



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Bordeaux  
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## MÉTIERS DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT

### Sous-épreuve : chimie - biologie

**U21**

**SESSION 2015**

\_\_\_\_\_

Durée : 2 heures 30 minutes

Coefficient : 2,5

\_\_\_\_\_

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n° 99-186, 16/11/1999).

Dossier documentaire :

**Document 1 :** *Legionella pneumophila*

**Document 2 :** Fiche toxicologique de l'hydroxyde de sodium et solutions aqueuses.  
(extrait INRS)

**Document 3 :** Protocole expérimental de KIWA Réf.KWR 02.090 (Février 2003)

**Document 4 :** Compatibilité entre les produits de nettoyage et de désinfection et les matériaux constitutifs des installations d'eau chaude sanitaire

**Annexe 1 :** à rendre avec la copie, page 10/10) : Le biofilm

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.

<b>BTS MÉTIERS DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT</b>		Session 2015
Étude scientifique et technologique	Code : MSE2CHB	Page 1 / 10

## Présence de légionelles dans un centre de balnéothérapie

Un audit qualité, réalisé dans le centre de balnéothérapie, a révélé des problèmes de prolifération bactérienne.

Les résultats ont conduit le centre à suspendre son activité pour effectuer une désinfection du réseau d'eau chaude sanitaire. Le dénombrement des légionelles a révélé plus de 1000 UFC (Unités Formant Colonie) par millilitre au niveau des hydrojets et des bains à remous.

Vous êtes technicien hygiène de ce centre. Vos principales missions sont :

- le suivi et le contrôle réguliers de l'air, des surfaces et des eaux ;
- la prévention des risques au sein de l'établissement ;
- la gestion des équipes de l'entretien des locaux ;
- l'information et la formation du personnel sur les risques liés à l'activité.

### 1. Mission de formation (14 points)

Suite à cet audit, vous souhaitez former votre personnel sur les risques de développement des légionelles dans le circuit d'eau chaude.

Vous élaborez un document de travail, à votre intention, préparatoire à la formation, dans lequel apparaîtront les notions suivantes :

- la pathologie humaine causée par *Legionella pneumophila* (*L. pneumophila*) et son mode de transmission à l'Homme ;
- la notion de pathogène opportuniste ;
- les différents réservoirs des légionelles, pour mettre en place des moyens de prévention ;
- la représentation, sous forme d'un graphe, de la courbe de croissance de la bactérie en fonction de la température ;
- les paramètres sur lesquels il est possible d'agir pour limiter la croissance de la bactérie dans le centre de balnéothérapie ;
- les éléments d'une chaîne de transmission, sous forme d'un schéma annoté, appliquée à la situation professionnelle de contamination par des légionelles.

#### 1.1 Préparer le document préparatoire à la formation des personnels.

<b>BTS MÉTIERS DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT</b>		Session 2015
Étude scientifique et technologique	Code : MSE2CHB	Page 2 / 10

L'action de formation portera également sur les conditions d'apparition d'un biofilm dans les canalisations et par conséquent sur les moyens de limiter la prolifération de *Legionella pneumophila* au sein de l'établissement.

Vous construisez un document à destination du personnel (annexe 1 à rendre avec la copie) qui expliquera :

- le processus de formation d'un biofilm ;
- les paramètres favorisant la formation d'un biofilm dans le réseau ;
- les moyens de prévention possibles pour limiter ce biofilm et/ou la prolifération de ces bactéries.

### 1.2. Élaborer ce document relatif à la formation d'un biofilm.

Les cumulus d'eau chaude peuvent être le siège de la prolifération de *L.pneumophila*. Un des facteurs la favorisant est la présence de dépôt de tartre.

Le tartre correspond à la formation de carbonate de calcium solide à partir des ions calcium  $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$  et des ions carbonate  $\text{CO}_3^{2-}_{(aq)}$  contenus dans l'eau. La solubilité du carbonate de calcium variant en fonction de la température, on s'intéresse à la possibilité de formation de tartre dans un cumulus selon la température de l'eau qu'il contient.

Vous cherchez à comprendre la formation de tartre en lien avec la prolifération bactérienne.

### 1.3 Écrire l'équation de la réaction de formation du carbonate de calcium dans le cumulus.

La solubilité du carbonate de calcium est  $s = 1,5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$  à la température ambiante de 25 °C.

### 1.4 Exprimer la solubilité du carbonate de calcium en $\text{mg.L}^{-1}$ . Justifier la réponse par le calcul.

Données : masses molaires atomiques en  $\text{g.mol}^{-1}$  C : 12 ; O : 16 ; Ca : 40

Un cumulus d'eau chaude cylindrique de volume  $V = 126 \text{ L}$  contient l'équivalent de  $12 \text{ mg.L}^{-1}$  en soluté de carbonate de calcium.

### 1.5 Observe-t-on la formation de tartre dans ce cumulus lorsque la température de l'eau est de 25 °C ?

Justifier la réponse en définissant notamment la solubilité d'une espèce.

L'eau du cumulus est maintenant chauffée à 45 °C.

### 1.6 La prolifération de *L.pneumophila* est-elle favorisée, sachant que la solubilité du carbonate de calcium devient alors inférieure à $10 \text{ mg.L}^{-1}$ ?

## 2. Maintenance des canalisations (4,5 points)

Dans le cadre des opérations de maintenance des canalisations en polyéthylène réticulé (PER), on utilise l'acide nitrique, qui est un acide fort de formule  $\text{HNO}_3$ .

**2.1** Le polyéthylène réticulé est formé à partir d'éthylène de formule  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ . Écrire l'équation de la réaction de polymérisation conduisant au polyéthylène. Indiquer s'il s'agit d'une polyaddition ou d'une polycondensation.

**2.2** Écrire l'équation de la réaction entre l'acide nitrique et l'eau. Justifier le caractère « acide » de l'acide nitrique.

Après le nettoyage de la canalisation, l'acidité doit être neutralisée par l'ajout de soude afin que le pH de la solution soit égal à 7. La soude est une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de formule  $(\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})})$ .

Pour cette neutralisation, on utilise une solution commerciale de soude de densité  $d = 1,23$  et de pourcentage massique en NaOH égal à 20 %.

**2.3** Montrer que la concentration molaire de la solution commerciale de soude a une valeur approximativement égale à  $6 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Données : masses molaires atomiques en  $\text{g.mol}^{-1}$  H : 1 ; O : 16 ; Na : 23

Afin de préparer en laboratoire une solution de soude équivalente à la solution commerciale utilisée, le personnel de maintenance dispose de pastilles de soude et de sa fiche toxicologique.

**2.4** Indiquer le mode opératoire pour préparer un litre de solution.

**2.5** Identifier les précautions à prendre lors de cette préparation.

**2.6** Écrire l'équation de neutralisation de l'acide nitrique par la soude.

## 3. Optimisation de l'installation (1,5 points)

Tous les paramètres identifiés précédemment, favorables à la multiplication des bactéries, ont été maîtrisés. Les dernières analyses microbiologiques montrent cependant à nouveau une présence de *L.pneumophila*.

**3.1** Identifier l'origine de cette nouvelle prolifération.

**3.2** Proposer une solution correctrice et, si nécessaire, de nouveaux produits de nettoyage et de désinfection.

<b>BTS MÉTIERS DES SERVICES À L'ENVIRONNEMENT</b>		Session 2015
Étude scientifique et technologique	Code : MSE2CHB	Page 4 / 10

## Document 1 : *Legionella pneumophila*

Les légionelles sont des bactéries d'origine hydro-tellurique.

Ces bacilles à Gram négatif sont :

- aérobies stricts ;
- mobiles ;
- non sporulés;
- non capsulés ;
- auxotrophes vis-à-vis de la cystéine.

Ils présentent :

- un optimum de croissance compris entre 20 °C et 45 °C ;
- une taille de 0,3 à 0,9 µm de large et 2 à 20 µm de long.

De plus, ils peuvent être des parasites intracellulaires de certains protozoaires (amibes).

*Legionella pneumophila* est une bactérie pathogène opportuniste pouvant causer des infections chez l'Homme.

La transmission s'effectue par l'inhalation d'aérosols de microgouttelettes (< 5 µm) émises par l'installation d'eau chaude sanitaire colonisée par l'agent pathogène.

D'après : <http://www.microbes-edu.org/etudiant/Legionella/legion.html>

## Document 2 : Fiche toxicologique (extrait INRS)

# Hydroxyde de sodium et solutions aqueuses

Fiche établie par les services techniques et médicaux de l'INRS (N. Bonnard, M.-T. Brondeau, D. Jargot, B. La Rocca, N. Nikolova-Pavageau)

### CARACTÉRISTIQUES

#### UTILISATIONS

L'hydroxyde de sodium est utilisé dans des domaines industriels variés :

- Fabrication de composés minéraux et organiques ;
- Industrie de la pâte à papier et du papier (production, blanchiment, traitements des eaux...);
- Industrie métallurgique, industrie de l'aluminium (production de l'aluminium et autres métaux à partir des minerais, traitements de surface...);
- Industrie alimentaire (nettoyage des bouteilles, matériels et équipements, pelage de fruits et légumes...);
- Traitement de l'eau (régulation du pH, régénération des résines échangeuses d'ions, élimination des métaux lourds...);
- Industrie textile (fabrication de textiles cellulosiques...);
- Fabrication de savons, détergents, traitement du caoutchouc, industrie pétrolière, industrie du verre, industrie pharmaceutique, médecine vétérinaire....

Les principaux produits renfermant de la soude utilisés par le grand public sont les décapants pour four et les déboucheurs de canalisation d'eau.


**NaOH**

**Numéro CAS**  
1310-73-2

**Numéro CE**  
215-185-5

**Numéro Index**  
011-002-00-6

**Synonyme**  
Soude caustique



**HYDROXYDE DE SODIUM**

**DANGER**

H 314 – Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves.

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement (CE) n° 1272/2008.

215-185-5

*Selon le règlement CLP.*

#### PROPRIÉTÉS CHIMIQUES

L'hydroxyde de sodium est un produit très hygroscopique qui absorbe rapidement l'humidité de l'air et, en même temps, fixe le dioxyde de carbone avec lequel il forme du carbonate de sodium.

La dissolution de l'hydroxyde de sodium dans l'eau s'accompagne d'une libération très importante de chaleur, la réaction peut être violente. Les solutions aqueuses libèrent également de la chaleur lorsqu'elles sont diluées : une solution à 40 % ou plus d'hydroxyde de sodium génère, lors de sa dilution dans l'eau, une grande quantité de chaleur portant la température au-delà du point de fusion, ce qui peut conduire à des projections sporadiques et incontrôlées de liquide corrosif. Des recommandations sont préconisées pour les opérations de dissolution ou de dilution (voir chapitre Recommandations).

L'hydroxyde de sodium est une base forte dont les solutions aqueuses, très alcalines, réagissent vigoureusement avec les acides.

### Document 3 :

#### Protocole expérimental de KIWA Réf.KWR 02.090 (Février 2003)

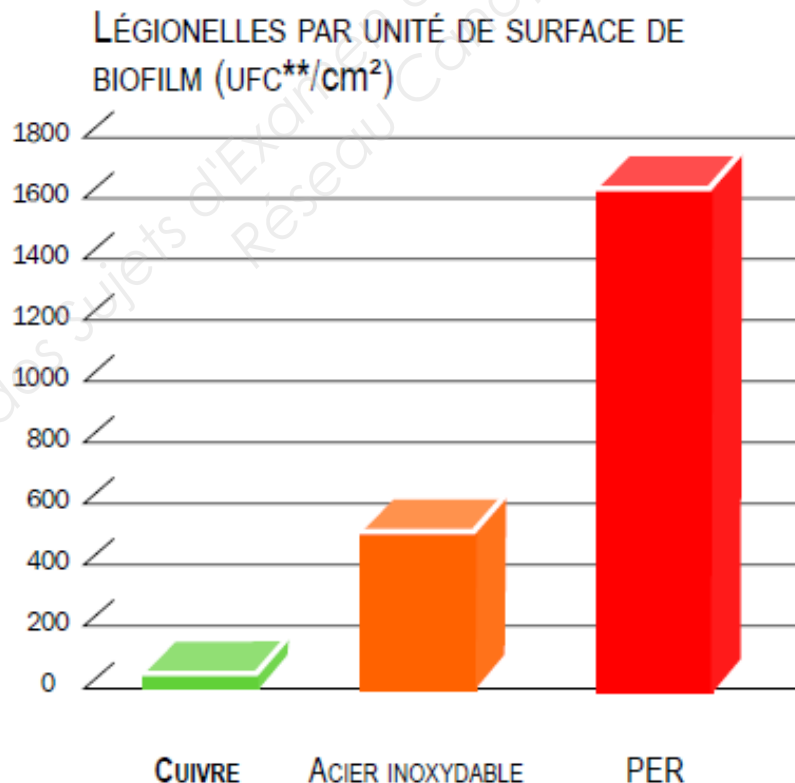
(KIWA = organisme de certification néerlandais)

L'étude a permis de comparer trois matériaux de canalisation : l'acier inoxydable, le polyéthylène réticulé (PER) et le cuivre.

La méthodologie de l'étude de KIWA est inédite à deux égards :

- un réseau d'eau a été simulé, incluant la circulation et l'usage de l'eau. Pour chacun des matériaux, le dispositif a été conçu avec 5 mètres de canalisations installées en boucle et reliées à un chauffe-eau en acier émaillé. L'eau est maintenue dans le réseau à une température voisine de 37°C, particulièrement propice au développement des bactéries. Au cours d'une journée d'utilisation typique, 81 litres sont puisés ;
- l'utilisation a eu lieu sur une longue période. Des Légionelles ont été introduites dans le système et une étude dynamique a été entreprise pendant un an et demi.

#### La quantité de légionelles dans le biofilm



\*\* UFC = Unité Formant Colonie

[www.cuivre.org](http://www.cuivre.org)



## Document 4 (1/2)

### Compatibilité entre les produits de nettoyage et les matériaux constitutifs des installations d'eau chaude sanitaire

Produits	Produits actifs de nettoyage				Produits alcalins de neutralisation					
	Acide chlorhydrique HCl	Acide nitrique HNO <sub>3</sub>	Acide citrique HOC(CH <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H)CO <sub>2</sub> H avec de l'acide chlorhydrique	Acide sulfamique NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H	Hydroxyde de sodium NaOH	Hydroxyde de potassium KOH	Carbonate de sodium Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Polyphosphates alcalins	Orthophosphates alcalins	Silicates de sodium et de potassium
Ballons										
Résine organique	?	?	?	O	?	?	O	O	O	O
Mortier ciment adjuvanté	N	N	N	N	O	O	O	O	O	O
Email	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Acier galvanisé	O	N	O	O	N	N	O	O	O	O
Conduites										
Acier galvanisé	O	N	O	O	N	N	O	O	O	O
Cuivre	O	N	O	O	O	O	O	O	O	O
Inox	N	O	N	O	O	O	O	O	O	O
Polyéthylène réticulé	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
<b>O</b> – Compatible <b>M</b> – Mauvais comportement aux chocs répétés <b>N</b> – Incompatible <b>?</b> La compatibilité est fonction du produit, à demander au fabricant.										

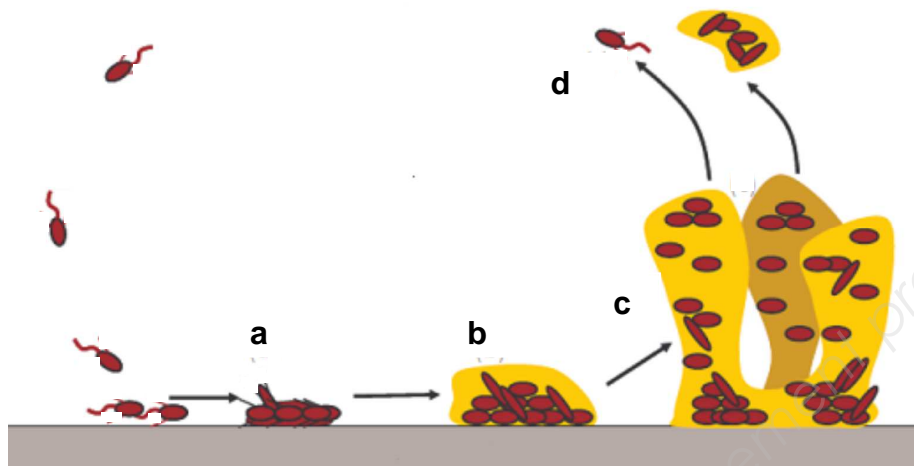
## Document 4 (2/2)

### Compatibilité entre les produits de désinfection et les matériaux constitutifs des installations d'eau chaude sanitaire

Produits	Produits alcalins de neutralisation								
	Produits de désinfection utilisables en traitement continu		Désinfection en traitement continu	Produits de désinfection utilisables en traitement discontinu ou en traitement choc curatif					Désinfection en traitement choc curatif
	Composés chlorés générant des hypochlorites	Dioxyde de chlore	Température	Composés chlorés générant des hypochlorites	Dichloro-isocyanurate	Peroxyde d'hydrogène mélangé avec de l'argent	Acide peracétique avec du peroxyde d'hydrogène	Soude	Choc thermique
<b>Ballons</b>									
Résine organique	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	?	?	?	?
Mortier ciment adjuvanté	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Email	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>N</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Acier galvanisé	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>&lt; 60 °C</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>N</b>
<b>Conduites</b>									
Acier galvanisé	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>&lt; 60 °C</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>N</b>
Cuivre	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Inox	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Polyéthylène réticulé	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>&lt; 70 °C</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>0</b> – Compatible <b>M</b> – Mauvais comportement aux chocs répétés <b>N</b> – Incompatible <b>?</b> La compatibilité est fonction du produit, à demander au fabricant.									

## Annexe 1 à rendre avec la copie

### Formation du biofilm



a

c

b

d

### Paramètres favorisant la formation du biofilm

**Moyens de prévention possibles pour limiter ce biofilm et/ou la prolifération de ces bactéries**