies thyroïdiennes (goitre endémique),
- prévention des caries dentaires (amélioration de la qualité de l'émail).

**oligo-éléments dans sel de mer > oligo-éléments dans sel de terre**

# Alimentation

agent antimicrobien sélectif – qualités hygroscopiques

- conservation des viandes et des poissons (salaisons),
- conservation de certains légumes,
- fabrication et affinage des fromages.



Le salé-fumé des tuyés du Haut-Doubs

# Qualité de l'eau

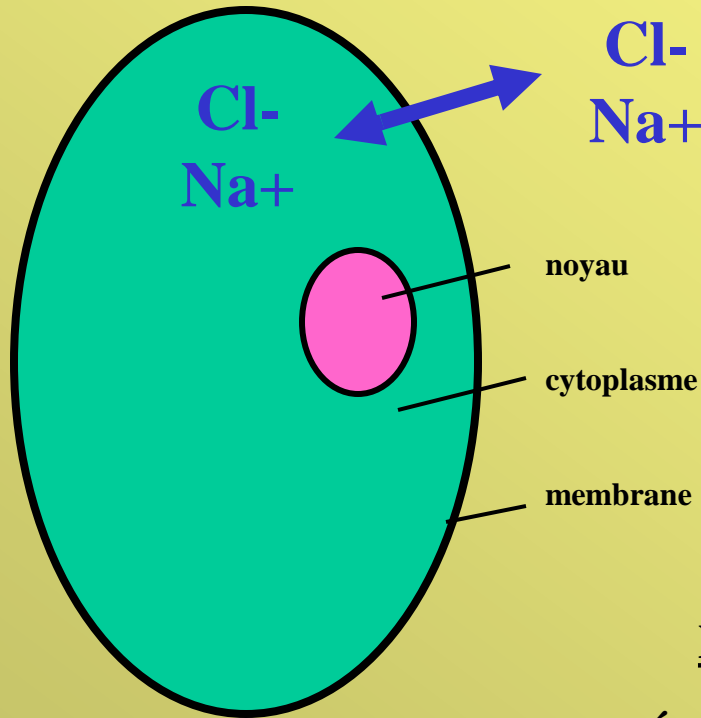
**Adoucisseurs d'eau indispensables en pays calcaire : En France dans 63 départements sur 95 l'eau est dure (riche en calcaire).**



**Sel : agent adoucissant pour l'eau. Echange d'ions calcium et sodium grâce à des résines.**

## Niveau cellulaire :

équilibre transmembranaire  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$



## Médecine

Déchets du métabolisme

milieu extérieur

$\text{Cl}^-$   
 $\text{Na}^+$

milieu intérieur

$\text{Cl}^-$   
 $\text{Na}^+$

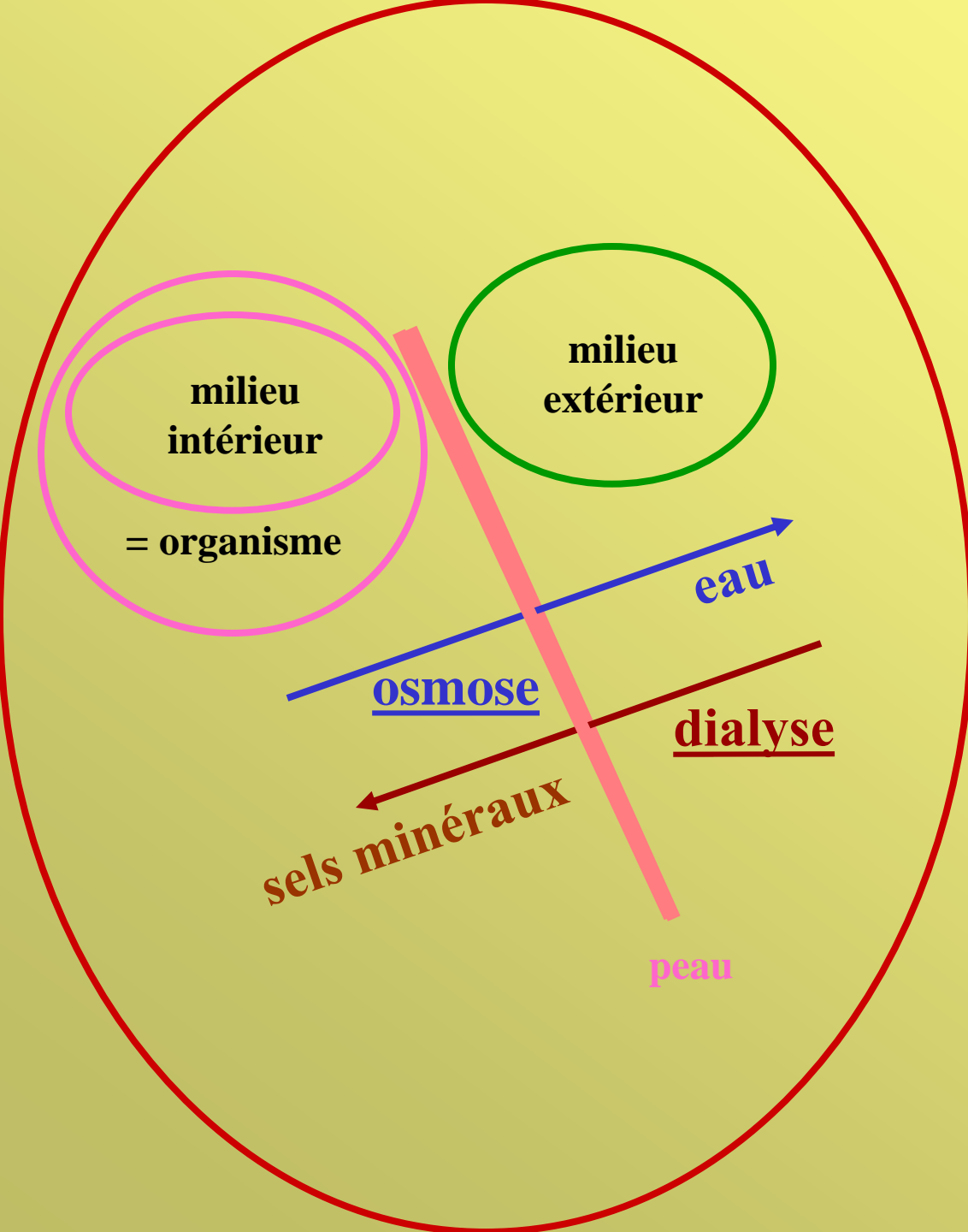
## Niveau organique :

équilibre  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$

Insuffisances rénales → Hémodialyse pour purifier le sang et assurer son équilibre hydrominéral.

Besoin de plus d'un kilogramme de chlorure de sodium très pur par séance.

→ fonctionnement harmonieux des organismes



## Cures thermales

Des cures thermales se font toujours en Franche-Comté et sont localisées dans trois Centres thermaux:

- Luxeuil-les-Bains

- Salins-les-Bains

- Lons-le-Saunier

- traitements curatifs en traumatologie, rhumatologie, phlébologie, gynécologie et troubles du développement.

- traitements préventifs avec les cures de remise en forme.



# Cures thermales à Jurathermes

**Salins : Station thermale de 1854 reconstruite en 1936 et rénovée en 1994.**

**Coincée entre l'Hôtel des Bains et la Mairie. Puits d'Amont 330 g/l, puits des Cordeliers 200 g/l depuis 1994.**

**Indications thérapeutiques : rhumatologie, gynécologie, troubles du développement.**



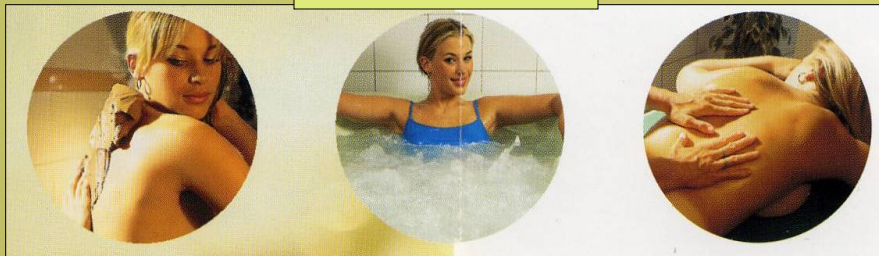
Dépliant « Sel' à vie »

## Salins les Bains - Lons-le-Saunier

**Eaux à l'émergence avec Cl, Na, SO<sub>4</sub>, K, Mg, Ca, S, + oligo-éléments)**



**Projet d'un nouveau Centre Thermal derrière le parc des Cordeliers.**



# Cures thermales à Jurathermes

## Salins les Bains - Lons-le-Saunier



**Eaux à l'émergence avec Cl,  
Na, SO<sub>4</sub>, K, Mg, Ca, S, +  
oligo - éléments)**



**Bâtiments fin XIX<sup>o</sup>.**

**Parc de 7 hectares.**

**Eaux vierges à 300 g/l.**

**Indications thérapeutiques :  
rhumatologie, phlébologie,  
énurésie**



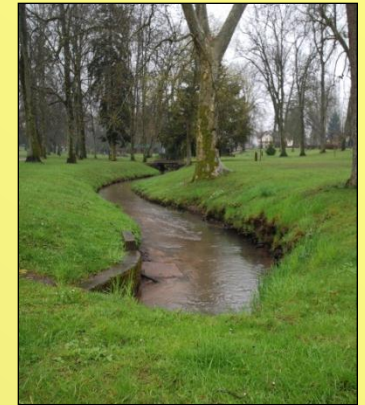
# Cures thermales à Luxeuil-les-Bains



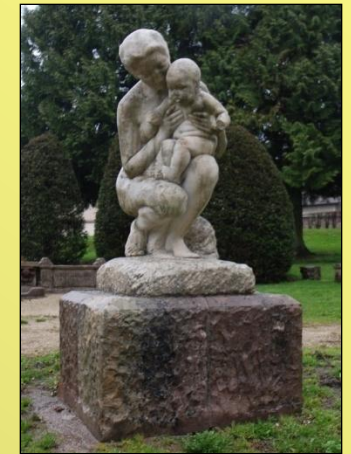
**Therms actuels construits au XVIII<sup>e</sup> siècle dans un parc arboré avec une vaste piscine enserrée dans une grande verrière à l'arrière du bâtiment.**



**Therms gallo-romains détruits par les Barbares.**



**Eaux à 60°C à l'émergence avec Cl, Na, Si, SO<sub>4</sub>, Mg, S, + oligo-éléments),**

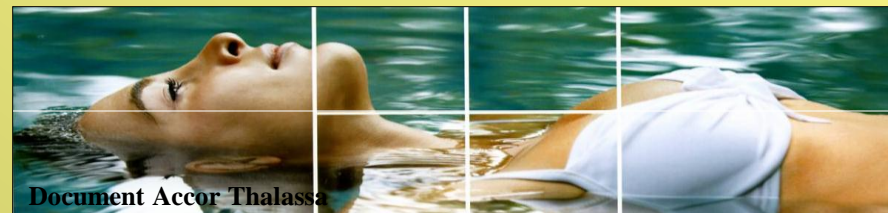


- gynécologie : propriétés cicatrisantes avec le soufre,**
- phlébologie : fluidification du sang, réduction des oedèmes,**
- rhumatologie : assouplissement des articulations.**

# Thermalisme – exemple : Quiberon



**Centre de thalassothérapie en bord de mer, à proximité de la Côte sauvage et des plages de sable fin de la presqu'île, sous un climat tempéré par le Gulf Stream.**



**Utilisation directe des bienfaits du sel marin : cures de remise en forme, de santé, de tonicité, de ligne avec accompagnement diététique. Toute une série de programmes individuels adaptés.**

**De nombreux centres de thermalisme et de cure sont donc répartis sur tout le territoire, en bord de mer comme en milieu continental.**

# Piscines privées

**250 000  
piscines  
privées  
existent en  
France, et  
leur nombre  
est en  
augmentation.**

**Près de 100 000  
sont équipées  
d'une pompe  
avec  
électrolyseur  
qui fabrique de  
l'hypochlorite**

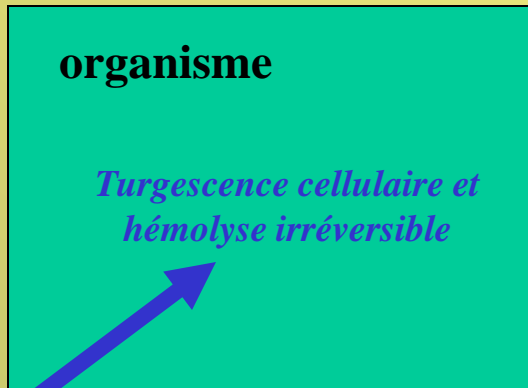


**→ stérilisation directe de l'eau qui n'a plus besoin d'être renouvelée régulièrement, mais il faut un apport initial de 4 à 5 grammes de sel par litre d'eau.**

# Baignades et noyades

Une complication lors de la pénétration d'eau dans les poumons :

Milieu extérieur :  
eau douce (0 g/l)

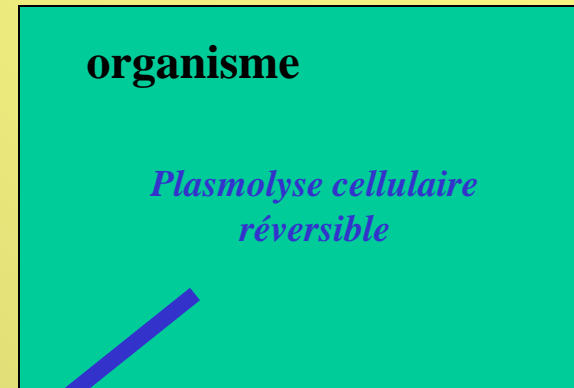


eau

osmose

Noyade en eau douce

Milieu extérieur :  
eau de mer (33 g/l)



eau

osmose

Noyade en mer

*L'intégrité cellulaire serait respectée à l'isotonie, c'est à dire dans une eau à 7 g de sel par litre.*

# L'illusion de l'impesanteur

Tout corps plongé dans un fluide déplace un volume de fluide égal à son volume et reçoit de sa part une poussée égale au poids du fluide déplacé : c'est la poussée d'Archimède.



↑ PA  
| G  
↓ P =  
mg

Dans l'air la poussée d'Archimède sur le corps est négligeable (< 100 g)

Dans l'eau la poussée d'Archimède sur le corps est fonction de la concentration en sel :

- eau douce (x 800) : PA = ↑ 70 kg (lestage de 5 kg nécessaire pour compenser la flottabilité de la combinaison)
- eau de mer : PA = ↑ 72,3 kg (lestage de 7,3 kg)
- lac Assal : PA = ↑ 87,5 kg (lestage de 22,5 kg)

Le plongeur bien équilibré va se trouver en illusion d'impesanteur : Cette particularité de flottation de l'organisme dans le milieu est mise à profit dans les centres spatiaux pour l'entraînement des cosmonautes en piscine dans un espace en impesanteur.

# Agriculture (8 %)

Les activités agricoles mettent à profit le rôle nutritif et les qualités de conservateur du sel .

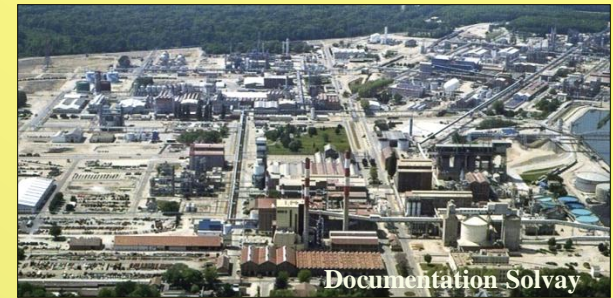
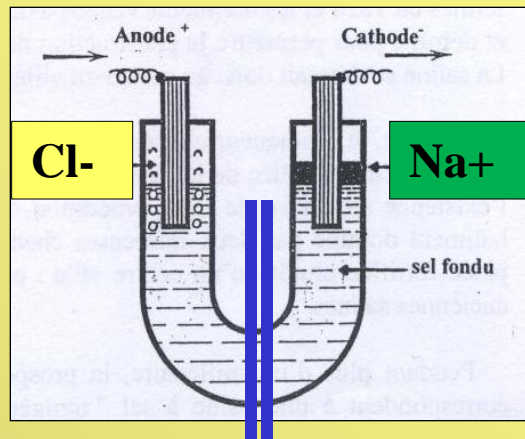
- alimentation du bétail et du gibier « sauvage » (blocs à lécher),
- fabrication d'aliments composés,
- salage et ensilage des fourrages,
- engrais (surtout la **potasse**).





**Industrie (56 %)**

**Usine de Tavaux :  
séparation du chlore et  
du sodium**



**Electrolyse à membrane**

**techniques modernes >> plus performantes >> techniques anciennes**

**techniques modernes >> plus respectueuses de l'environnement >> techniques anciennes**

***électrolyse au mercure → en 2010 → électrolyse à membrane***

**Centrale thermique : puissance installée de 74 MW → 273 millions de kWh / an**

**Consommation énergétique totale :**

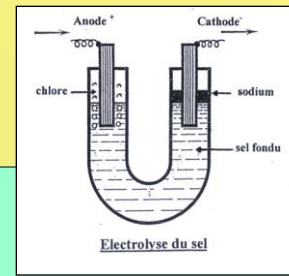
**1 % de la consommation totale d'électricité de la France**

**(L'électrolyse du chlorure de sodium, malgré les progrès actuels, reste très gourmande en électricité)**

**L'usine chimique Solvay de Tavaux livre des produits bruts.**

# Industrie

chlorure de sodium



sodium + chlore

*par électrolyse*

sodium → soude avec production d'hydrogène

soude : base forte utilisée pour la fabrication de produits d'entretien (savons, lessives), pour la production de certaines fibres textiles, pour le traitement de minerais en sidérurgie (aluminium).



- soude :
- chlorate de sodium (blanchiment de la pâte à papier)
  - carbonate de sodium (fondant industriel en verrerie)
  - bicarbonate de sodium (alimentation, pharmacie, traitement des fumées, poudres extinctrices)



hydrogène → produits peroxydés (riches en oxygène : ex H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

→ nouveau débouché : les piles à combustible.

# Industrie

Solvay – Usine de Tavaux :

**Solvay produit de l'hydrogène en fabriquant de la soude à partir du sodium du sel.**

**En utilisant l'hydrogène, des recherches sur les piles à combustible sont entreprises dans l'usine en 2012 avec des véhicules électriques expérimentaux (non encore homologués pour les voies publiques) afin de :**

- doubler l'autonomie,
- diminuer les coûts,
- augmenter la sécurité,
- ...

## **Innovation** Le groupe va expérimenter à Tavaux des véhicules utilitaires électriques alimentés à l'hydrogène **Solvay rêve de pile à combustible**

ER : Dimanche 2 octobre 2011

**Dole.** Lorsque Solvay nous fait savoir que, dans six mois, deux Kangoo Maxi ZE Renault à châssis long sillonneront son site de production de Tavaux, l'information paraît d'abord banale, l'heure étant effectivement à la mise en place de flottes électriques d'entreprises. Quand le groupe ajoute qu'il s'agit d'une « première » car ces véhicules seront alimentés par des piles à combustible, qu'il faudra donc imaginer de nouveaux modes de stockage de l'hydrogène embarqué et de gestion électronique sans nuire à la capacité utilitaire des fourgonnettes, elle devient intéressante. L'annonce de la volonté de la direction de l'usine, derrière cette expérimentation, de faire de la Franche-Comté une « région relais » pour l'approvisionnement futur des transports alimentés par cette énergie propre, entre le nord et le sud de la France, la rend passionnante.

### « Fortes contraintes »

Dominique Lecroc, coordinateur de la recherche et de l'innovation à Tavaux, pilote l'opération chez Solvay qui a passé la commande. Renault Tech, une filiale du constructeur automobile spécialisée dans la transformation de petites séries, s'occupera de l'aménagement interne des véhicules, prélevés sur les chaînes de Maubeuge, pour y installer les piles à combustible et les réservoirs conçus par Symbio FCell. Enfin, Solvicore, joint-venture créée par Solvay et la société belge Umicore pour produire des assemblages de membranes



■ L'objectif de Solvay : doubler l'autonomie de l'utilitaire électrique Kangoo Maxi ZE.

Document RENAULT

classiques équipant ces véhicules et de doubler ainsi leur autonomie, hissée à 350 km environ. À Tavaux, ces prototypes ne quitteront pas l'enceinte du site, puisqu'ils n'auront pas d'homologation voie publique. Ils y seront affectés à des tournées. « L'idée est de les soumettre à de fortes contraintes, sur des postes difficiles, avec beaucoup d'arrêts et de redémarrages », confirme Dominique

tion sur routes ouvertes.

Ce projet environnemental, inscrit dans le plan de recherche et développement de Solvay, a pour but de mettre assez rapidement sur le marché de tels « utilitaires » à autonomie augmentée.

### Débouché commercial

Le créneau paraît modeste, mais ses initiateurs le jugent prometteur à moyen terme car « le transport non-pol-

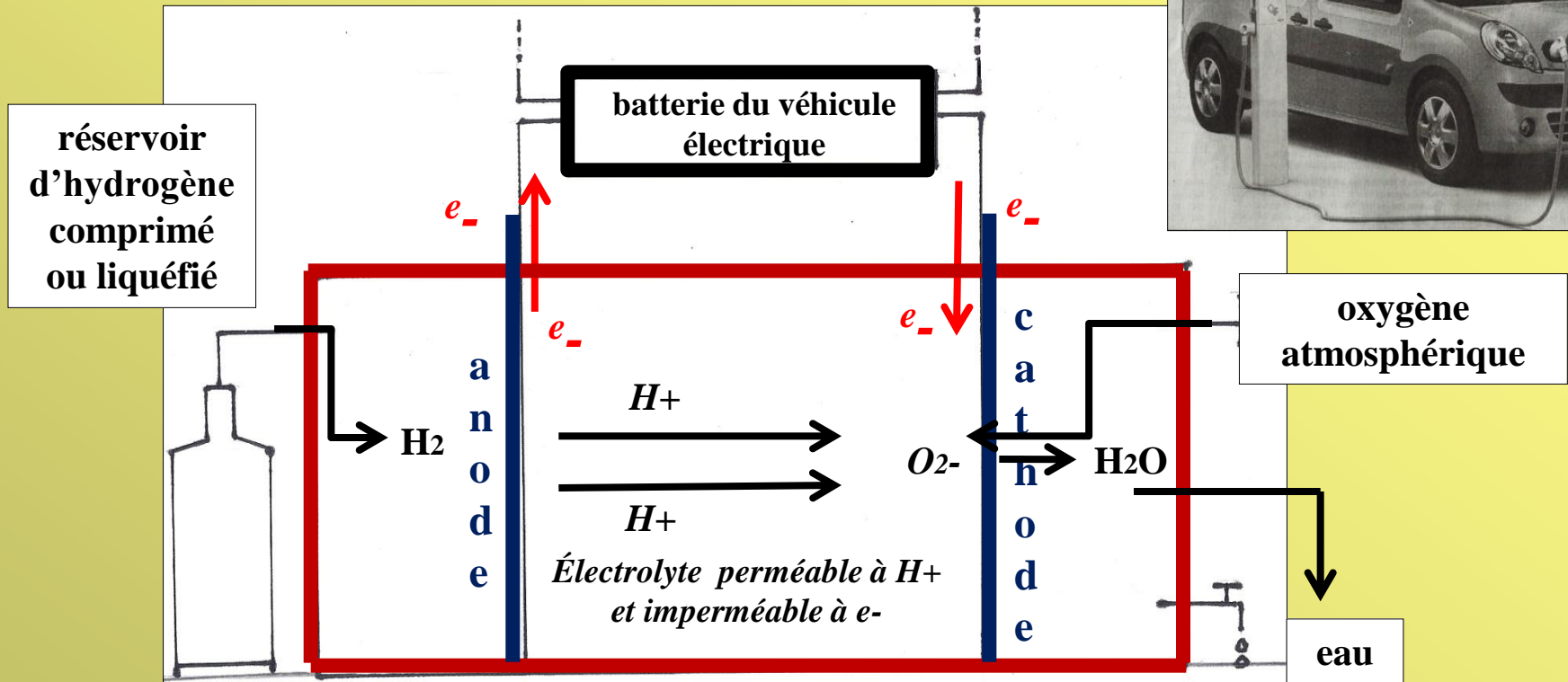
péen sait aussi y trouver un débouché commercial, puisqu'il produit de l'hydrogène.

Ces fourgonnettes étant vouées à circuler sur le réseau ouvert, la Franche-Comté pourrait devenir un « laboratoire » européen, si l'on en croit le coordinateur de la recherche et de l'innovation de l'usine, engagé dans d'autres projets en partenariat avec le Pôle de com-

die », note Dominique Lecroc. « Si on veut les relier, et que naissent de véritables flottes de véhicules, ceux-ci devront emprunter soit les infrastructures suisses, soit la vallée du Doubs. A mi-parcours, des sites de réapprovisionnement en hydrogène leur seront indispensables ».

Alors, plutôt que d'apporter par camions de quoi ravitailler ces futurs utilisateurs, ce qui serait un non-sens

# Industrie : Pile à combustible pour voitures électriques

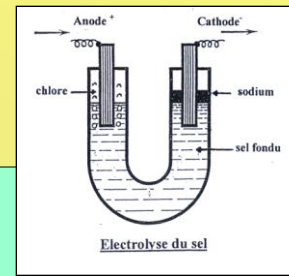


- Oxydation d'hydrogène (perte d'électrons) à l'anode :  $H_2 \Rightarrow 2 H^+ \text{ et } 2 e^- \rightarrow$  courant continu pour l'alimentation permanente des batteries des véhicules.
- Réduction d'oxygène (gain d'électrons) à la cathode :  $O_2 \text{ et } 4 e^- \Rightarrow 2 O_2^-$  puis  $2 O_2^- + 4 H^+ \Rightarrow 2 H_2O$

Des essais sont mis en œuvre avec différents types d'électrodes, de catalyseurs, d'électrolytes.

# Industrie

chlorure de sodium



chlore + sodium

*par électrolyse*

chlore → dérivés chloro-fluorés (HFA = hydrofluoroalcanes remplaçant les CFC soupçonnés de détruire la couche d'ozone)

+ soude → eau de javel (purification, désinfection, blanchiment)

+ hydrogène → acide chlorhydrique (acide fort)

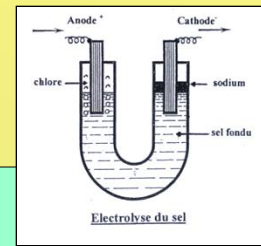
+ méthane → chlorométhane (solvant),  
épichlorhydrine (peintures et résines  
époxy : skis, bateaux, colles), chloroforme  
(médecine), glycérine (pharmacie,  
alimentation)

+ éthylène → trichloréthylène



# Industrie

chlorure de sodium



chlore + sodium

*par électrolyse*

Éthylène + chlore → polymère de vinyle

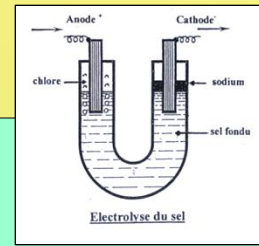
PVC → (souple ou rigide) revêtements de sol, papiers peints, bouteilles plastiques, canalisations PVC, jouets, articles de sport, articles de voyage, articles de toilettes, vêtements, chaussures, meubles, pièces de machines, pièces pour l'automobile, l'aéronautique et la navigation, profilés pour le bâtiment, gainage des fils électriques.



PVC : polychlorures de vinyle

# Industrie

chlorure de sodium



chlore + sodium

*par électrolyse*

Éthylène + chlore → polymère de vinyle

PVDC → emballages (conditionnement des aliments) car imperméable à la vapeur, aux gaz, aux odeurs, aux huiles, aux graisses.

PVDF avec également du fluor → pièces exposées à des milieux agressifs (tubes, vannes, réservoirs, pompes) car haute résistance à la corrosion et au feu.

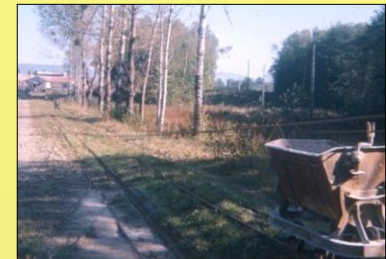
PVDF : polyfluorures de vinylidène



PVDC : polychlorures de vinylidène

Utilisation industrielle directe du sel : aciéries, tanneries, teintureries, ...

# Et l'utilisation ... d'autres roches salines ?

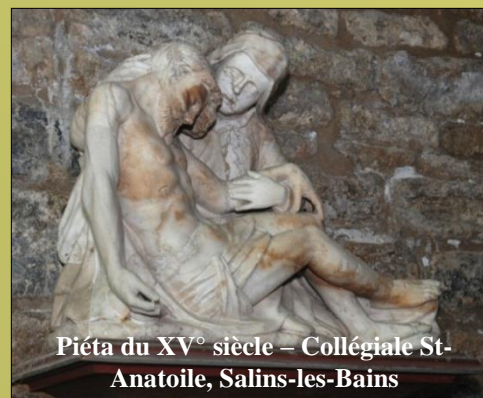


**gypse** = sulfate de calcium hydraté : par chauffage il donne du plâtre :

- mélangé à des fibres de bois => panneaux,
- recouvert de carton => plaques de plâtre.

**albâtre** = marbre : utilisé en sculpture car son poli est très fin - 2 variétés :

- dominante de carbonate de calcium et de carbonate de magnésium → roche blanche dure avec des ondulations jaune-miel plus ou moins foncées,
- dominante de sulfate de calcium → roche blanche, tendre et fragile.



**.....** et autres roches salines.

