



GUIDE DE FORMATION

Guide de formation à la gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

Réalisé par Climespace - Michèle Merchat

Ce guide a été réalisé pour le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable



Module 2

Maîtrise de la gestion du risque de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

Partie 1: Les pathologies des réseaux

Partie 2: Facteurs de risque de prolifération et moyens de lutte

Partie 3: Identification et gestion des facteurs de risques

Partie 4: Surveillance & méthodes d'analyses

Partie 1

Pathologies des réseaux

Dépôts incrustants

Dépôts non incrustants

Dégradation/corrosion

Biofilm

Quelques constituants de l'eau

ELEMENTS	NATURE DES ELEMENTS																								
Matières en suspension (M.E.S.)	Sables, argiles, boues, matières organiques & colloïdales																								
Matières organiques en solution ou colloïdales	Tourbe, déchets végétaux, acides organiques, déchets métaboliques,																								
Sels dissous	<table border="0"> <tr> <td><u>Cations :</u></td> <td></td> <td><u>Anions :</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Calcium</td> <td>Ca²⁺</td> <td>Bicarbonates</td> <td>HCO₃⁻</td> </tr> <tr> <td>Magnésium</td> <td>Mg²⁺</td> <td>Chlorures</td> <td>Cl⁻</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>Na⁺</td> <td>Sulfates</td> <td>SO₄²⁻</td> </tr> <tr> <td>Potassium</td> <td>K⁺</td> <td>Nitrates</td> <td>NO₃⁻</td> </tr> <tr> <td>etc...</td> <td></td> <td>etc...</td> <td></td> </tr> </table>	<u>Cations :</u>		<u>Anions :</u>		Calcium	Ca ²⁺	Bicarbonates	HCO ₃ ⁻	Magnésium	Mg ²⁺	Chlorures	Cl ⁻	Sodium	Na ⁺	Sulfates	SO ₄ ²⁻	Potassium	K ⁺	Nitrates	NO ₃ ⁻	etc...		etc...	
<u>Cations :</u>		<u>Anions :</u>																							
Calcium	Ca ²⁺	Bicarbonates	HCO ₃ ⁻																						
Magnésium	Mg ²⁺	Chlorures	Cl ⁻																						
Sodium	Na ⁺	Sulfates	SO ₄ ²⁻																						
Potassium	K ⁺	Nitrates	NO ₃ ⁻																						
etc...		etc...																							
Micro-organismes	Algues, bactéries, protozoaires, champignons																								

L'eau dans l'installation

La qualité de l'eau du circuit dépend:

- des traitements chimiques
- de la gestion du bilan hydrique (purges/appoints)

Le maintien de l'état des installations et, de leur efficacité, nécessite qu'un équilibre de l'eau soit maintenu pour éviter différentes « pathologies » des réseaux :

- les dépôts incrustants
- les dépôts non incrustants
- les dégradations et la corrosion
- les dépôts biologiques ou biofilm

Dépôts minéraux incrustants

Entartrage

Précipitation de sels (carbonates, sulfates, silicates de Calcium)
→ Formation de **dépôts solides, incrustants** et souvent **poreux**

Conditions:

- quand la température ↗
- quand la concentration en sel ↗

Paramètres principaux déterminant le caractère entartrant de l'eau:

- le pH
- le TH (calcium + magnésium)
- le TAC (teneur en bicarbonates)
- la teneur en sulfates de calcium et en silice
- la conductivité
- la température

Dépôts non incrustants

Embouage

- ✧ Dépôt de **matières en suspension** véhiculées par l'eau
- ✧ **Formation de Fer ferrique insoluble** à partir du fer dissous en présence d'oxygène.
 - ↳ au niveau des températures les plus basses du circuit



Altération de l'état des surfaces

Surfaces non métalliques : dégradation

Certains matériaux se dégradent au contact de l'eau:

✧ **Bois dans les tours**

↳ détérioration par agressions chimiques, biologiques et physiques.

✧ **Béton des bassins**

↳ dissolution du carbonate de calcium selon la qualité de l'eau

↳ augmentation du TH dans l'eau du circuit → risque d'entartrage

Altération de l'état des surfaces

Surfaces métalliques: la corrosion physique

✧ Corrosion par érosion

Passage à grande vitesse d'eau chargée de matières en suspension

✧ Corrosion par cavitation

Théorème de Bernoulli : « une variation de vitesse dans une canalisation conduit à altitude constante à une variation de pression »

Les modifications locales de la pression entraînent:

→ la vaporisation localement de l'eau

→ les bulles de vapeur produites créent une onde de choc

→ le métal à proximité est arraché lorsqu'elles se recondensent.

Concerne:

→ les pompes

→ les modification trop brusques de section d'écoulement

Altération de l'état des surfaces

Altération des surfaces métalliques

La corrosion électrochimique (1/2)

La corrosion électrochimique est naturelle:

→ tout métal s'oxyde naturellement car c'est son état le plus stable.

Des différences de structures locales pourront être à l'origine de phénomènes de corrosion :

- ✧ **Irrégularités des alliages:** cas des aciers
- ✧ **Irrégularités dans la structure:** modification d'usinage, après un chauffage (opérations de soudage), inclusions liées à des impuretés.
- ✧ **Dépôts liés au mode de fabrication:** calamine pour les tubes aciers, carbone originaire des huiles utilisées dans la fabrication des tubes cuivre.
- ✧ **Irrégularités liés à des nettoyages** mécaniques trop violents.

Altération de l'état des surfaces

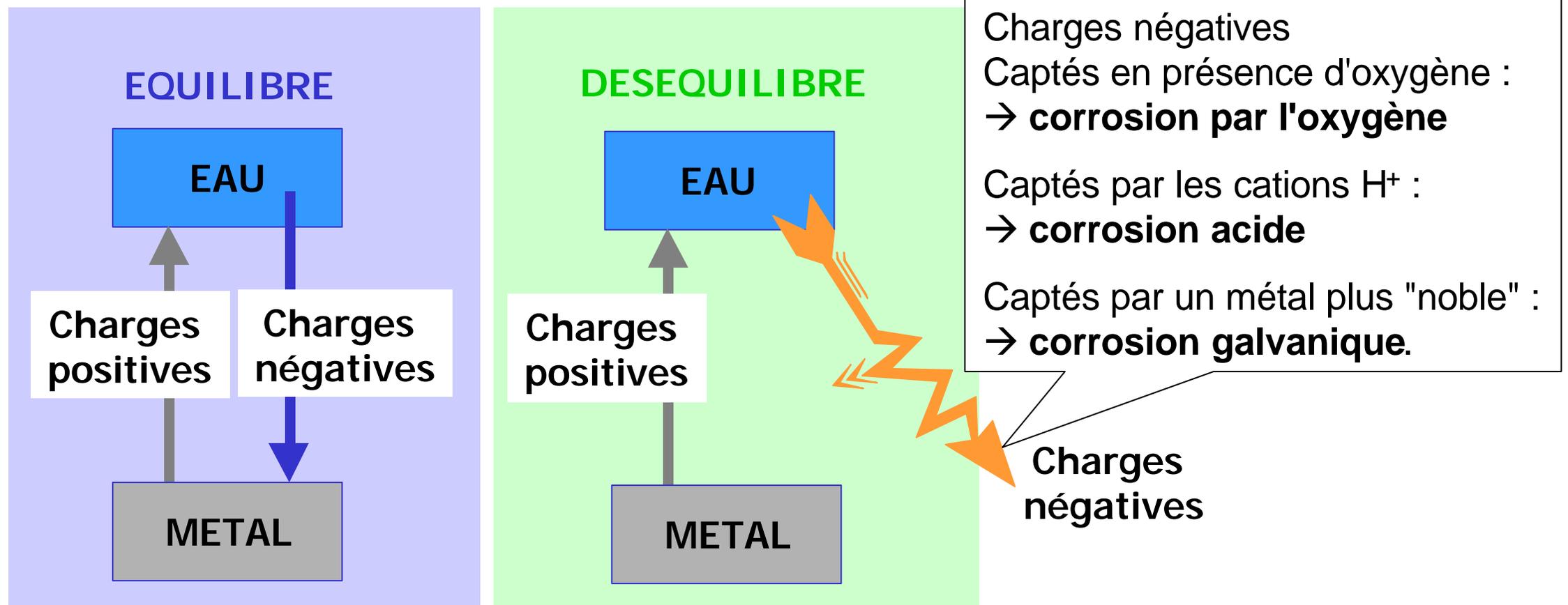
Altération des surfaces métalliques

La corrosion électrochimique (2/2)

Dissolution du métal en présence d'eau

La vitesse de corrosion dépend du métal & de la qualité de l'eau

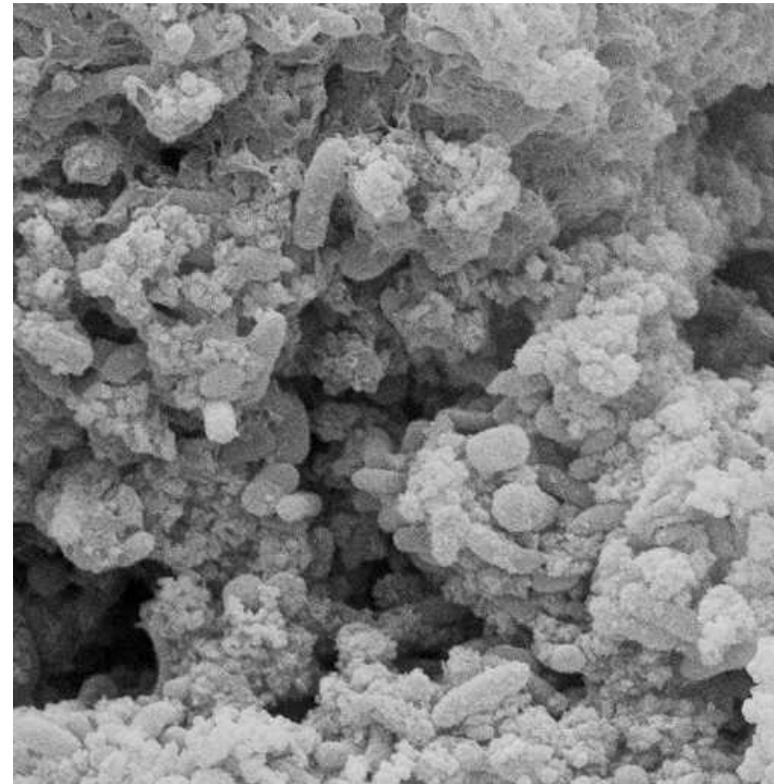
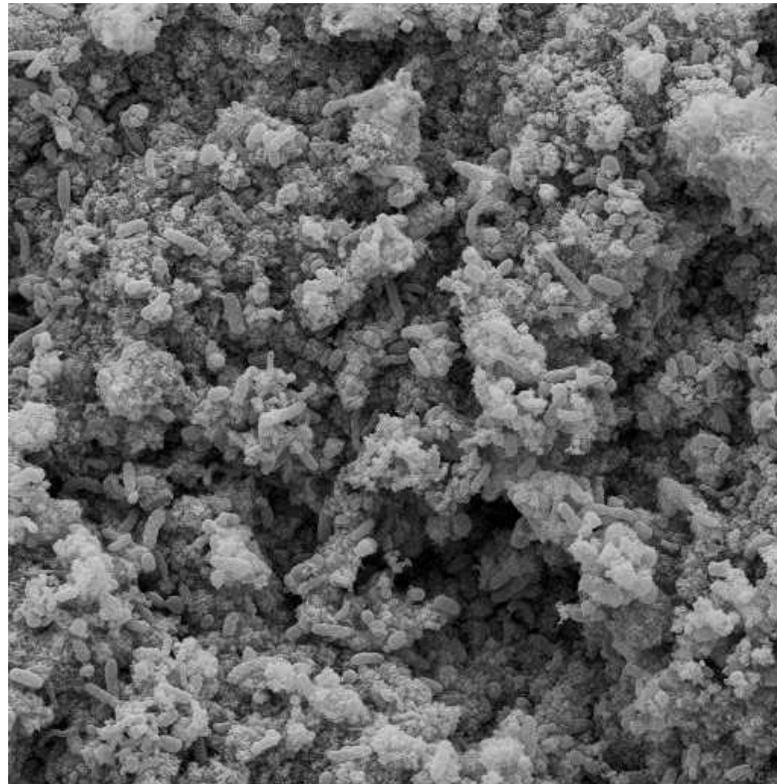
Elle est généralisée (sur une grande surface) ou locale et perforante



Encrassement biologique

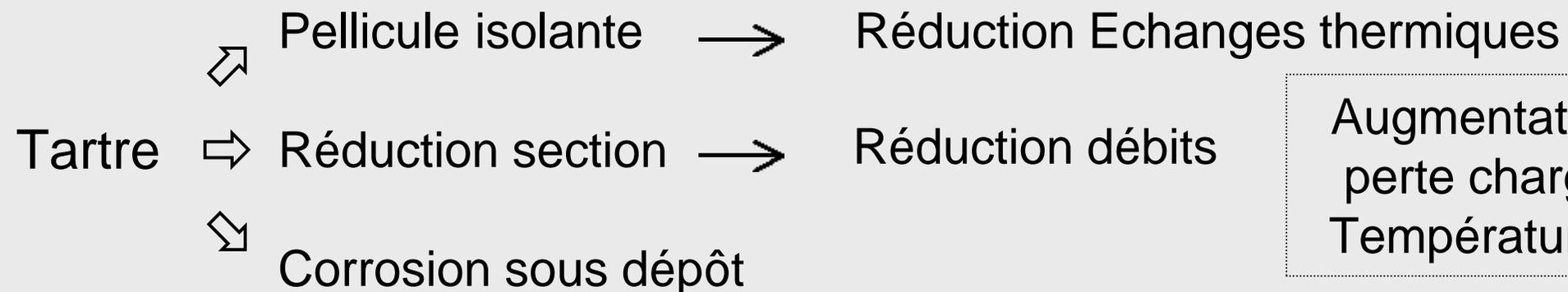
Le biofilm

- ✧ Dépôt, adsorption puis adhésion des micro-organismes au support
- ✧ Piégeage de matières minérales en suspension dans l'eau recirculée
- ✧ Prolifération de micro-organismes exponentielle

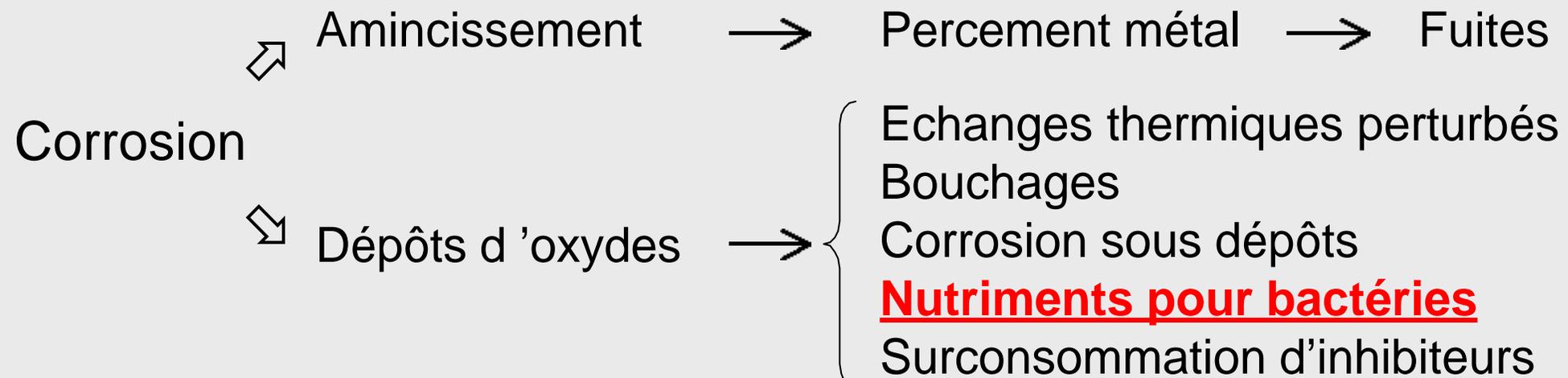


Relation Tartre - Corrosion - Biofilm

Favorise l'adhésion du biofilm à la surface



Augmentation
perte charge
Températures



Encrassement biologique

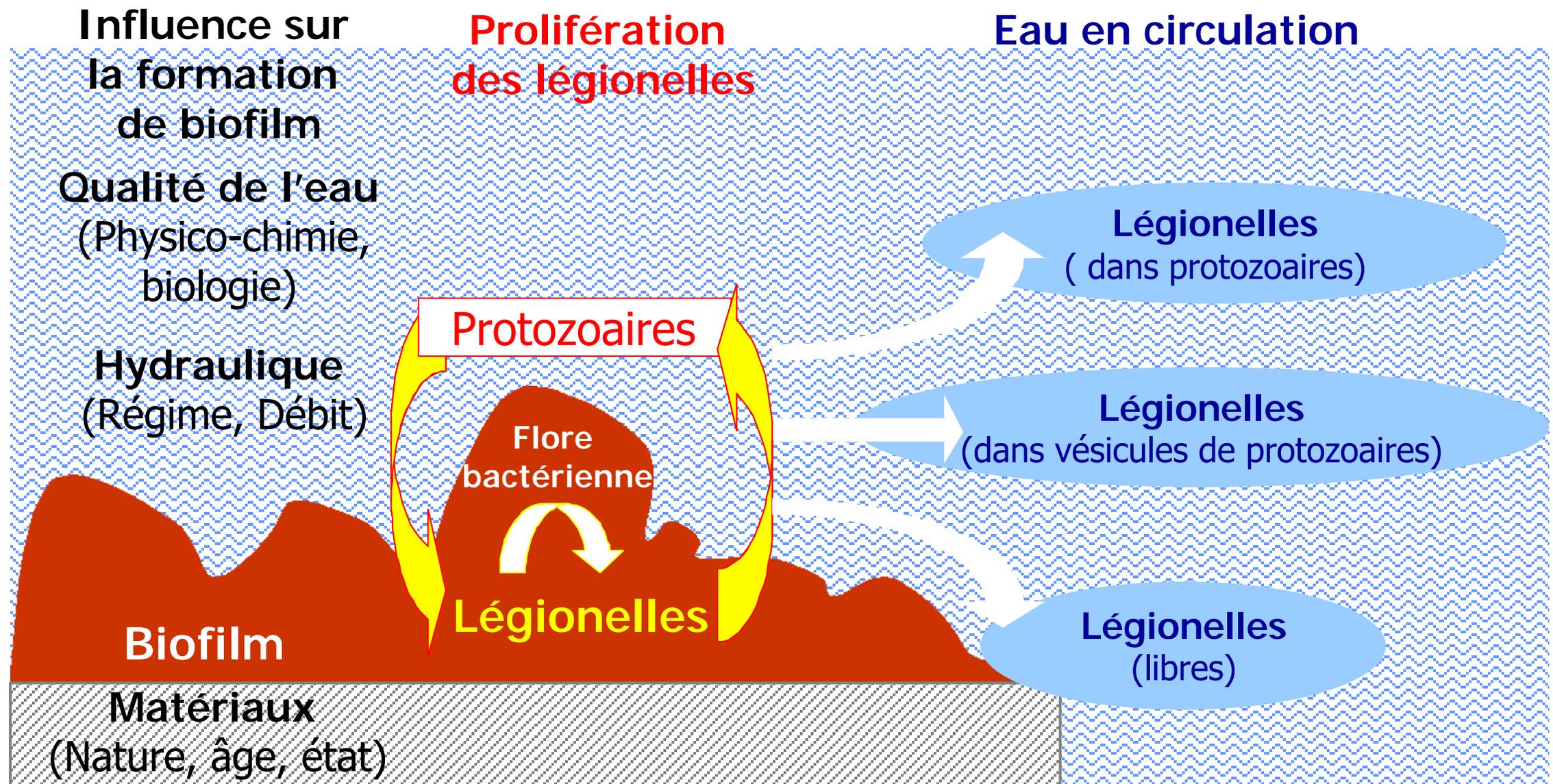
Lutte contre la formation de biofilm

Pour réduire les risques d'encrassement biologique

- ✧ Lutte contre les dépôts incrustants (tartre) & non incrustants (boues)
ET
- ✧ Lutte contre l'altération des matériaux (corrosion et dégradation)
ET
- ✧ Elimination des eaux stagnantes ou à vitesse faible
ET
- ✧ Nettoyage **permanent** de toutes les surfaces en contact avec l'eau
ET
- ✧ Utilisation de biocides pour désinfecter

Rappel

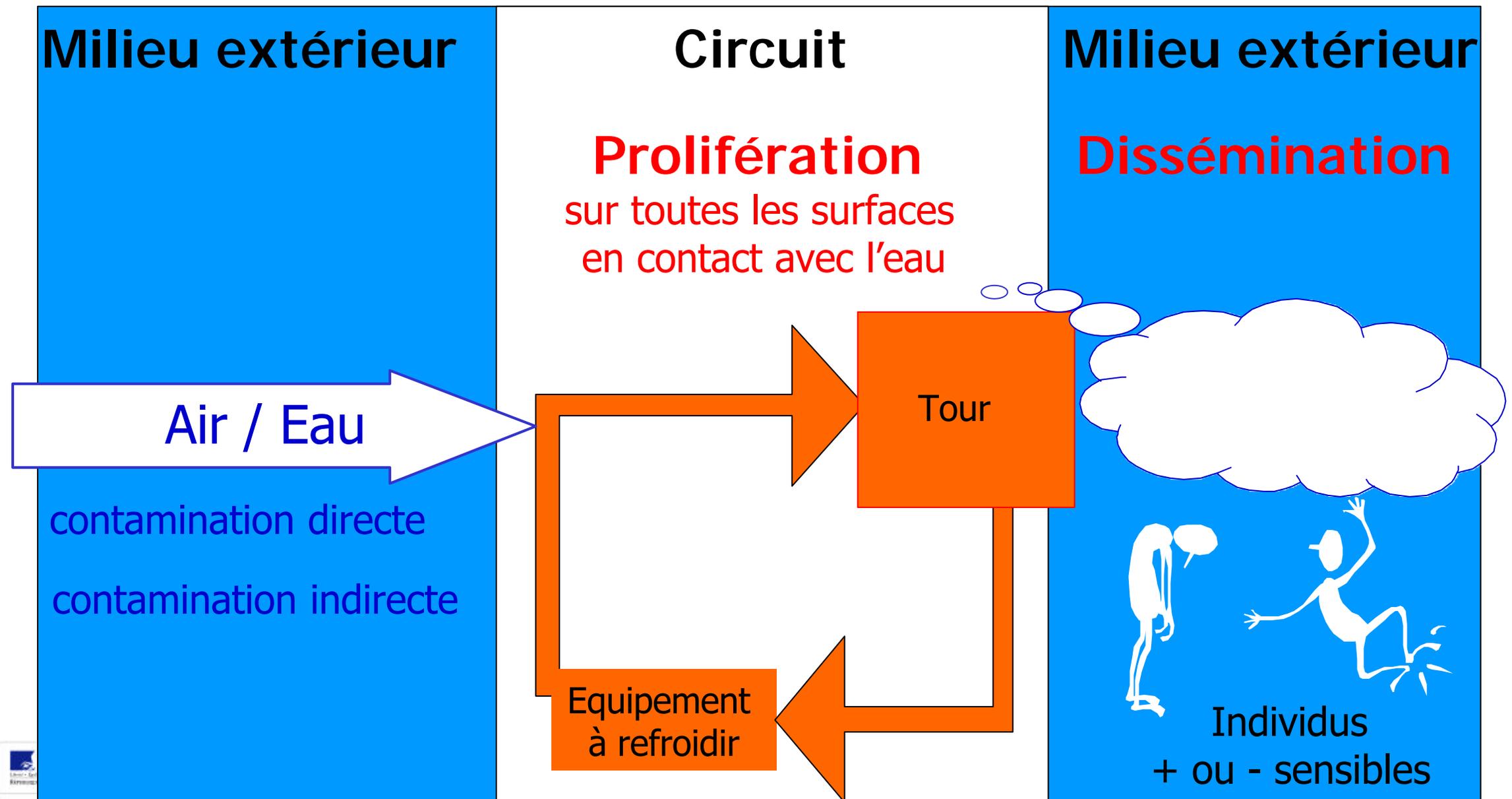
Complexité de l'écosystème



Installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air

Rappel

Localisation des risques



Partie 2

Moyens de lutte & stratégie de traitement

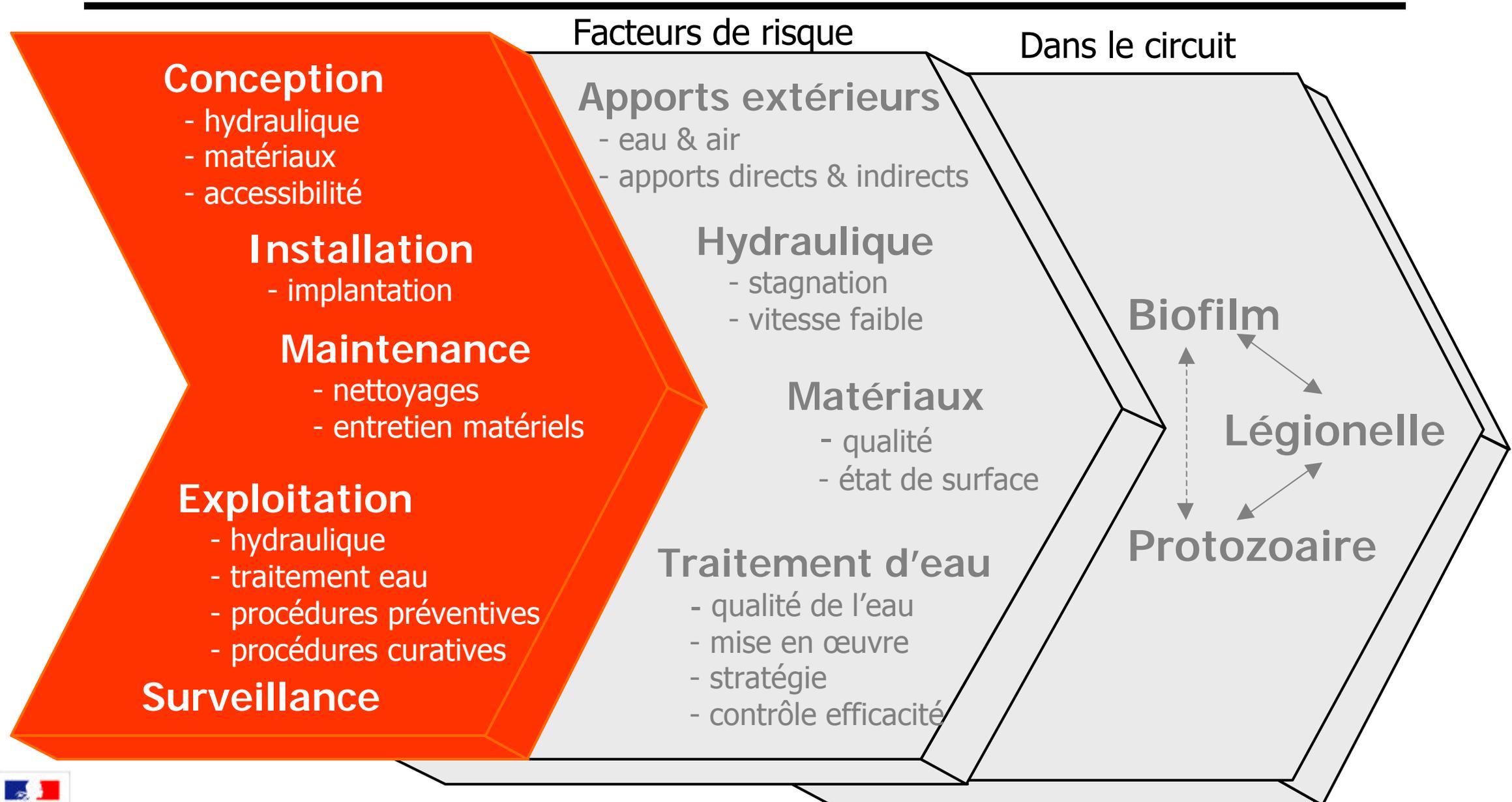
Les domaines d'action

L'eau dans le circuit

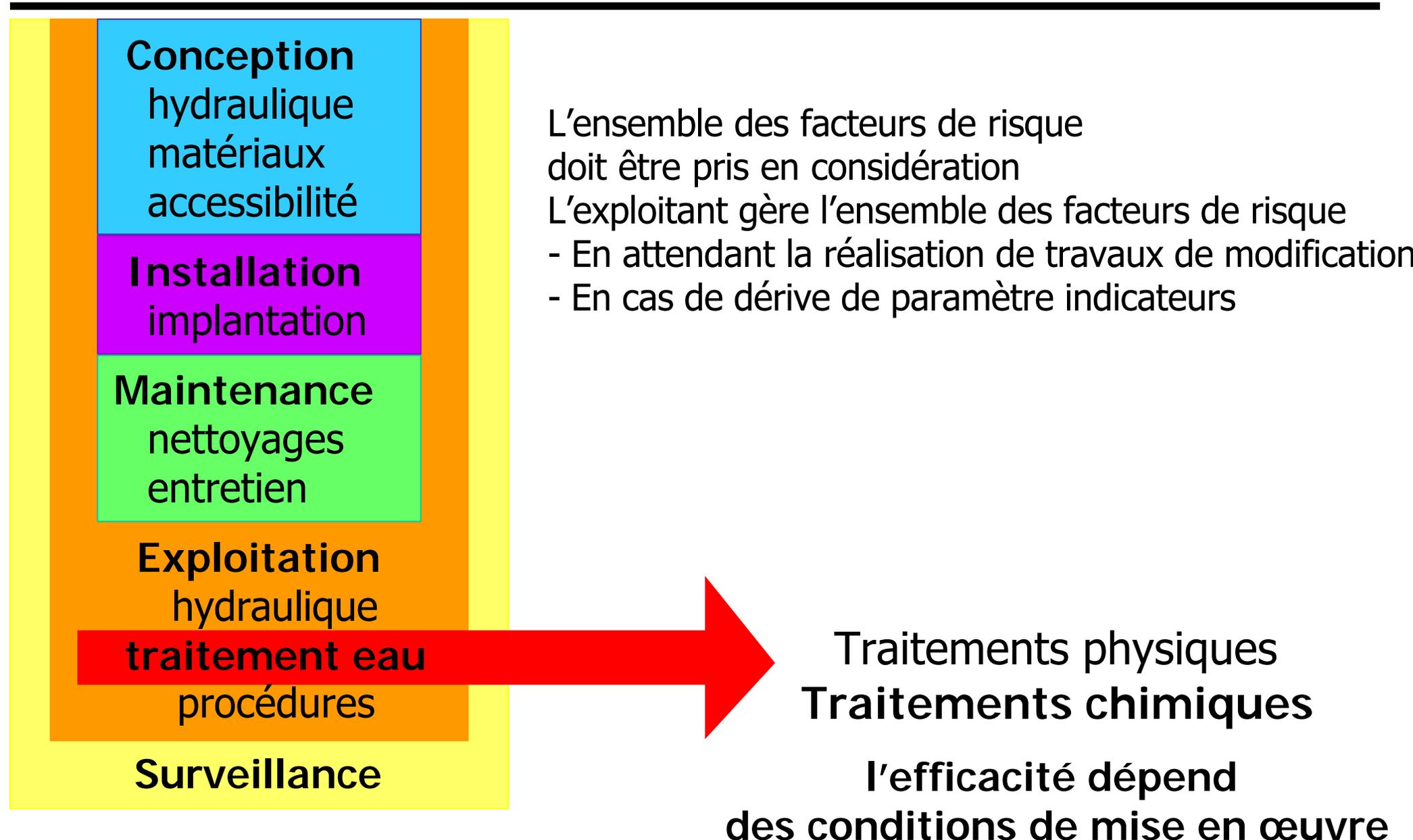
Stratégie de traitement

Lutte contre les « pathologies »

Les domaines d'action



Moyens de lutte



Partie 2

Moyens de lutte & stratégie de traitement

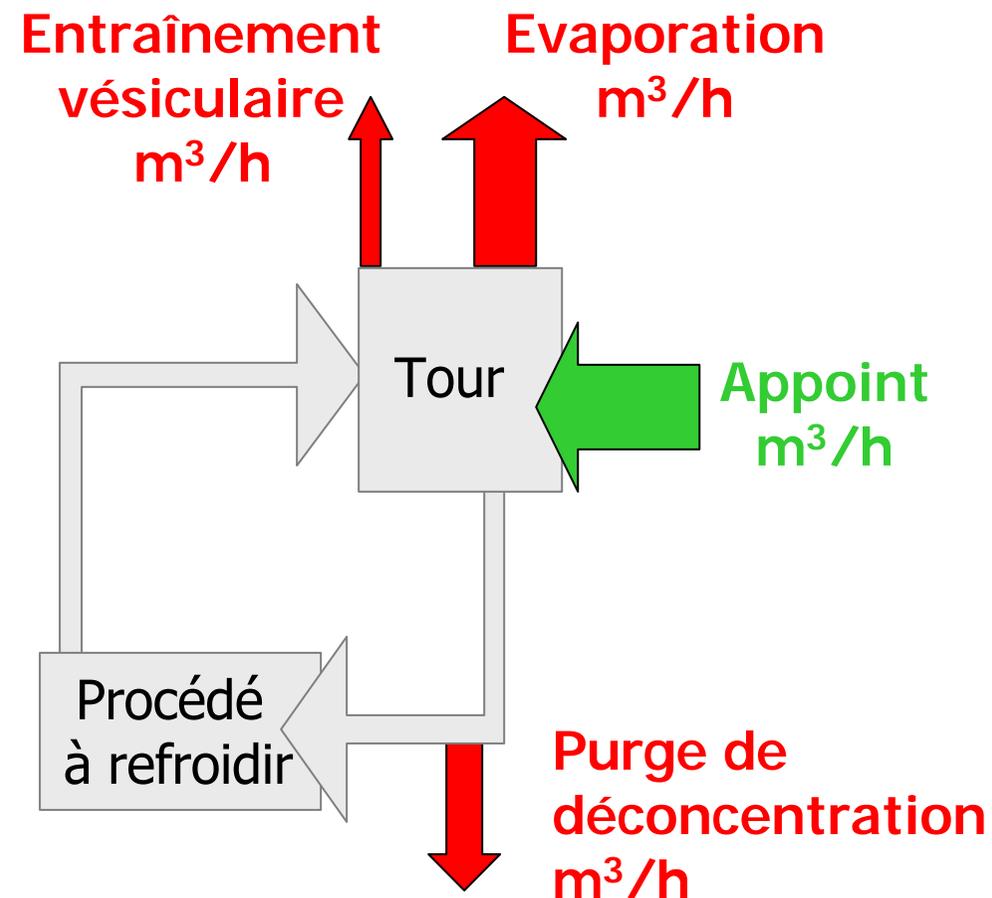
Les domaines d'action

L'eau dans le circuit

Stratégie de traitement

Lutte contre les « pathologies »

L'eau dans l'installation de refroidissement



Sorties d'eau

- Evaporation
- Purge de déconcentration
- Entraînement vésiculaire
- Fuites

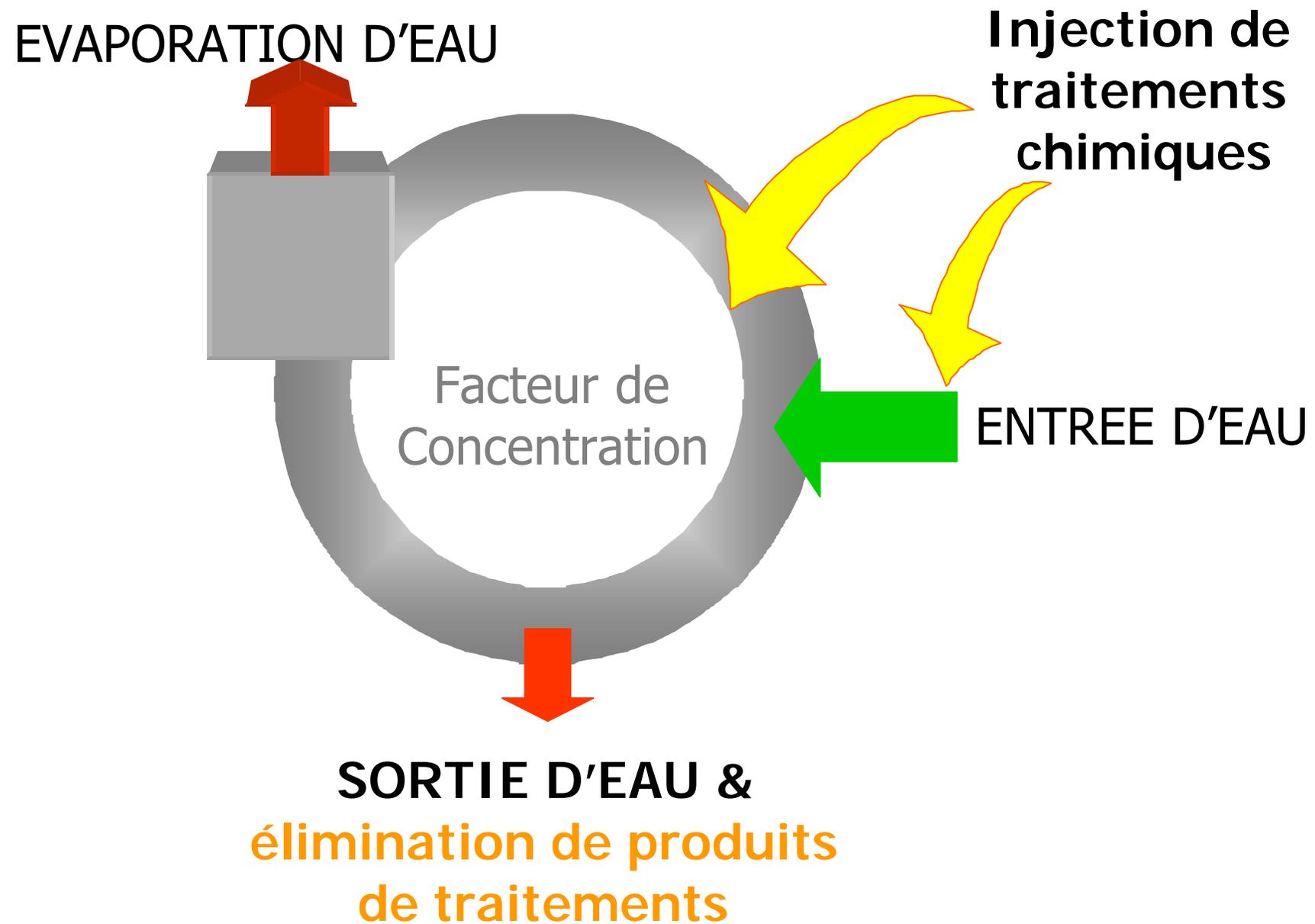
Entrée d'eau

- Appoint

Facteur de concentration

$$F_c = \frac{\text{salinité circuit}}{\text{salinité appoint}}$$

Bilan hydrique et traitements chimiques



Le temps de demi séjour de l'eau

Temps de demi-séjour « $T_{1/2}$ »

Temps pour renouveler la moitié du volume d'eau de l'installation

A $T_{1/2}$: la concentration C_0 du produit injecté au temps t_0 est réduite de 1/2

$$\rightarrow T_{1/2} \text{ (en heures)} = 0,7 \times \frac{V}{P}$$

Avec:

V = volume du circuit en m^3

P = débit des purges de déconcentration en m^3/h

Partie 2

Moyens de lutte & stratégie de traitement

Les domaines d'action

L'eau dans le circuit

Stratégie de traitement

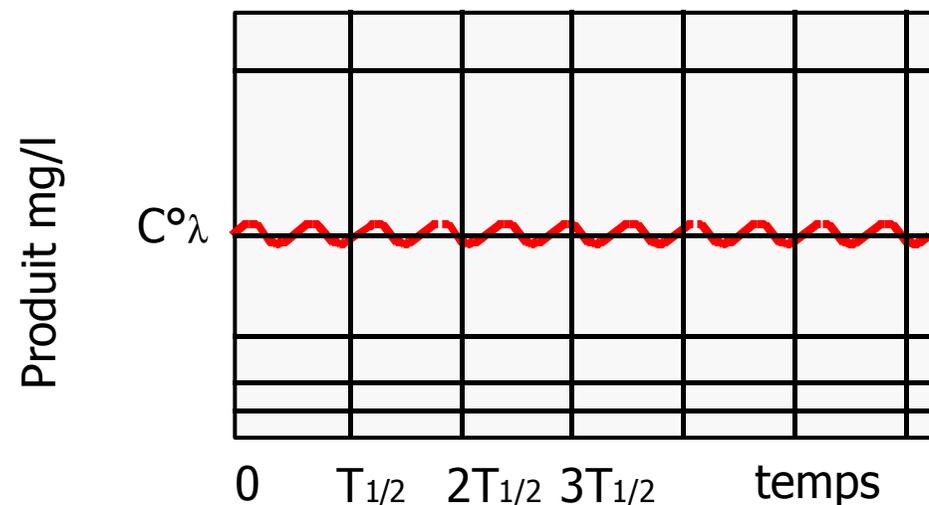
Lutte contre les « pathologies »

Traitement en permanence

Injection de produit en continu

Maintien d'une concentration résiduelle dans le circuit

- **Avec asservissement:**
 - sur le volume d'entrée d'eau (appoint)
OU
 - sur la mesure d'une concentration résiduelle
- **Sans asservissement:**
 - nécessite des analyses de terrain très régulièrement

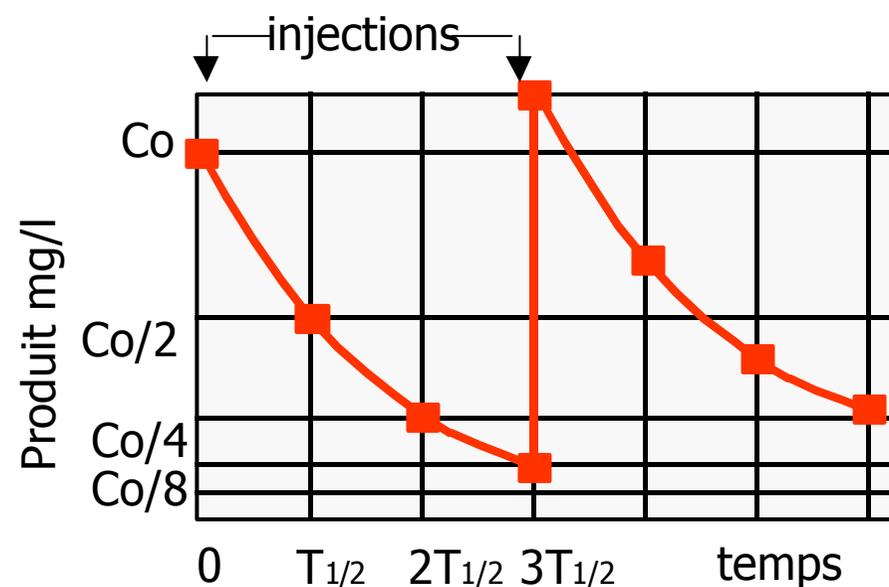


Traitement en permanence

Injection de produit en discontinu

Maintien d'une concentration résiduelle dans le circuit

- Basée sur le $T_{1/2}$ séjour
- Contrôles des volumes en entrée et en sortie indispensables
 - en cas de fuites: diminution du temps de séjour
⇒ adaptation indispensable de la fréquence d'injection

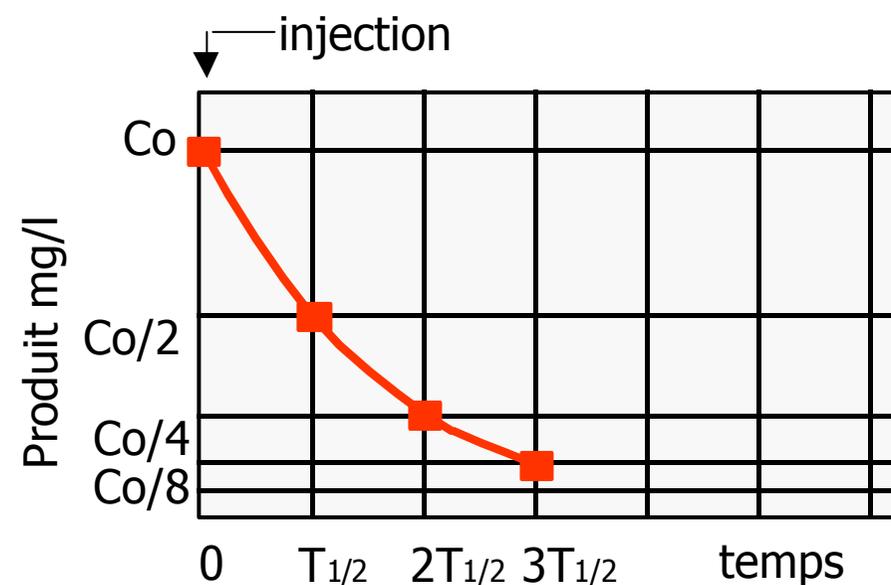


Traitement ponctuel

Injection de produit en choc

Injection d'une concentration définie en une seule fois

- Vitesse d'injection du produit rapide
- Arrêt des purges de déconcentration
 - ↳ pendant l'injection
 - ↳ pendant le temps nécessaire à la molécule pour agir



Protection des réseaux

Le choix des produits de traitement est fonction:

- ✧ De la qualité de l'eau
- ✧ De la taille de l'installation
- ✧ De l'espace disponible
- ✧ Du mode de gestion

L'efficacité des traitements est affectée par:

- ✧ Les modifications brutales de la qualité d'eau d'appoint
- ✧ Les modifications de la qualité de l'air dans l'environnement des tours
- ✧ Le dysfonctionnement des systèmes de filtration
- ✧ Des incompatibilités entre produits (notamment avec des biocides non oxydants)
- ✧ L'absence d'asservissement et le manque de suivi

Partie 2

Moyens de lutte & stratégie de traitement

Les domaines d'action
L'eau dans le circuit
Stratégie de traitement

Lutte contre les « pathologies »

Lutte contre l'entartrage

Différentes solutions

1- Eviter l'entartrage (préventif)

- ✧ Se placer à l'équilibre calco-carbonique
- ✧ Réglage du pH, du TH et du TAC dans les zones favorables de non précipitation

2- Dissoudre le tartre (curatif)

- ✧ Par utilisation de produits chimiques inhibiteurs
- ✧ Par mise en suspension du calcaire
 - Mise en suspension pendant l'utilisation de l'appareil, mais lors de l'arrêt de l'appareil le calcaire restant dans les circuits se redépose
- ✧ Par une cartouche de polyphosphates

3- Eliminer les carbonates

- ✧ Par un adoucisseur placé sur l'eau d'appoint
- ✧ Par un détartrage effectué lors d'un arrêt (maintenance)

Lutte contre la corrosion

Différentes solutions

1- Lutter contre la formation de dépôts (embouage, tartre, biofilm)

- ✧ Qualité de l'eau d'appoint
- ✧ Filtration dérivée sur le circuit

2- Traiter chimiquement

- ✧ Inhibiteurs de corrosion
 - Injectés en permanence
 - Asservissement au volume d'appoint

3- Traiter physiquement

- ✧ Peu ou pas de publications scientifiques ou de retour d'expérience

Lutte contre l'embouage

Des solutions

1- Maintenir en suspension des éléments non dissous

- ✧ Éléments minéraux: dispersant
- ✧ Éléments biologiques: biodispersant ou biodétergent
L'injection doit être permanente (continue ou discontinue)

2- Eliminer les matières en suspension

- ✧ Filtration (eau d'appoint et eau du circuit)
En continue sur une partie du débit de recirculation.
- ✧ Les purges de déconcentration (continue ou discontinue)

Lutte contre le biofilm

Nettoyage mécanique

Surfaces accessibles (Tours, certains condenseurs...)

- ⇒ **Utilisation de jets à moyenne ou haute pression**
 - dispersion d'aérosols dans l'environnement

Surfaces non accessibles (Certains échangeurs & canalisations...)

- ⇒ **Circulation d'eau à contre courant (vitesse \approx 1m/s)**

avec

des turbulences créées par soufflage d'air ou d'azote pour éviter la circulation de l'eau selon des circuits préférentiels

Cas particulier des dépôts de tartre

Le nettoyage est chimique mais s'effectue sur une tour à l'arrêt

Lutte contre le biofilm

Nettoyage chimique

Nettoyage de toutes les surfaces en contact avec l'eau

Installation en fonctionnement

✧ **Nettoyage chimique:**

Seuls les **détergents alcalins** sont efficaces pour lutter contre le **biofilm**

↳ Biodispersants ou biodétergents

Les **produits acides** agissent sur le tartre.

✧ **Nettoyage selon d'autres procédés:**

Peu de données scientifiques publiées et peu de retour d'expérience

Lutte contre la contamination de l'eau

La désinfection

Utilisation de biocides

1- Les biocides oxydants

- ✧ Spectre d'action large
- ✧ Deux fonctions
 - Action oxydante: destruction de la matière organique
 - Action biocide: désinfection de l'eau circulante

Exemples: Chlore, Brome, Bromochlorodimethylhydantoine (BCDMH) ...

2- Les biocides non oxydants

- ✧ Spectre d'action réduit
- ✧ Molécules de synthèse

Exemples: DiBromoNitriloPropionAmide (DBNPA), Isothiazolones, Glutaraldéhyde, Ammonium quaternaire, etrakishhydroxymethylphosphonium sulfate (THPS)...

Mode d'action des biocides vis à vis des micro-organismes

1- Les biocides oxydants

Ils détruisent les micro-organismes par oxydation chimique en pénétrant la paroi cellulaire et en perturbant leur métabolisme.

Leur activité n'est pas sélective et dépend du pH de l'eau.

2- Les biocides non oxydants

Pas relation simple entre la structure chimique d'un biocide et son mode d'action

Mais

Différents types d'actions sont identifiés

Dont une action possible sur le matériel génétique (ADN)

Leur activité est sélective.

Biocide oxydant

Les biocides oxydants réagissent avec les éléments contenus dans l'eau du circuit.

- ✧ Les matières minérales
- ✧ Les matières organiques
- ✧ Certains inhibiteurs d'entartrage ou de corrosion
- ✧ Certains biocides non oxydants (comme le DBNPA* ou le Glutéraldéhyde)

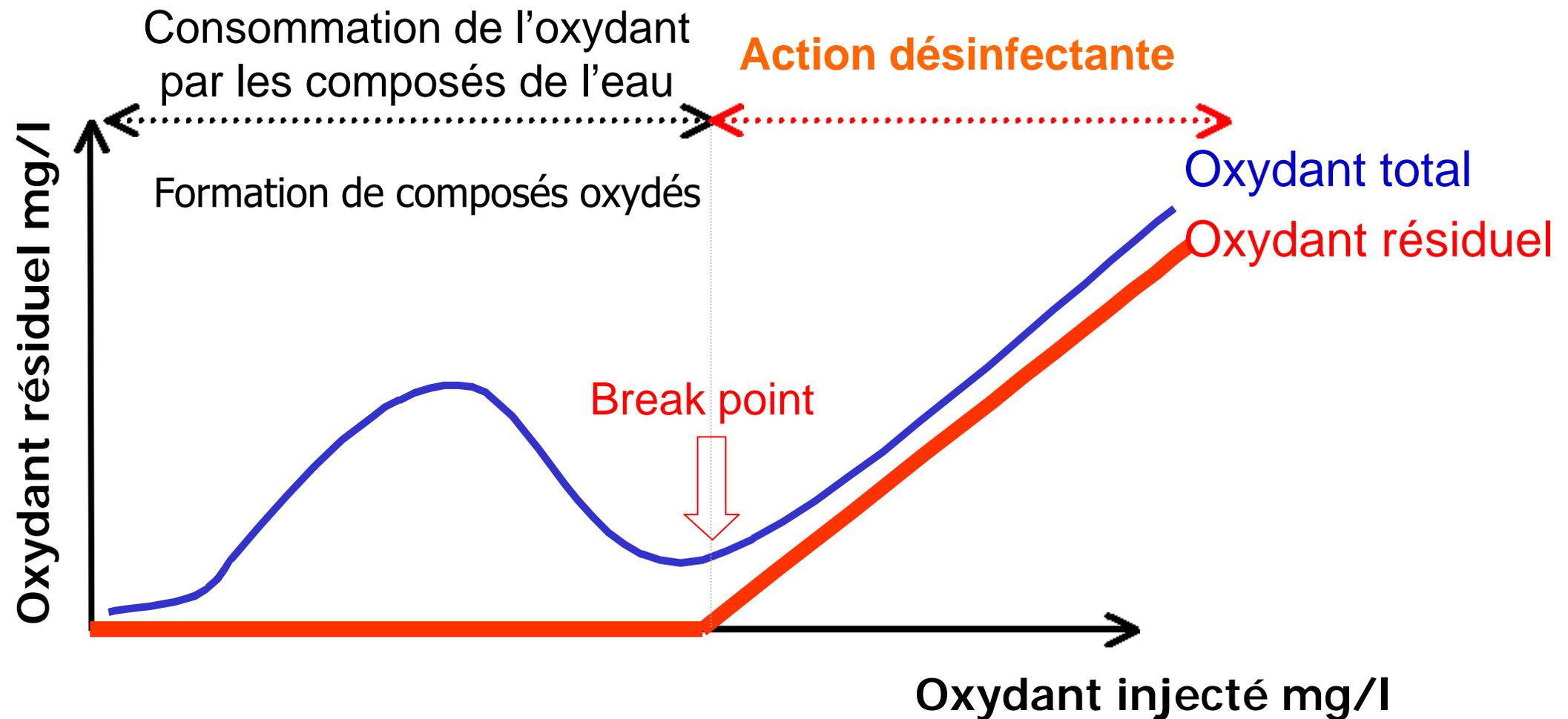
La destruction de micro-organismes n'est possible que:

- ✧ **Si la quantité d'oxydant disponible est supérieure à la quantité consommée par les matières organiques et autres composés oxydables apportés par l'eau.**
- ✧ **Si le pH de l'eau est adapté au type d'oxydant**

* DiBromoNitriloPropionAmide

Biocides oxydants

Réaction avec les composés de l'eau



$$\text{Oxydant résiduel} = \text{Oxydant injecté} - \text{Oxydant total}$$

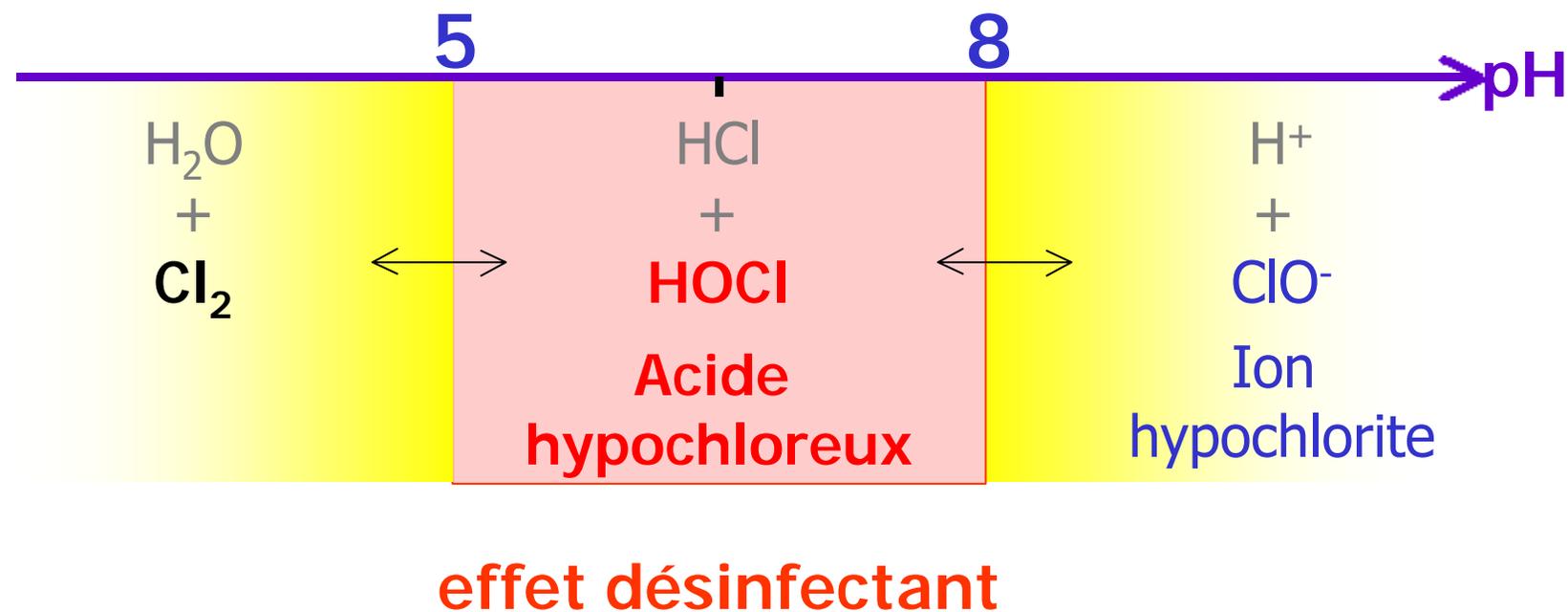
Efficacité des biocides oxydants

Influence du pH

Exemple du chlore (eau de javel)

Dissociation du chlore dans l'eau en fonction du pH

- ▶ Formation de sous produits
- ▶ Action biocide = acide hypochloreux

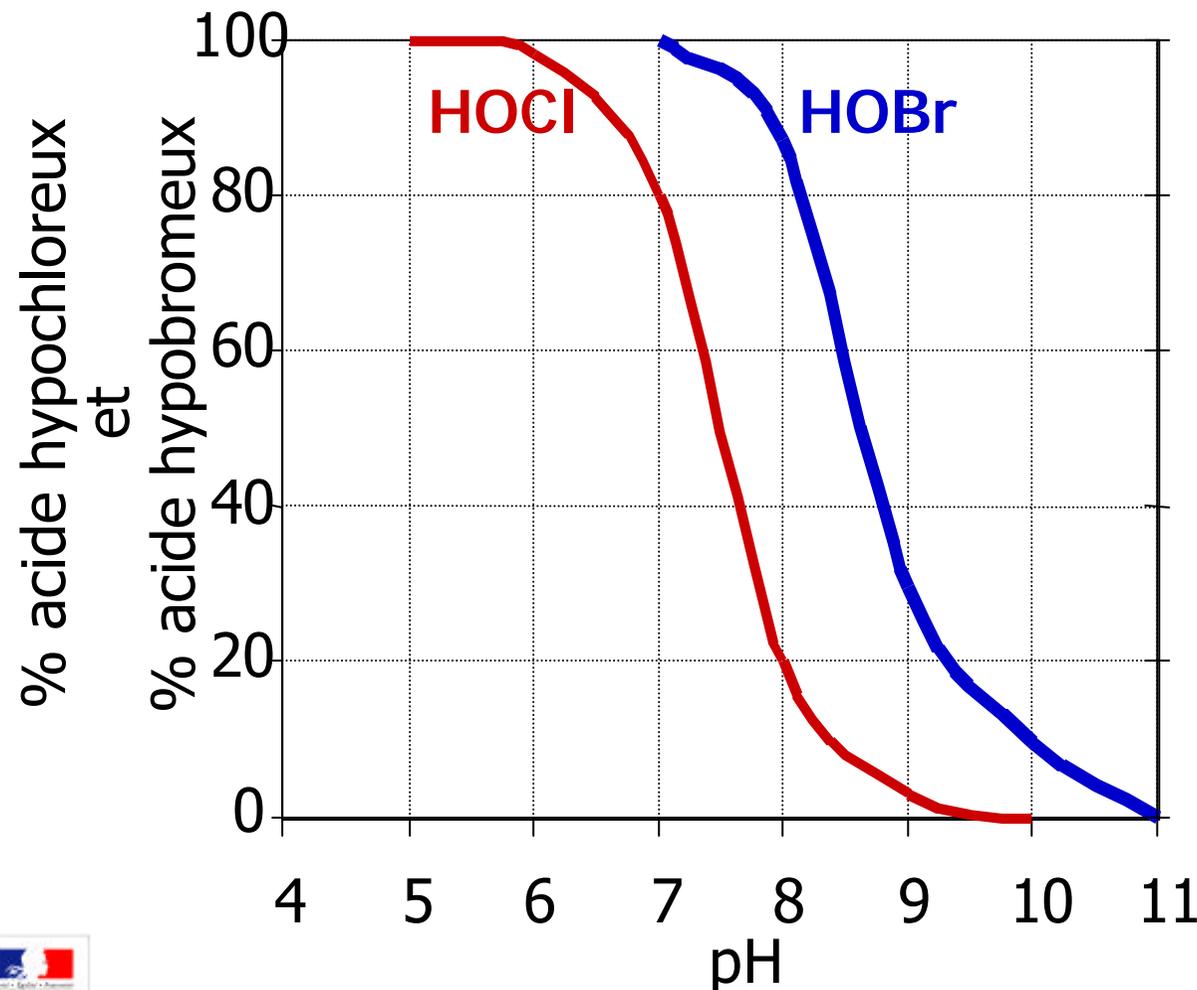


Efficacité des biocides oxydants

Différence entre le Chlore et le Brome

Effet biocide du **chlore** : $5 < \text{pH} < 8$

Effet biocide du **brome** : $6 < \text{pH} < 10$



Le pH de l'eau des circuits de refroidissement est généralement > 8
La Javel n'est pas efficace.

La Javel peut être utilisée:

- lors des arrêts de l'installation au moment du remplissage si le pH de l'eau est adapté.
- pour la désinfection locale des éléments internes de la tour de refroidissement

Biocides non oxydants

Molécules de synthèse de stabilité variable

La décomposition de la molécule active en sous produits (rarement efficaces vis à vis de la désinfection) dépend de plusieurs facteurs notamment:

- du pH
- de la température
- de la présence de biocides oxydants

Ces molécules génèrent la formation de produits indésirables dans les rejets lors des purges de déconcentration.

Efficacité des biocides non oxydants

Concentration x temps de contact

L'activité désinfectante du biocide non oxydant est fonction

- ✧ de la concentration (C) et
- ✧ du temps de contact (t) entre la molécule et le micro-organisme

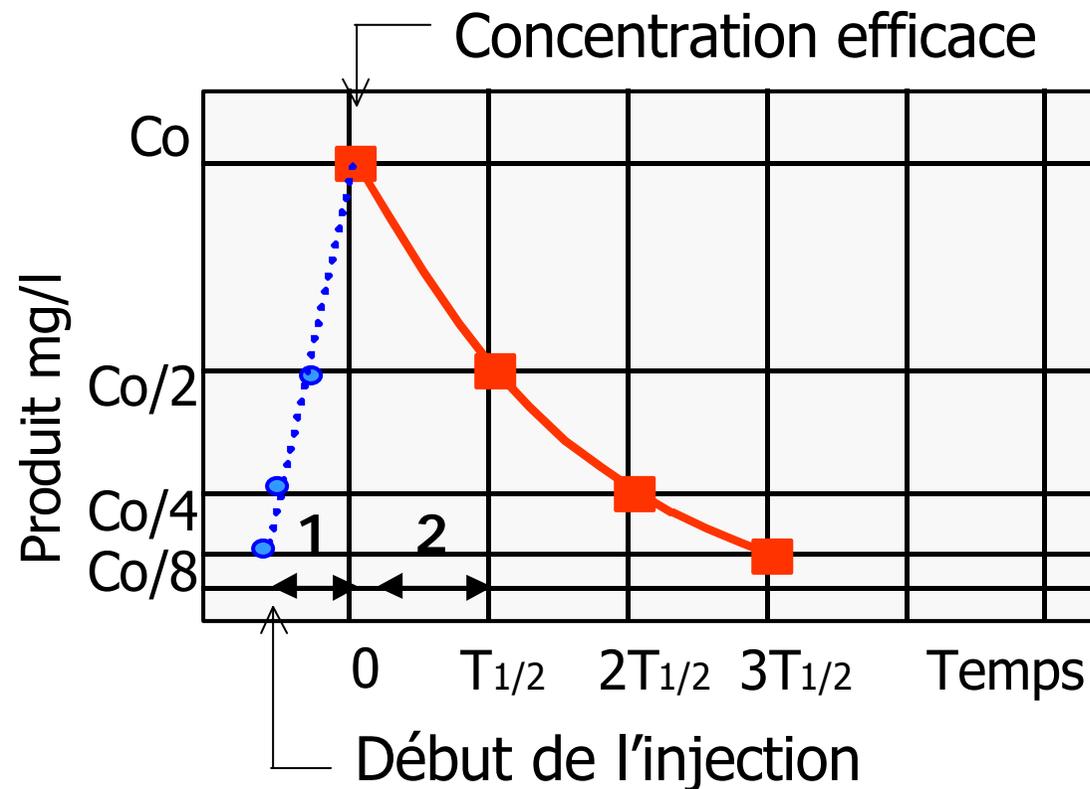
$$\rightarrow C \text{ (mg/litre)} \times t \text{ (min.)} = C.t \text{ en mg.min./l}$$

La notion de "C.t" permet de comparer l'efficacité de plusieurs biocides pour des conditions expérimentales définies:

- ✧ pH
- ✧ Température
- ✧ Qualité de l'eau (TH, MES, facteur de concentration, teneur en bactéries...)
- ✧ Type de micro-organisme (légionelle, protozoaire, ...)

Efficacité des biocides non oxydants

Vitesse d'injection

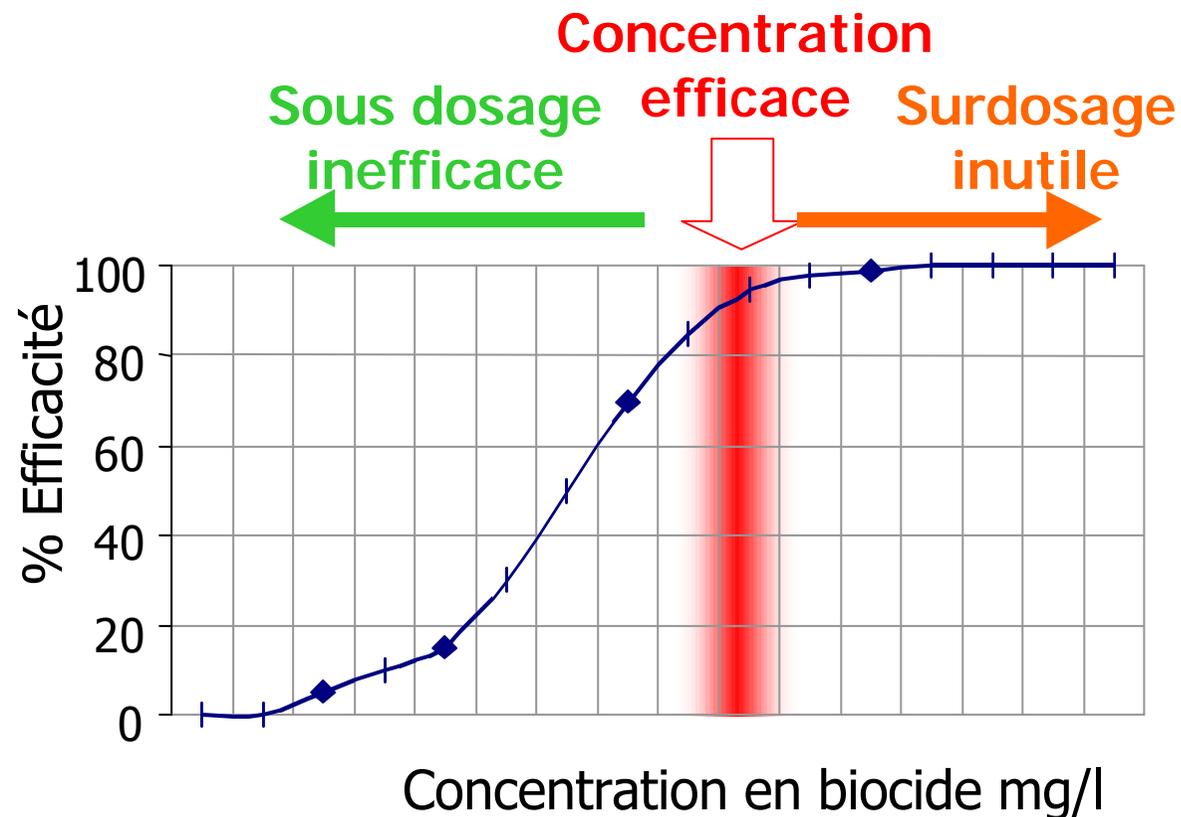


Temps nécessaire à l'injection du biocide : zone 1
→ le plus court possible

Action désinfectante: zone 2
→ la durée de désinfection dépend du temps pendant lequel la concentration efficace est dans le circuit (fonction de la vitesse de dégradation de la molécule)

Efficacité des biocides non oxydants

Concentration efficace



La concentration efficace est déterminée par une personne compétente dans le traitement de l'eau.

Cette concentration dépend de la molécule choisie.

Elle est déterminée en laboratoire pour des conditions de pH et température.

Biocides non oxydants

Stratégie de traitement

Comment ?

✧ **En injection choc**

- La concentration est déterminée en fonction du volume du circuit.
- La vitesse d'injection doit être rapide (généralement < 30 min.)
- La réalisation de deux injections chocs rapprochées dans le temps est plus efficace, pour retrouver la maîtrise du circuit.
- Privilégier dans la mesure du possible l'alternance de deux biocides, pour limiter le risque de sélection de souches de légionelles résistantes.

✧ **L'efficacité n'est pas dose dépendante**

- Inutile d'augmenter la concentration injectée.
- Respecter l'environnement.

💣 risques de corrosion

→ le moins souvent possible ...

Biocides oxydants

Stratégie de traitement

Comment ?

✧ En injection continue (préventif)

L'efficacité dépend de la concentration résiduelle d'oxydant dans le circuit.

→ asservissement de l'injection à la mesure d'oxydant résiduel en continu

✧ En injection choc (curatif)

- Maintien d'une concentration résiduelle d'oxydant pendant un nombre d'heures déterminé.
- La réalisation de deux injections chocs rapprochées dans le temps est plus efficace, pour retrouver la maîtrise du circuit.

💣 risques de corrosion

Traitements chimiques

Inconvénients

- ▶ **Impact sur la qualité des rejets dans l'environnement via les purges de déconcentration**
- ▶ **Risque de corrosion sur l'installation**
 - ✧ Respecter les concentrations définies
 - ✧ Contrôler la vitesse de corrosion des matériaux (coupons, sondes)
 - ✧ Contrôler la qualité des rejets (réglementation)
- ▶ **Risque de sélectionner des souches de légionelles résistantes**
 - ✧ Favoriser le nettoyage permanent des installations
 - ✧ Ne pas utiliser les biocides non oxydants de façon systématique
 - ✧ Garantir l'efficacité des traitements biocides

Nettoyage & Désinfection

Méthodes physiques

Outre la filtration d'une partie de l'eau du circuit, différents systèmes sont proposés:

- Ultra violets
- Ultra sons
- Electro-Magnétisme
- ...

Avantage

- ✧ Pas d'impact sur l'environnement

Inconvénients

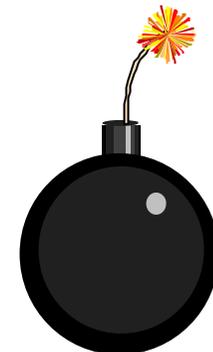
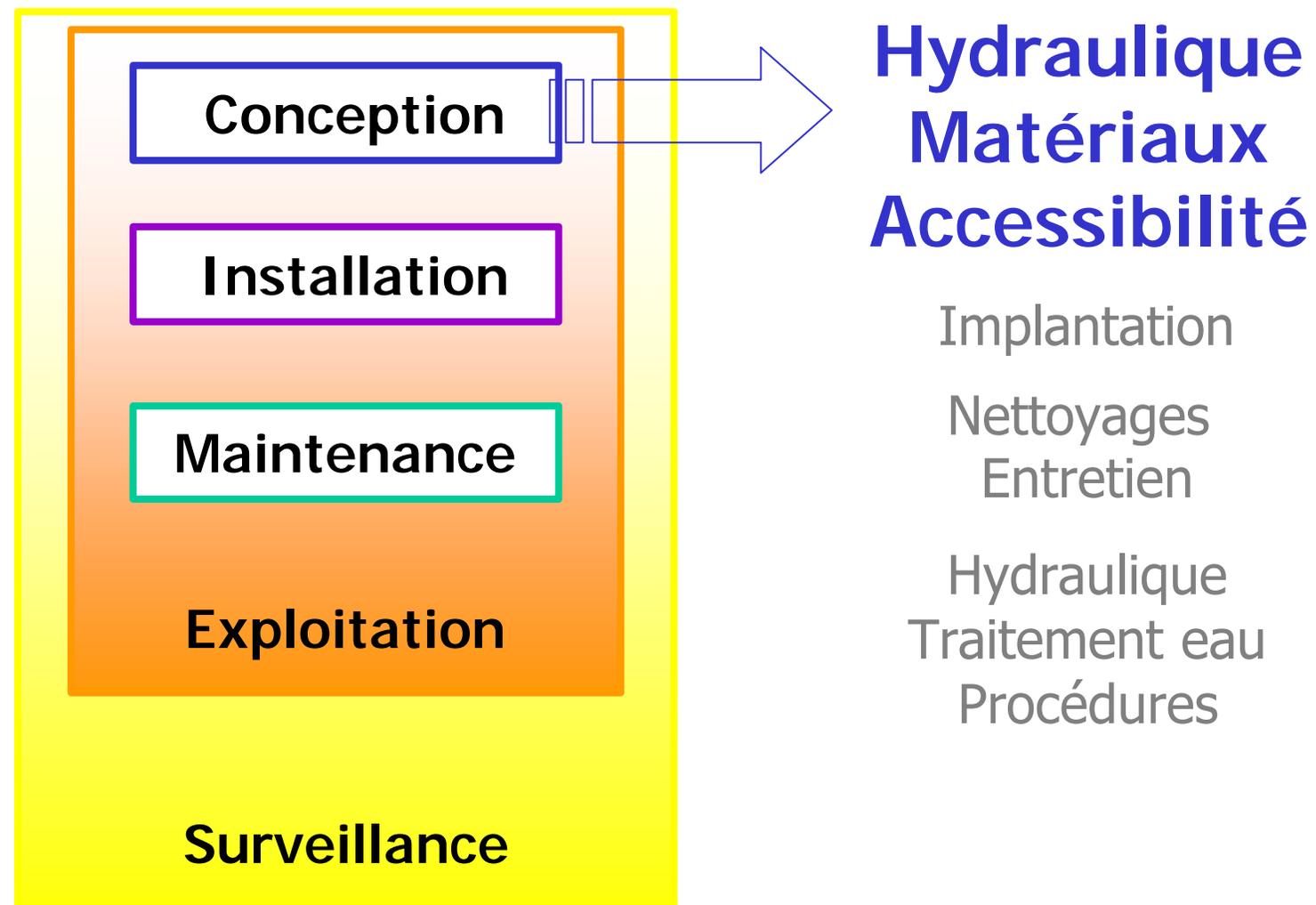
- ✧ Manque de données scientifiques et de retour d'expérience
- ✧ Pas d'action rémanente dans l'eau

Partie 3

Identification & Gestion des facteurs de risques

Identification des facteurs de risques
Gestion des facteurs de risque

Examen de la conception



Conception

Facteur de risque lié à l'hydraulique

Stagnation d'eau

- ✧ Pied de colonne
- ✧ Canalisation (canalisation devenue inutile, alimentation des pompes de secours, canalisation desservant des groupes électrogènes utilisés ponctuellement...)
- ✧ Bypass

Ecoulements laminaires

- ✧ Sur-dimensionnement des canalisations

Conception

Facteur de risque lié aux matériaux

Qualité

La formation du biofilm est favorisée par certains matériaux

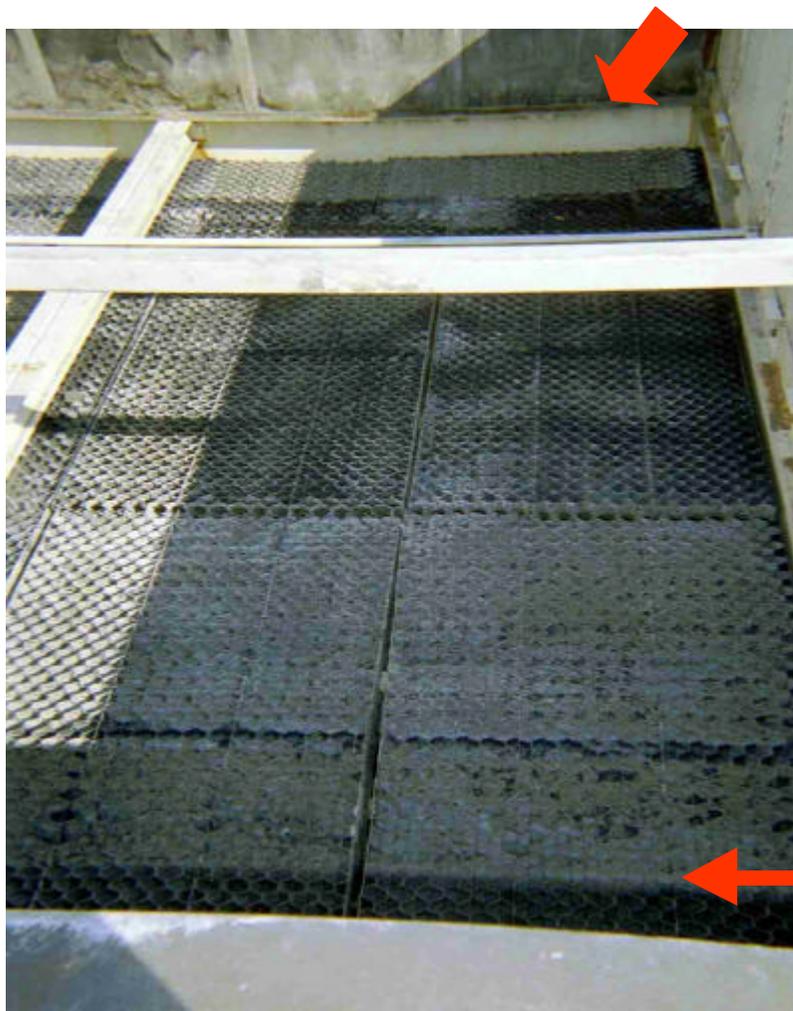
Etat de surface

L'altération et la dégradation de la surface des matériaux favorisent l'attachement du biofilm:

- ✧ Matériaux sensibles à la qualité de l'eau
 - Exemples : bois dans les tours
 - béton dans les bassins
 - laine de verre des baffles d'insonorisation
- ✧ Matériaux généralement « oubliés » et sensibles à la corrosion
 - Exemple: les supports des baffles d'insonorisation

Exemple

Les corniches de support des baffles



Seul élément en inox dans l'ensemble du circuit

→ Corniche de support des baffles d'insonorisation

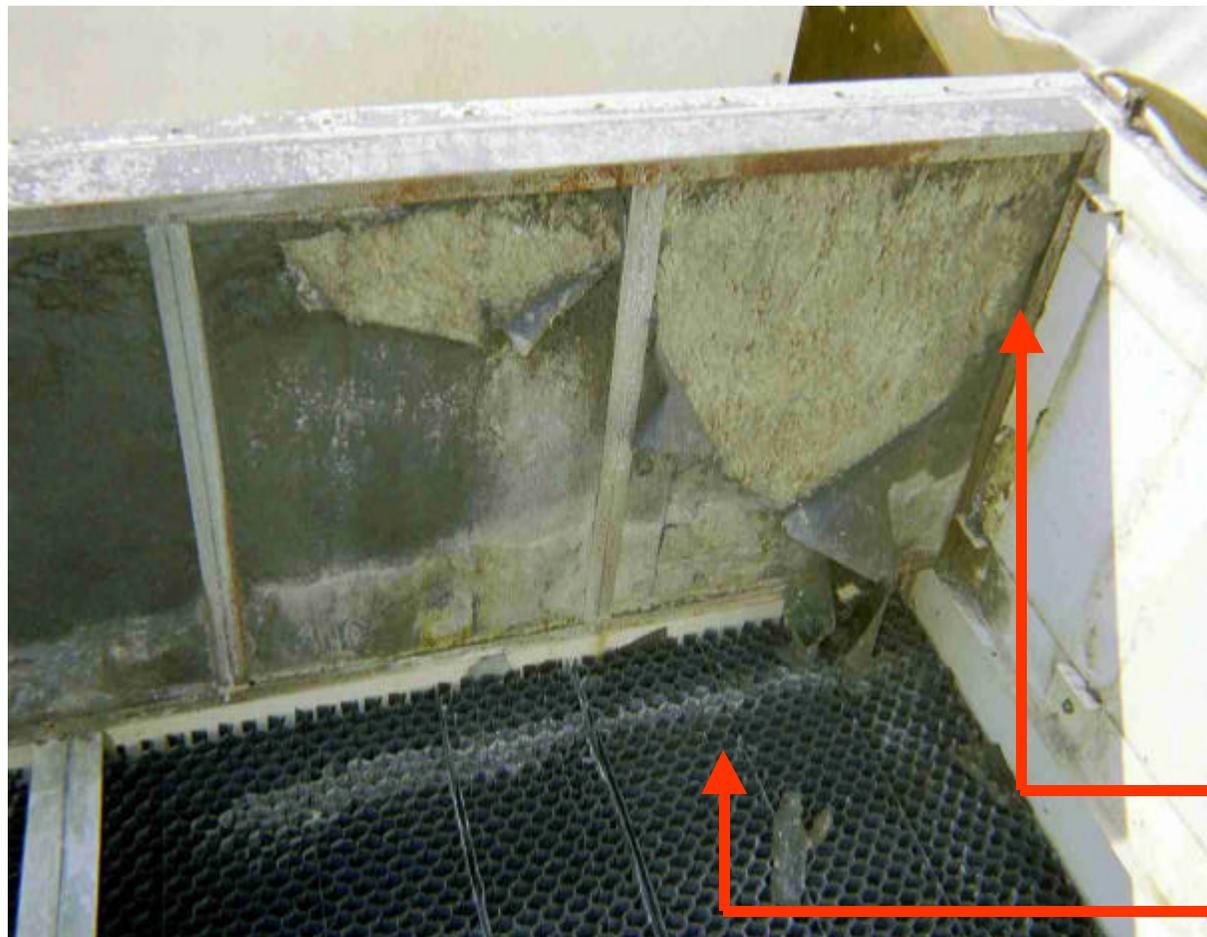
Généralement négligé dans la liste qui énumère les matériaux de l'installation lors du choix des traitements d'eau.

💣 Problème lors de l'utilisation de produits corrosifs pour ce matériau pendant les phases de nettoyages curatifs.

Pare gouttelettes

Exemple

Les baffles d'insonorisation



Dégradation des baffles d'insonorisation lors de nettoyages pour éliminer des algues.

Composition:
Laine de roche acoustique
surfacée
d'une toile antidébrage

Baffle

Pare gouttelettes

Conception

Facteur de risque lié à l'accessibilité

La conception actuelle des tours ne permet guère les inspections (ou ne les facilite pas)

- ✧ L'inspection visuelle est souvent difficile faute d'accès
 - Dessus de la tour
 - Éléments internes (corps d'échange, rampe de distribution d'eau, pare gouttelettes)
- ✧ Le démontage/remontage des éléments constitutifs est délicat.
- ✧ La conception du bassin ne facilite pas toujours le nettoyage mécanique.

Exemple

Accessibilité de la tour

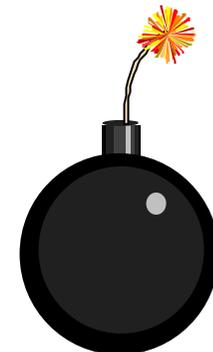
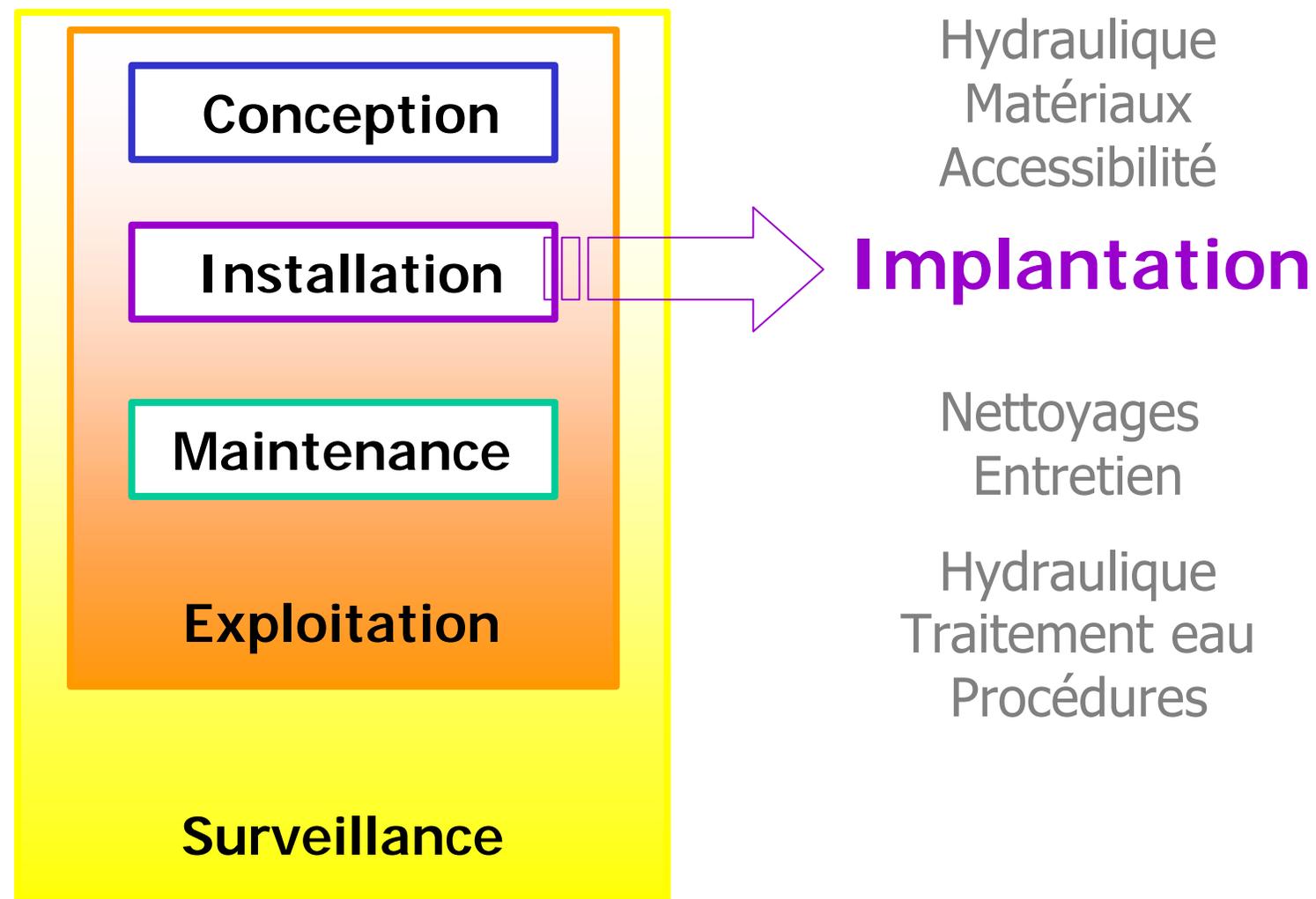


Trappe d'accès pour inspection visuelle des parties internes de la tour
↳ **inspection difficile voire impossible**

Arrivée de l'eau d'appoint

Bac de la tour

Examen de l'installation du site



Installation

Facteur de risque lié à l'implantation

Le confinement des tours favorise:

- ✧ La mauvaise évacuation du panache et sa stagnation au dessus des tours
- ✧ Le recyclage du panache (ré-aspiration du panache des tours)

→ **Risque de prolifération d'algues sur le dessus des tours**

La proximité d'une source potentielle de contamination de l'air présente un risque :

- ✧ Rejet de cuisine: apport de nutriments pour les micro-organismes.
- ✧ Carrière, émissions de groupes électrogènes: apport de matières en suspension et salissures.
- ✧ ...

Exemple

Prolifération d'algues



Avant



10 jours après



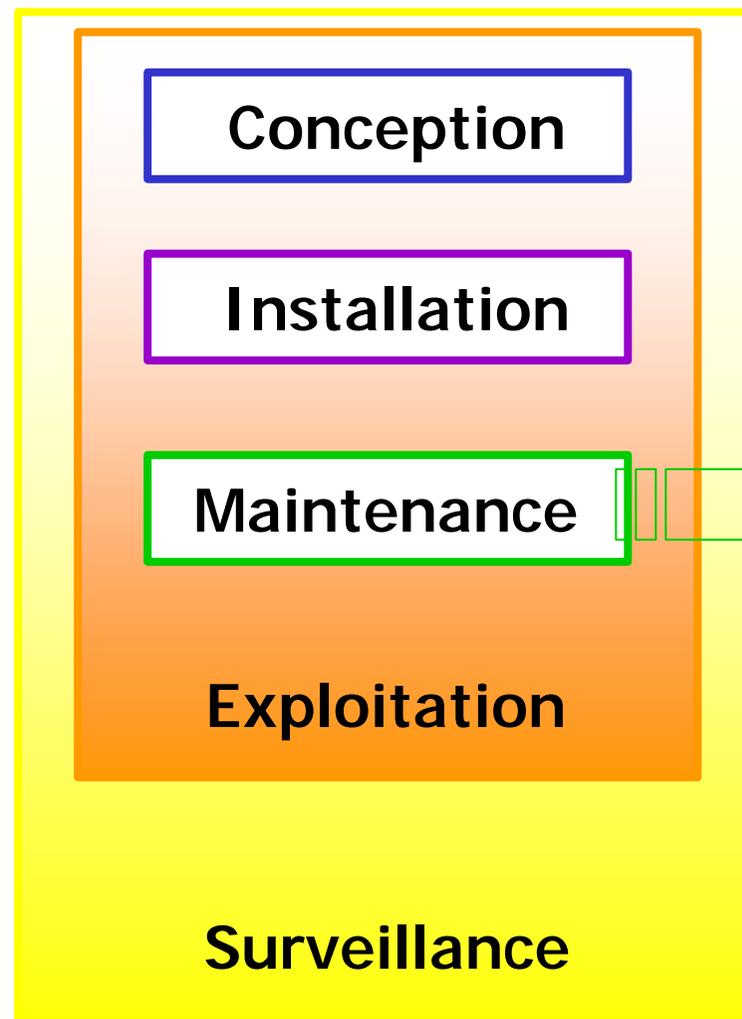
Baffle d'insonorisation

Concentration de légionelles dans les algues: $\sim 10^5$ UFC/gramme

Origine du problème

- Présence de grilles anti-volatiles
- Recyclage du panache
- Rejets de cuisine à l'aspiration des tours

Examen de la maintenance

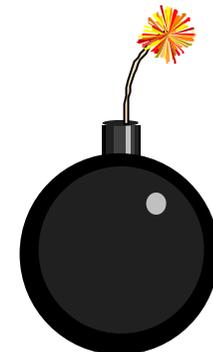


Hydraulique
Matériaux
Accessibilité

Implantation

Nettoyages
Entretien

Hydraulique
Traitement eau
Procédures



Maintenance

Facteur de risque lié au nettoyage

Le nettoyage réalisé sur l'installation (ou une partie de l'installation) à l'arrêt

- ✧ Ne concerne généralement que les **surfaces accessibles**
- ✧ Génère un **risque de projection d'aérosols contaminés**
→ Si utilisation de jets à moyenne ou haute pression
- ✧ **Ne permet pas d'éliminer 100 % du biofilm**

↪ **Risque de contamination de l'eau du circuit**
à la remise en service de la partie nettoyée

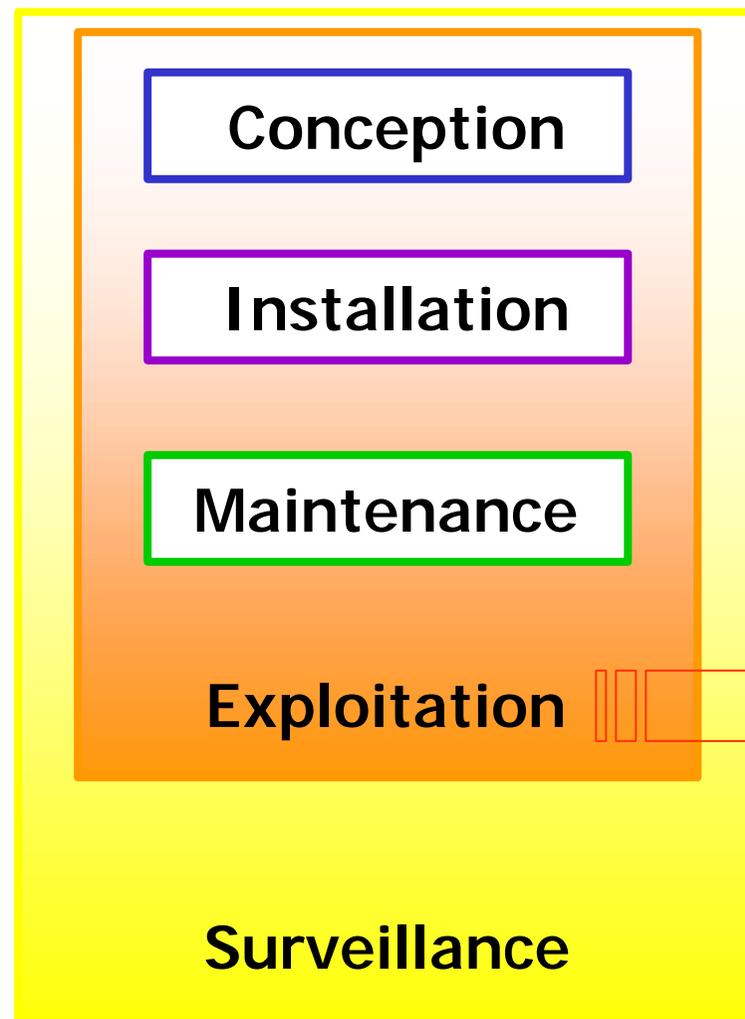
Maintenance

Facteur de risque lié à l'entretien

L'entretien peut impliquer l'arrêt complet ou partiel de l'installation, source:

- ✧ d'erreurs à la remise en service **du traitement d'eau** (oubli, mise en service « forcée », ...)
- ✧ de dérive des appareils de mesure (exemple: capteurs de pression) qui nécessitent un ré-étalonnage.

Examen de l'exploitation

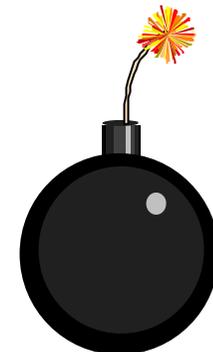


Hydraulique
Matériaux
Accessibilité

Implantation

Nettoyages
Entretien

Hydraulique
Traitement eau
Procédures



Exploitation

Facteur de risque lié à l'hydraulique

💣 Les problèmes hydrauliques liés à la conception sont gérés en exploitation

ET

La conduite de l'installation ne doit pas générer d'autres problèmes hydrauliques liés cette fois à l'exploitation.

Exemple:

- **Marche/Arrêt de l'installation** ou d'une partie de l'installation (une tour, une machine, un adoucisseur...)
- **Matériel de secours** (pompes) ou bypass utilisés ponctuellement
- **Appareils à l'arrêt pour entretien** : machine, adoucisseur...
- **Equilibrage d'un réseau de tours**
- **Mise en service partielle de l'installation**

Exploitation

Facteur de risque lié au traitement d'eau

**L'efficacité des traitements chimiques dépend
des conditions de mise en œuvre**

- **Le non respect de ces conditions est un facteur de risque**
- **Le dysfonctionnement d'appareillage est un facteur de risque**

Exploitation

Facteur de risque lié aux procédures

Les procédures destinées au personnel exploitant, sont:

- ✧ Inexistantes
- ✧ Souvent incomplètes
- ✧ Inadaptées aux difficultés de mise en œuvre

Partie 3

Identification & Gestion des facteurs de risques

Identification des facteurs de risques
Gestion des facteurs de risque

Gestion des problèmes hydrauliques liés à la conception

Planifier les travaux pour éliminer le facteur de risque lié à la conception

ET, EN ATTENDANT

OU, si travaux impossibles

Mettre en place des vannes de purges au point bas des zones stagnantes ou de faibles circulation (lorsque c'est possible)

ET

Définir une procédure préventive de gestion du risque

→ Gestion en Exploitation

Eviter les problèmes hydrauliques liés à l'exploitation

☔ sont des zones de stagnation:

- les canalisations d'alimentation des pompes secours,
- les bypass,
- les canalisations assurant le refroidissement de procédés ou machines utilisées ponctuellement (exemple: groupes électrogènes),
- les appareils à l'arrêt temporaire (exemple : adoucisseur).

EN ATTENDANT la réalisation des travaux planifiés
OU, si travaux impossibles

↳ **Définir et mettre en œuvre une procédure préventive**

Exemple

Bras mort temporaire

Arrêt d'un adoucisseur

Remise en service d'un adoucisseur à l'arrêt 1 semaine

Mise en œuvre des procédures préventives

Exemple :

- ⊕ Vidange de l'adoucisseur
- ⊕ Remise en service

ET

- ⊕ Mise en œuvre d'une procédure de désinfection en choc
- ⊕ Analyses micro-biologiques au moins 48 heures après le choc biocide.

Exemple

Bras mort temporaire

Mise en service ponctuelle d'une canalisation

Procédure 1 : basée sur la désinfection

Mise en œuvre d'un traitement biocide en injection choc lors de la mise en circulation d'eau dans la canalisation

OU

Procédure 2 : basée sur le nettoyage

Valable seulement si le traitement de nettoyage (biodispersant ou biodétergent) est injecté en continu.

Assurer la circulation de tous les volumes d'eau de l'installation en mettant en service toutes les pompes, machines et tours de l'installation.

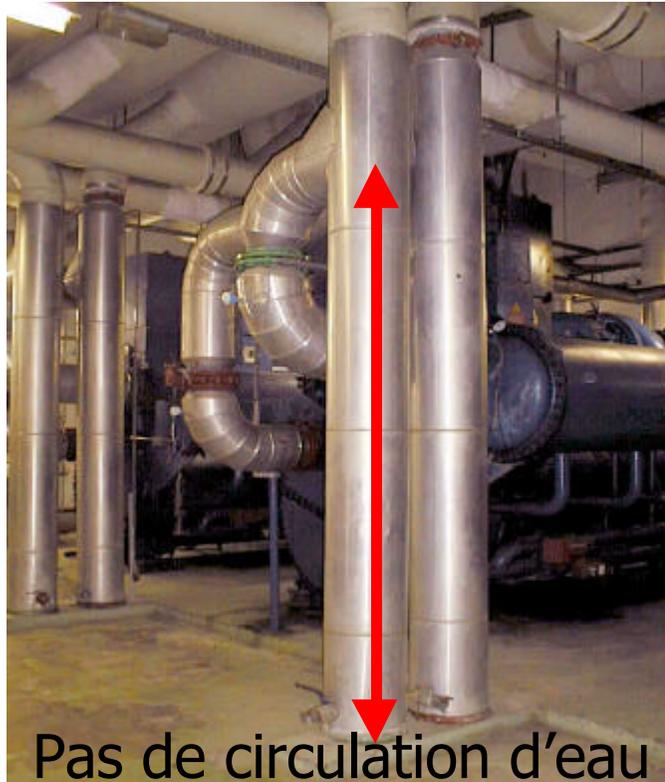
Il est généralement impossible de faire fonctionner toutes les pompes en même temps:

→ Organiser une rotation: définir la fréquence et la durée de fonctionnement de chaque pompe.

(Exemple: chaque pompe en service 2h minimum toutes les 24 heures)

Exemple

Bras mort permanent Pied de colonne



Pas de circulation d'eau



Elimination des boues décantées

Eliminer le pied de colonne
OU

Prévoir une purge en points bas & vidanger régulièrement
Risque plutôt faible si pas de remise en suspension des dépôts

Exemple

Faible circulation

Ecoulement laminaire

Planifier les travaux pour éliminer le facteur de risque lié à la conception

ET, EN ATTENDANT

OU, si travaux impossibles

Définir une procédure préventive de gestion du risque

→ Gestion en Exploitation

ET si arrêts annuels possibles & dans la mesure du possible

Réaliser un nettoyage mécanique de la zone

(fonction de l'accessibilité et faisabilité)

- ☛ ne pas générer un facteur de risque lié à la maintenance (nettoyage mécanique)

Gestion du risque lié à la conception

Qualité des matériaux

- ✧ Eviter l'utilisation de matériaux favorables aux dépôts en particulier dans les parties inaccessibles (sauf pour le piquage d'injection des produits chimiques)
- ✧ Identifier la nature de **tous** les matériaux présents dans l'installation
- ✧ Identifier les conditions défavorables à la tenue des matériaux

ET

- ✧ Adapter les matériaux et la qualité de l'eau

ET/OU

- ✧ Utiliser un moyen de protection (s'il existe)

ET

- ✧ Prévoir l'inspection de l'état de surface régulièrement (en particulier si des paramètres de qualité d'eau dérivent souvent)
Eviter les concentrations en biocide supérieures à la valeur cible

Exemple

Qualité des matériaux



Exemple:

La rampe contenant les coupons témoins de contrôle de la vitesse de corrosion est:

- ✧ en PVC
- ✧ placée en dérivation sur l'installation (un % d'eau la traverse et retourne dans le circuit).

Sur une installation nettoyée en permanence :
→ le risque est maîtrisé.

Sur une installation nettoyée ponctuellement :
→ elle peut être un facteur de risque.

En cas de doute:

Réaliser une analyse au niveau de la rampe (eau ou dépôt)

- ↪ **Solution provisoire** : en sortie de rampe, l'eau part à l'égout
- ↪ Modifier rapidement la stratégie de traitement (nettoyage permanent)

Gestion du risque lié à l'installation Implantation des tours

Stagnation du panache au dessus des tours

ET/OU

Phénomènes de recyclage

ET/OU

Formation du panache visible « dans les tours »

- ↪ Etudier la possibilité de modifier l'environnement des tours (dégagement des entrées d'air, élimination d'un obstacle ...)
- ↪ Adapter la vitesse de ventilation (dans la plage définie par le constructeur) pour que le panache se forme « au dessus des tours »

Qualité de l'air à l'aspiration des tours

- ↪ Planifier les travaux pour éliminer rapidement la source du problème (exemple: modifier l'emplacement du rejet de cuisine)
- ↪ Surveiller l'environnement des tours afin d'identifier toute modification susceptible d'encrasser ou de contaminer le circuit (travaux de bâtiment, source d'aérosols contaminés, groupes électrogènes...).

Gestion du risque lié à la maintenance

Nettoyage mécanique (1/3)

Objectif: éliminer les dépôts

✧ Identifier les types de dépôts & adapter le mode de nettoyage

- Dépôts incrustants minéraux
- Dépôts non incrustants
- Dépôts biologiques

✧ L'utilisation de produits chimiques adaptés:

- ↗ de l'efficacité du nettoyage mécanique

✧ Coordination avec le personnel d'exploitation indispensable

Mise en œuvre une procédure préventive de traitement biocide en choc à la remise en service de la partie nettoyée pour gérer le risque de contamination de l'eau en circulation

Gestion du risque lié à la maintenance

Nettoyage mécanique (2/3)

La fréquence d'intervention est spécifique à chaque installation

✧ A l'occasion d'un arrêt annuel de l'installation ou sur des parties de l'installation isolées successivement

OU

✧ **Lorsqu'un facteur de risque est identifié**

- Lorsque des paramètres de fonctionnement (puissance thermique ∇ , Δ pression \nearrow , ...) suggèrent un encrassement
- Si sur une installation en eau d'appoint adoucie, la dérive du paramètre TH est souvent constatée.
- Si certains matériaux sont présents (bois ou béton)
- Si la turbidité de l'eau du circuit varie
- Si les légionelles sont détectées de façon récurrente

✧ Favoriser l'utilisation de produits chimiques adaptés lors des opérations de nettoyages mécaniques

Gestion du risque lié à la maintenance

Nettoyage mécanique (3/3)

Nettoyage aux jets moyennes et hautes pressions

- ✧ Protéger l'environnement de l'envol d'aérosols
- ✧ S'assurer que les bâtiments adjacents sont vides

OU

- ✧ Fermer les prises d'air pendant l'opération

Gestion du risque lié au traitement d'eau

Efficacité du nettoyage chimique

Le nettoyage chimique n'est pas efficace:

- ✧ Lors d'une seule injection isolée
L'action chimique détache environ 90% de la contamination
- ✧ lorsque la concentration est trop faible (sous dosage)

Le nettoyage chimique est efficace s'il est injecté en permanence

- ✧ Injections continues avec asservissement au volume d'eau d'appoint
 - 💣 en absence d'asservissement: ↘ efficacité en cas de fuites d'eau
- OU**
- ✧ Injections discontinues (basées sur le temps de 1/2 séjour)
 - 💣 ↘ efficacité en cas de fuites d'eau incontrôlées
- ET**
- ✧ Utilisation en complément des nettoyages mécaniques

Exemple

Sous dosage des biocides

Cas des Biocides non oxydants

Concentration injectée insuffisante

OU

temps de contact insuffisant

- Vitesse d'injection du biocide trop lente
- Purge de déconcentration ouverte pendant le traitement
- Fuites d'eau incontrôlées (💧 fonctionnement en eau perdue)
- Circulation des volumes d'eau insuffisant

Cas des Biocides oxydants

Concentration en résiduel insuffisante

- pas d'asservissement de l'injection à la mesure de résiduel
- variation incontrôlée de la qualité de l'eau
- interaction des produits (biocides non oxydants)

Nettoyage ponctuel : insuffisant

Que se passe t-il lors d'une injection isolée de biodispersant ou de biodétergent ?

(= Nettoyage non permanent)

Au moment de l'injection:

- ✧ Mise en suspension des dépôts
 - ↗ de la turbidité de l'eau du circuit
 - Formation de mousses
 - Les purges de déconcentration et la filtration dérivée ne permettent pas d'éliminer les matières en suspension.
 - ↘ de l'efficacité des traitements biocides dans ces conditions
- ✧ Elimination de la partie superficielle du biofilm
Fragilisation, le biofilm est + sensible aux forces hydrauliques
- ✧ Elimination du produit de nettoyage avec les purges
- ✧ Re-formation de dépôts jusqu'à l'injection suivante
- ✧ Contamination possible de l'eau par le biofilm fragilisé



Quelques heures

Nettoyage permanent : efficace

Circulation de tous les volumes d'eau INDISPENSABLE
Injection permanente de biodispersant ou biodétergent

Première injection

- ✧ **Mise en suspension des dépôts**
 - ↗ de la turbidité de l'eau du circuit
 - Formation de mousses
- ✧ **Fragilisation du biofilm**
 - ↗ de la concentration en bactéries dans l'eau (y compris légionelles)
- ✧ **Chute de turbidité de l'eau qui reste stable**
 - ☛ Pas de corrélation avec la concentration en bactéries dans l'eau
- ✧ **Élimination progressive des dépôts biologiques**
 - Réduction de la formation de mousses
- ✧ **Élimination des éléments en suspension**
 - Via le renouvellement d'eau et la filtration

Circuit nettoyé: la maîtrise du risque de prolifération facilitée



**Environ
2 mois**

Phase de nettoyage suivi de paramètres

- Turbidité de l'eau : ↗ dès la première injection
 ↘ en quelques jours
- Analyses microbiologiques : ↗ dès la première injection,
 ↘ après 1 à 2 mois
 ↘ de la formation de mousses

**Cet équilibre est fragile
il faut le contrôler en permanence**



Phase de nettoyage gestion du risque

Le risque est élevé pendant toute la durée du nettoyage

Une désinfection permanente pendant cette période est indispensable

Exemple de moyens pour réduire le risque:

✧ Réalisation du nettoyage ventilateur à l'arrêt avant le redémarrage d'une installation

OU

- ✧ Réalisation du nettoyage sur une installation en service
- nettoyage mécanique préalable de parties de l'installation pouvant être isolées et particulièrement encrassées.
 - désinfection **soutenue et permanente**
 - ↗ de la fréquence des analyses réalisées
 - limiter si possible l'accès dans l'environnement des tours

Formation de mousses lors du nettoyage chimique

La formation de mousses perturbe le bon fonctionnement de l'installation

- ▶ Fractionner le volume injecté sur la journée
- Ne pas injecter d'antimousse
(ou exceptionnellement pour des raisons de sécurité afin d'éviter l'arrêt de l'installation)

Formation de mousse dans le détecteur de niveau d'eau du bac des tours
→ Faussement interprété « niveau haut »
→ L'appoint ne compense plus les pertes d'eau



Gestion du risque lié au traitement d'eau

Désinfection : choix du biocide

En fonction des caractéristiques du site

- ✧ **Qualité physico-chimique de l'eau**
En particulier le pH
- ✧ **Temps de 1/2 séjour**
Exemple: L'isothiazolone nécessite un temps de contact long
(minimum 4h) → (incompatible avec des temps de séjour trop courts)
 - * généralement les molécules dites à action rapide ont une durée de vie courte (attention aux injections trop lentes)
- ✧ **Des consignes d'exploitation**
Gestion des purges, traitement oxydant ...

Gestion du risque lié au traitement d'eau

Interactions entre biocides

Injection d'un biocide non oxydant sur une installation traitée en continu avec un oxydant

Incompatibilité de certains biocides non oxydants avec les oxydants

Exemple : DNBPA*, Glutéraldéhyde

Dans ce cas, une procédure de traitement choc peut être :

- 1- Provoquer une purge de déconcentration
- 2- Arrêter l'injection de biocide oxydant
- 3- Injecter le biocide non oxydant
Contrôler l'absence de purge de déconcentration
- 4- Attendre le temps nécessaire à l'action du biocide
(spécifique de chaque molécule mais ~ 4 heures)
- 5- Remettre en service l'injection du biocide oxydant & la purge de déconcentration

* 2,2-dibromo-3-nitrilopropionamide



Gestion du risque lié au traitement d'eau

Interactions entre biocides

Cas particulier

- ✧ **Pas d'asservissement** de l'injection du biocide oxydant à la mesure de résiduel dans le circuit
- ✧ **Impossibilité de stopper l'injection du biocide oxydant** pour des raisons de sécurité propres à l'installation
 - Réduire au minimum le volume de biocide oxydant injecté pendant la durée de traitement

Gestion du risque lié aux procédures techniques

Définition des objectifs et de la méthodologie

- Fréquences d'intervention (spécifiques à chaque installation)
- Choix des produits, stockage avant l'intervention
- Séquences des interventions (description précise)
- Précautions particulières (Personnel, environnement, jet haute moyenne & pression: **risque de dissémination d'aérosols contaminés**)

Gestion du risque lié à la surveillance

Observation & suivi

Plans de l'installation

- ↪ A jour
- ↪ Représentation schématique de l'installation avec les lieux d'injection de produits, les lieux de prélèvement ...

Matériel d'injection des produits chimiques

- ↪ Tenir compte des problèmes de surpression sur le réseau
- ↪ Identifier les points d'injection et de prélèvement pour analyses

Localisation des sondes & analyseurs

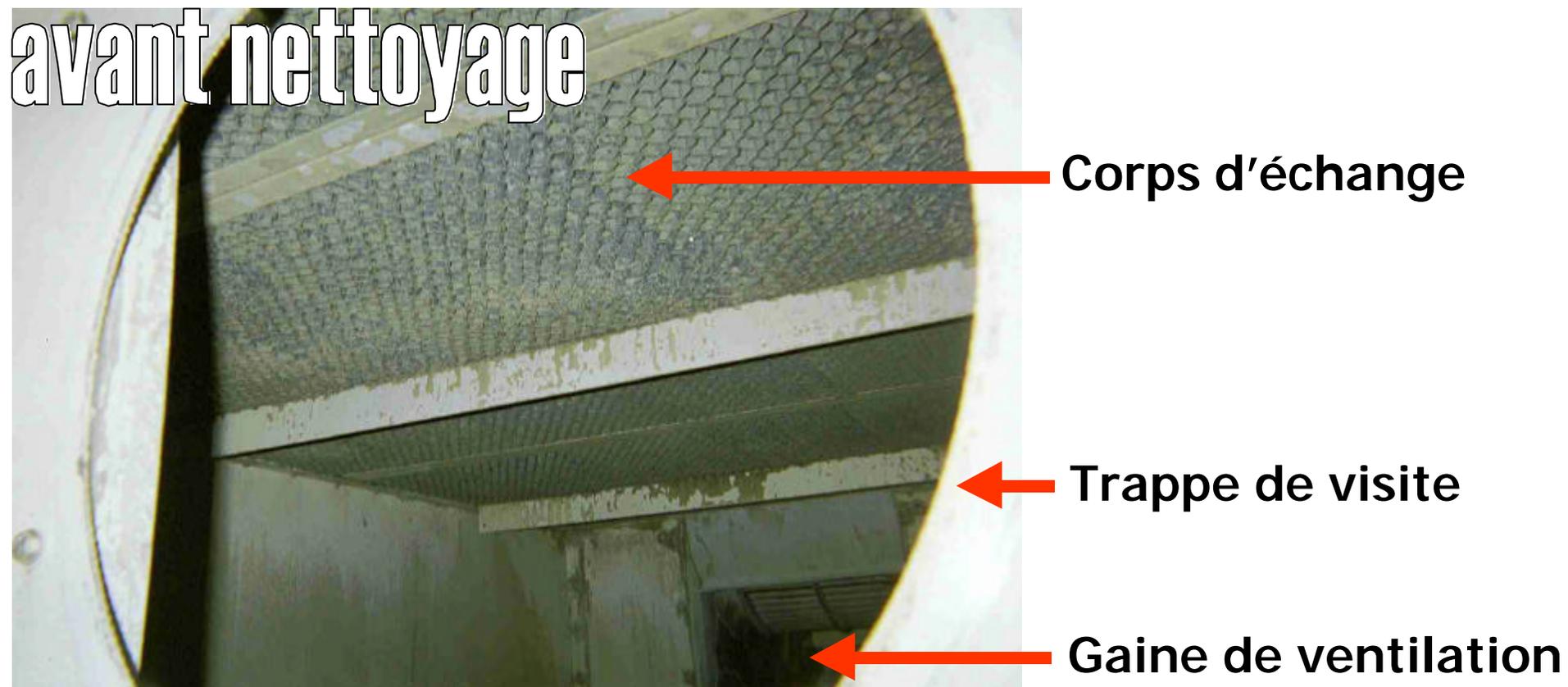
- ↪ Sur canalisation où l'eau circule en permanence
- ↪ En amont des points d'injection des produits chimiques
- ↪ Environnement protégé des paramètres externes (température, soleil...)

Exemple

Entartrage de la tour (1/3)

Corps d'échange vu de dessous (par la trappe de visite)

Dépôt carbonaté généralisé de 2 à 3 dixièmes de millimètres d'épaisseur

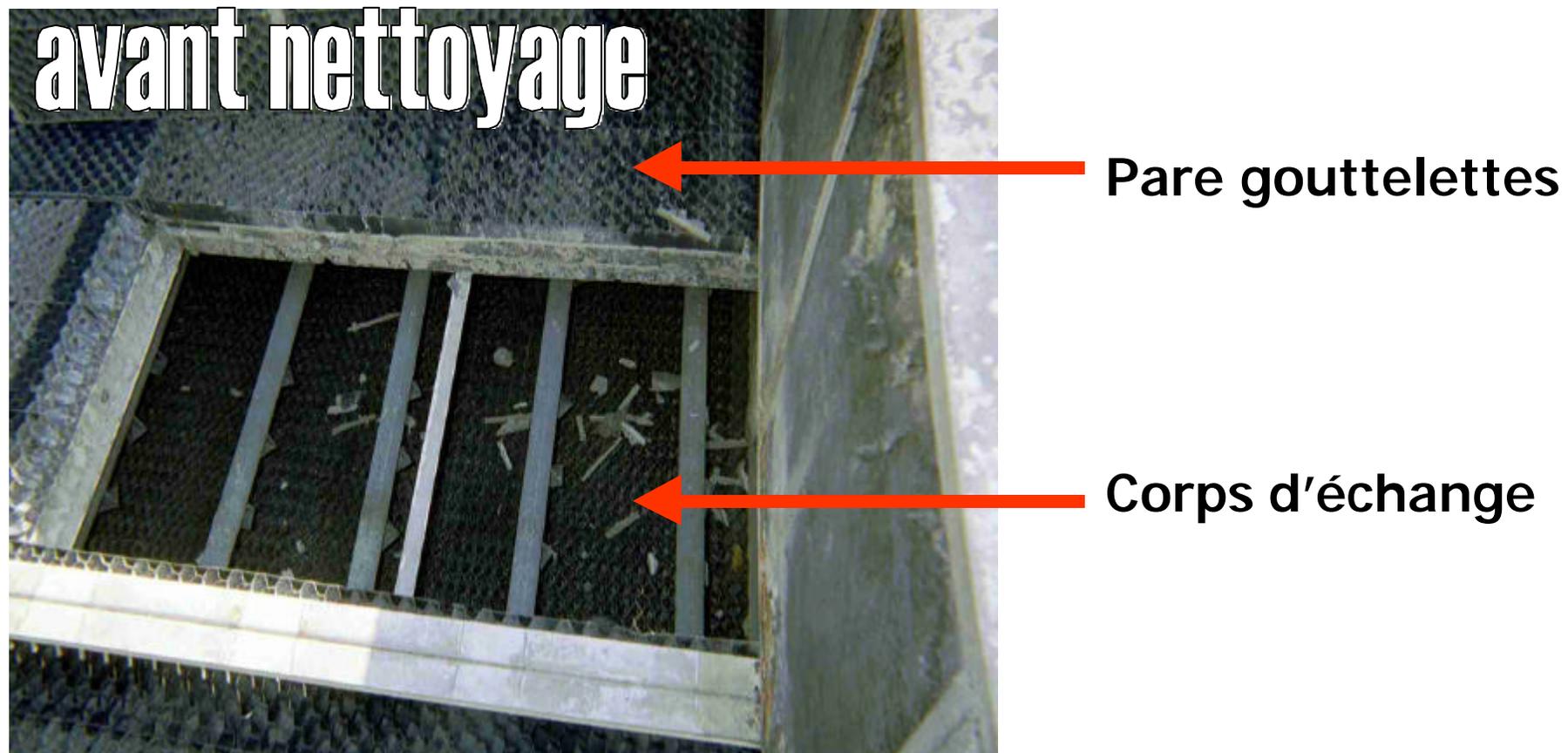


Exemple

Entartrage de la tour (2/3)

Pare gouttelettes et corps d'échange vus de dessus

Des dépôts de tartres « tombent » du pare gouttelettes lorsqu'il est retiré.



Exemple

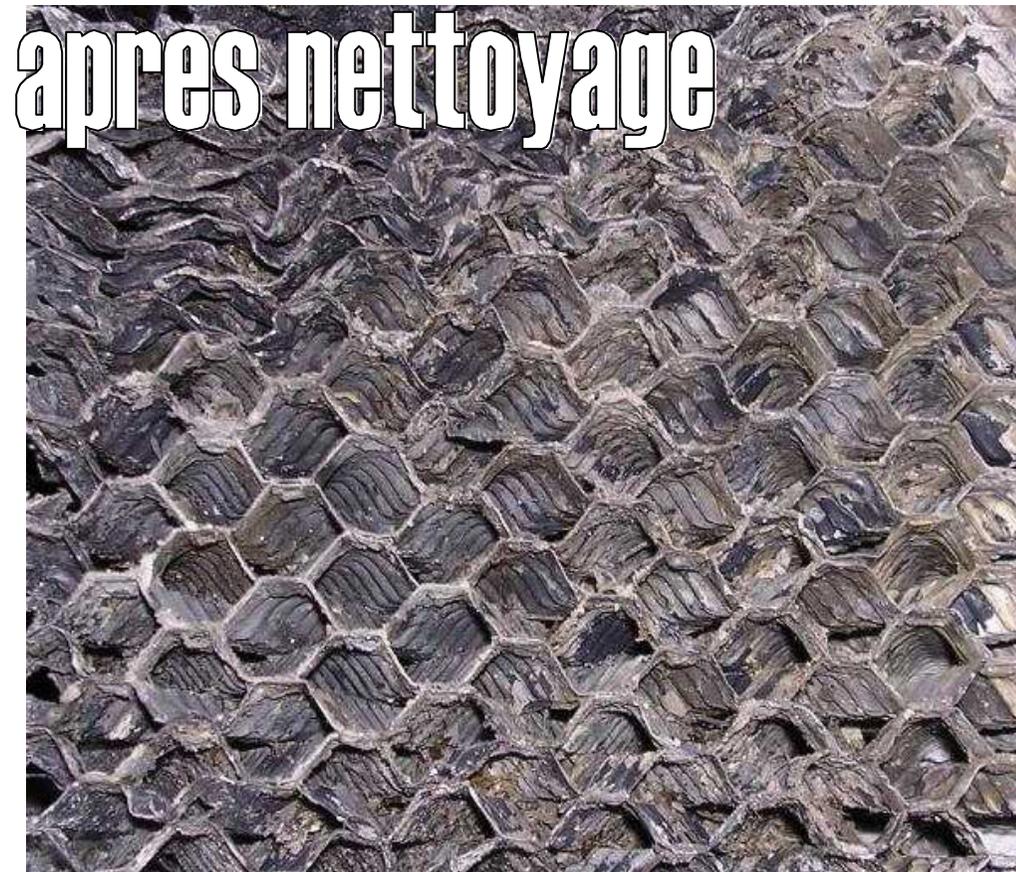
Entartrage de la tour (2/3)

Observation du corps d'échange après détartrage.

Avant nettoyage: le poids a triplé

Après nettoyage: le poids reste le double

Le nettoyage a été réalisé trop tardivement



Carnet de suivi

Outil d'aide à la gestion du risque légionelle

Objectifs

- ✧ Reporter l'historique des événements

ET

- ✧ Base de données exploitable pour une meilleure gestion
- ✧ Outil d'aide
 - à l'interprétation et compréhension des dérives
 - à la révision et adaptation des procédures préventives
 - à la révision de l'analyse de risque
 - à l'intégration routinière de la gestion du risque « légionelle » sur une installation

Partie 4

Surveillance & méthodes d'analyses

Plan de surveillance

Prélèvements pour analyses

Analyses de légionelles

Autres indicateurs

Sécurité

Plan de surveillance

Suivi des paramètres indicateurs de dérives

- **Représentativité des analyses**
(lieu de prélèvement, modalités, ...)
- **Interprétation des résultats** et réactivité en cas de dérive
- **Identification des événements** à l'origine de la dérive
- **Révision éventuelle des procédures préventives**

Paramètres indicateurs

Identification de paramètres indicateurs
de l'efficacité des actions mises en œuvre



Etablir les **limites critiques** pour chaque paramètre
valeur cible - valeur d'alerte - valeur d'action



Identification des **actions correctives**
à mettre en œuvre si un paramètre dérive
Rédaction de **procédures préventives & curatives**



Surveillance de l'évolution des paramètres indicateurs



Mise en œuvre immédiate des procédures en cas de dérive



Recherche de **l'origine de la dérive**
Retour d'expérience

Partie 4

Surveillance & méthodes d'analyses

Plan de surveillance

Prélèvements pour analyses

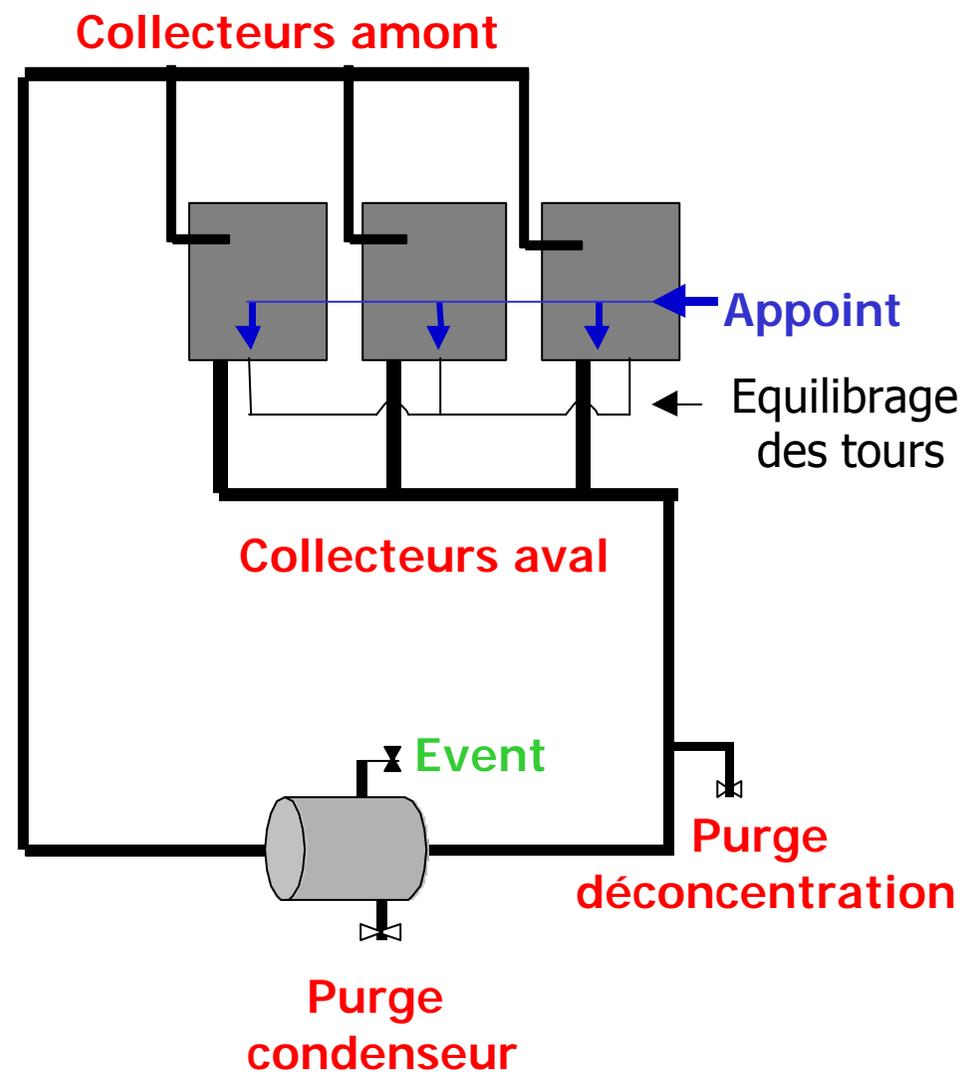
Analyses de légionelles

Autres indicateurs

Sécurité

Lieu de prélèvement pour analyses

Objectif: avoir un prélèvement représentatif de l'eau en circulation



REPRESENTATIFS

- Collecteurs (amont ou aval des tours)
- Purge de déconcentration
- Purge du condenseur

- Bac de tour: après contrôle de la conductivité de l'eau du bac/réseau

NON REPRESENTATIFS

- Evènement

→ Réalisation du prélèvement sur une installation et un équipement en service

Analyses microbiologiques

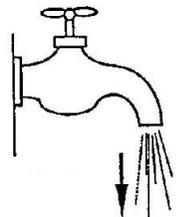
Méthode de prélèvement

- ✧ **Flaconnage : 1 litre**
 - ↪ Stérile contenant un inhibiteur de biocide oxydant
- ✧ **Réalisation du prélèvement**
 - ↪ Sur installation et équipement en service
 - ↪ Sur un point représentatif de l'eau en circulation
 - piquage, vanne, purge...
 - dans un bac de tour (●* contrôle conductivité)
- ✧ **Identification du prélèvement**
 - ↪ Nom du site
 - ↪ Lieu de prélèvement
 - ↪ Date et heure
 - ↪ Nom du préleveur
 - ↪ Indications sur les traitements biocides
- ✧ **Acheminement au laboratoire**
 - ↪ Conditions de transport

Analyses microbiologiques

Prélèvement à partir d'une vanne

A partir d'un robinet, d'une vanne, d'un piquage, d'une purge



Ouvrir et laisser couler la purge



Ouvrir le flacon

Poser le bouchon à l'envers ou
le tenir sans poser le doigt à l'intérieur

Passer le flacon sous le flux d'eau
ne pas toucher le robinet avec le goulot



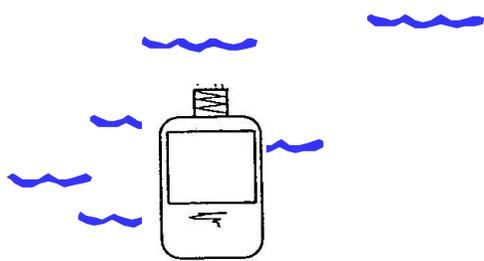
Arrêter la purge

Ne pas faire déborder le flacon

Analyses microbiologiques

Prélèvement dans un bac

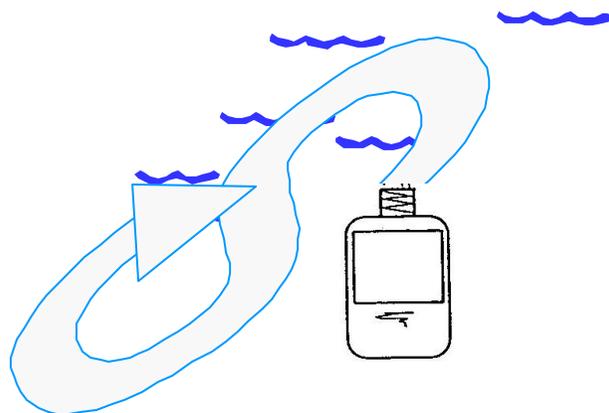
A partir d'un bac de tour



Ouvrir le flacon

Poser le bouchon à l'envers ou le tenir sans poser le doigt à l'intérieur

Ne pas toucher le robinet avec le goulot



Plonger le flacon dans l'eau verticalement

Remplir le flacon en réalisant un 8 dans l'eau

→ le flacon est toujours vertical

Sortir le flacon sans le renverser

Reboucher

Analyses microbiologiques

Conservation et transport de l'échantillon

Conditions de prélèvement et d'acheminement au laboratoire

- ✧ Si réception immédiate (< 3h): transport à température ambiante
- ✧ Si réception le lendemain du prélèvement: transport en glacière
Eviter le choc thermique
- ✧ Si réception le surlendemain du prélèvement (exceptionnel): transport en glacière réfrigérée

**Délai entre prélèvement et le début de l'analyse
< 48 heures**



Partie 4

Surveillance & méthodes d'analyses

Plan de surveillance
Prélèvements pour analyses

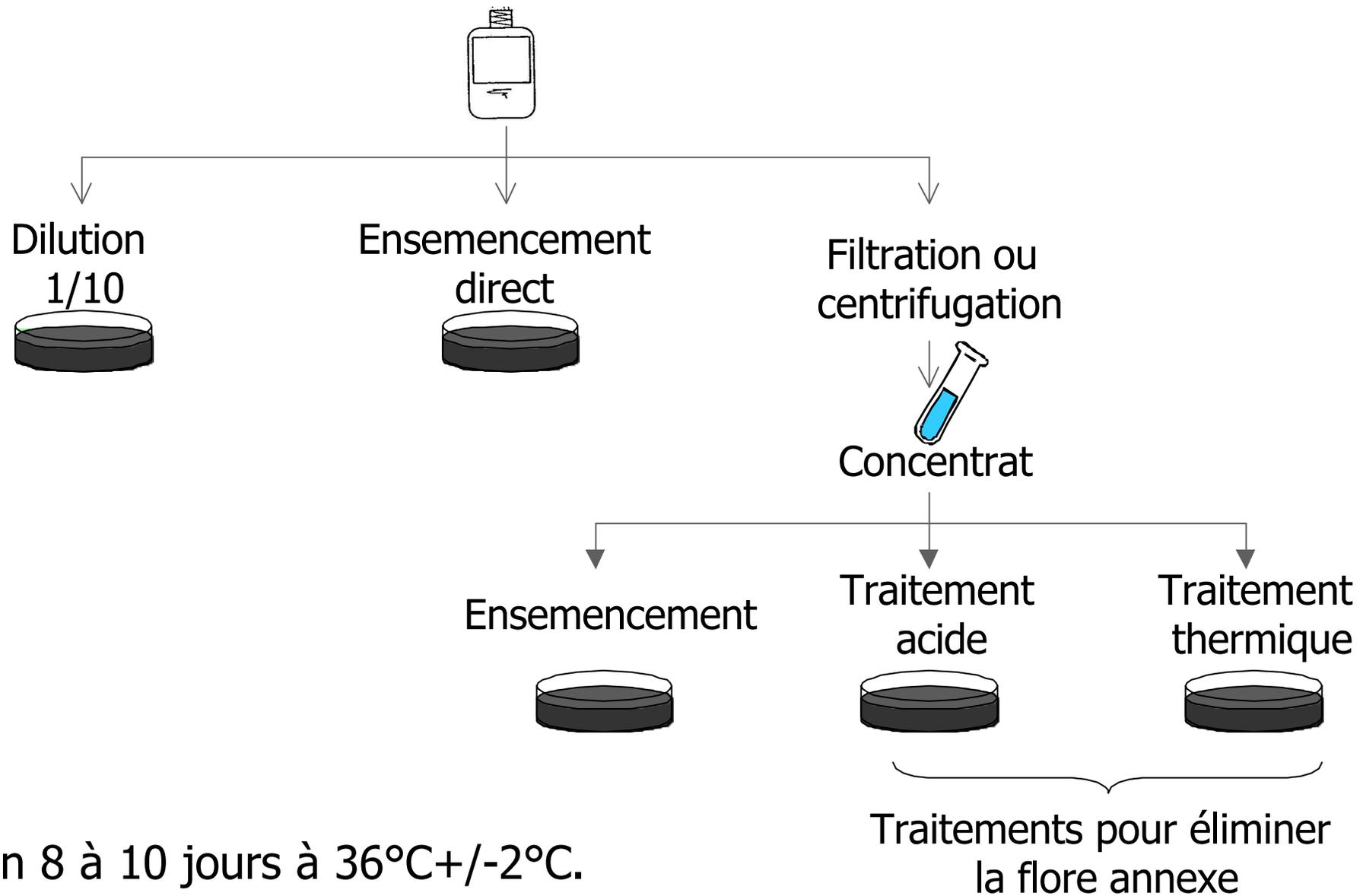
Analyses de légionelles

Autres indicateurs

Sécurité

Analyses de légionelles

Méthode par culture NFT 90-431 (2003)



Incubation 8 à 10 jours à 36°C+/-2°C.

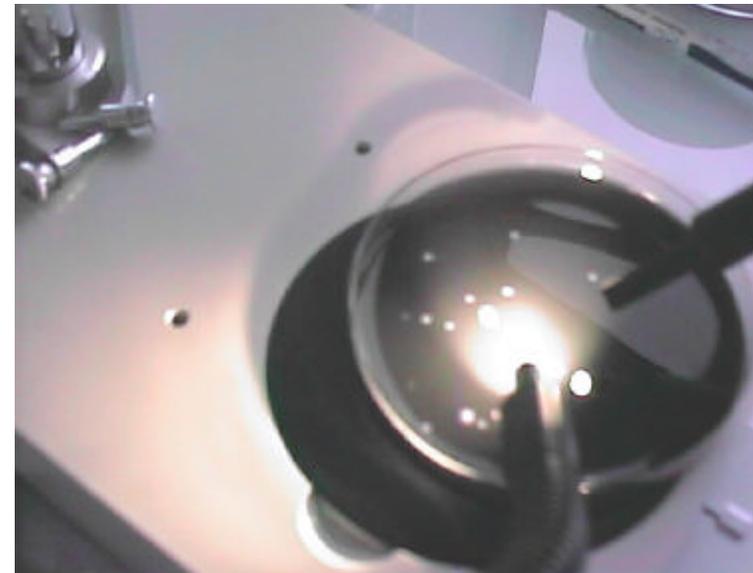
Analyses de légionelles

Méthode par culture NFT 90-431 (2003)

Incubation pendant 8 à 10 jours à $37^{\circ}\text{C} \pm 1$

Examen des boîtes au moins à 3 reprises

→ à partir de 3-4 jours jusqu'à la fin de la période d'incubation

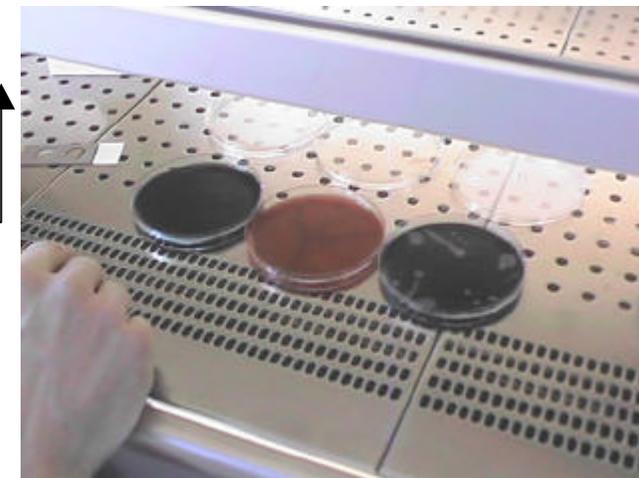
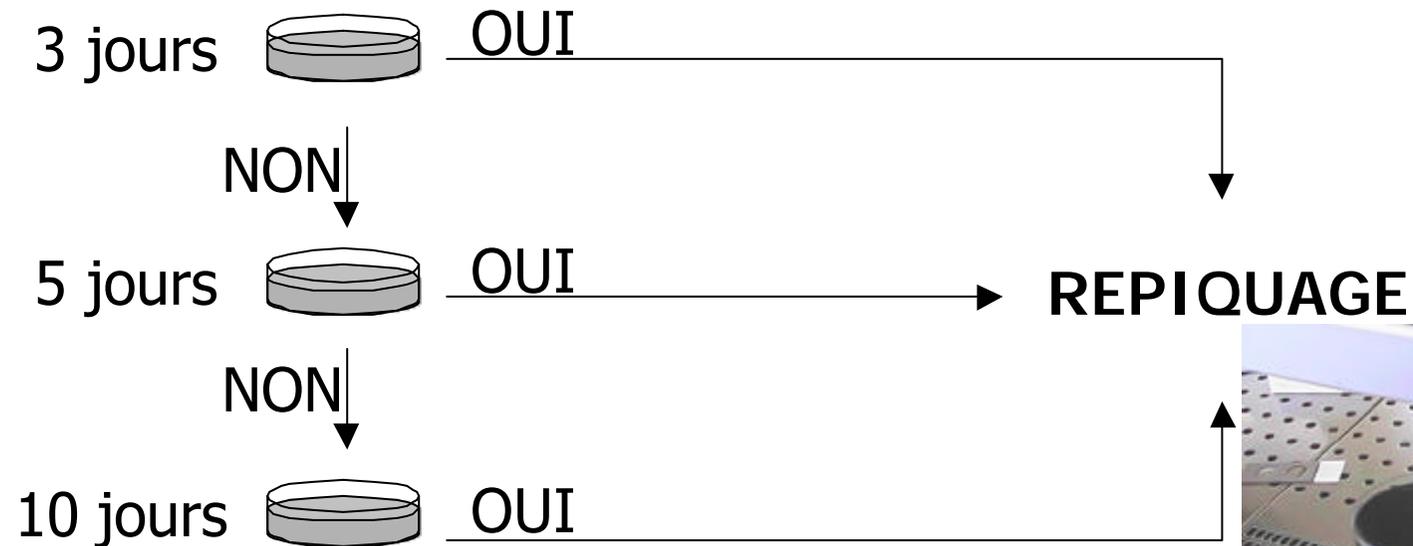


Comptage des colonies caractéristiques
Résultats exprimés en Unité Formant Colonies/Litre

Analyses de légionelles

Lecture des résultats

Lecture des boites : croissance de colonies typiques?



Analyses de légionelles

Lecture des résultats

Repiquage sur milieux spécifiques
Incubation 3 jours à 37°C ± 1

Absence de légionelle

< 250 UFC/l
Legionella sp

ou

< 500 UFC/l
Legionella sp
si l'analyse a été réalisée sur 500 ml
pour des difficultés de filtration

Moins de 5 colonies de légionelles

< 250 UFC/l
Présence de Legionella non quantifiables

Nombre de colonies de légionelles > 5

Legionella en UFC/l

Tests spécifiques

Legionella pneumophila
séro groupe 1 à 14

Legionella sp

Analyses de légionelles

Flore annexe interférente

Si la boîte de culture est envahie par des colonies autres que légionelle, le résultat rendu par le laboratoire peut être :

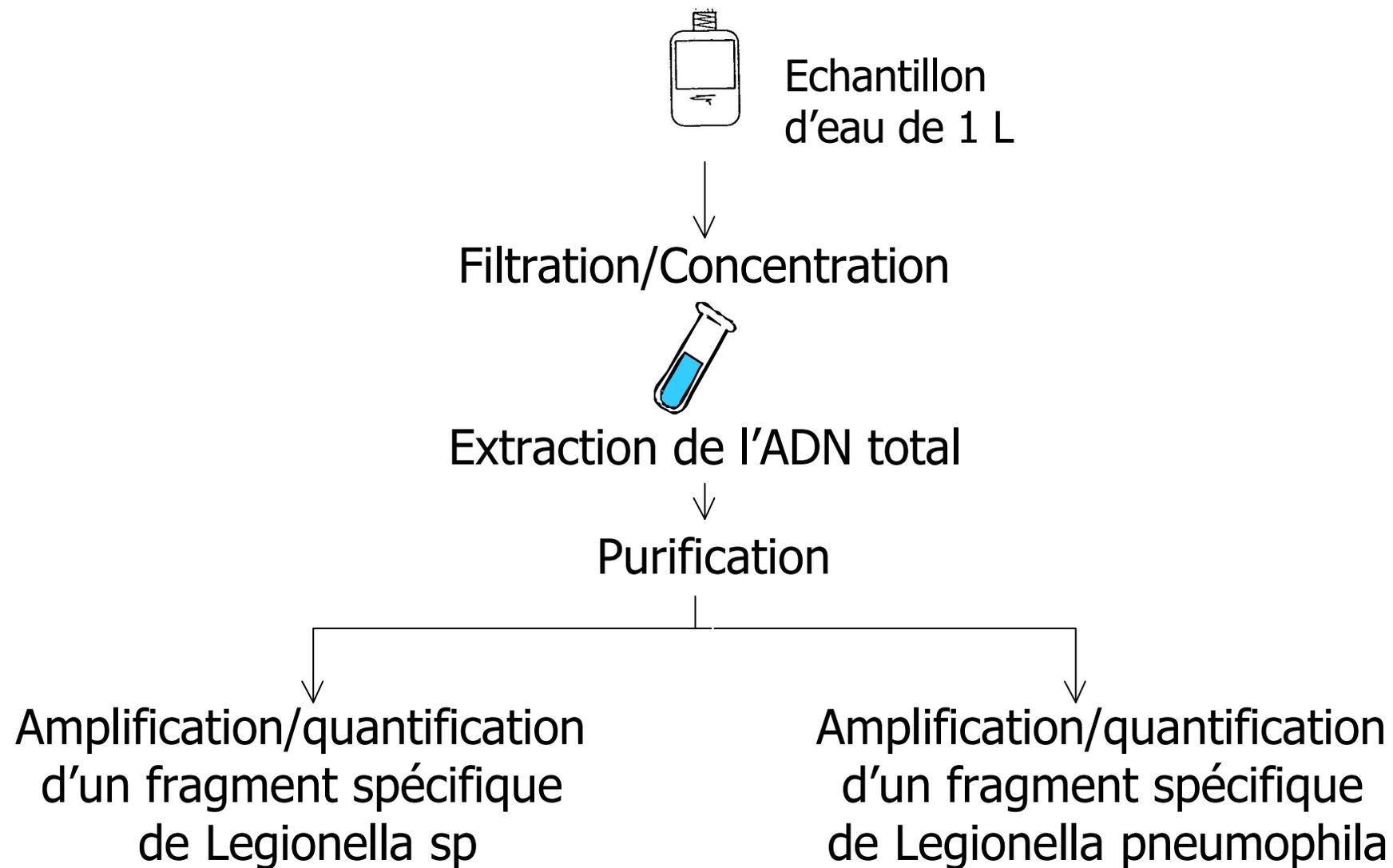
→ analyse non interprétable

OU

<250 UFC/l, Absence de légionelle
Commentaire : flore annexe abondante

Analyses de légionelles

la PCR - principe



Résultat en 1 jour : légionelles **Unité Génome/Litre**

Analyses de légionelles

Culture / PCR

Deux méthodes complémentaires

- ✧ Les résultats PCR et Culture ne sont pas comparables entre eux (unités différentes).
- ✧ Par PCR les légionelles viables mais non cultivables sont quantifiées
Le résultat PCR est supérieur au résultat par culture.
- ✧ Les seuils réglementaires définis pour la méthode par culture ne s'appliquent pas à la méthode PCR.
L'interprétation d'une série de résultats PCR est un outil permettant d'anticiper le risque de prolifération

Partie 4

Surveillance & méthodes d'analyses

Plan de surveillance
Prélèvements pour analyses
Analyses de légionelles

Autres indicateurs

Sécurité

Indicateurs biologiques

Flore totale

Appelée aussi à défaut: flore annexe ou bactéries totales ou germes totaux

Représente une fraction de bactéries:

- ✧ Aérobie (besoin d'oxygène)
- ✧ Mésophile (revivifiables à 22°C)

↗ Concentration en flore totale (par rapport au niveau de base)

▶ Défaut de traitements chimiques

- Dysfonctionnement d'un appareillage,
- Modification de la qualité de l'eau sans adaptation du traitement,
- Mise en circulation d'un bras mort ...

Avantages

- ✧ Coûts < à l'analyse de légionelle
- ✧ Analyses effectuées en laboratoire ou sur site
 - définir une méthodologie toujours identique

Inconvénient

→ Pas de corrélation avec la présence ou l'absence de légionelle

Indicateurs biologiques

ATP

Mesure de la quantité d'Adénosine Triphosphate (ATP)

- ✧ Evaluation de l'activité microbienne,
- ✧ Test de terrain.

Avantage

- ✧ Résultat obtenu en quelques minutes.

Inconvénients

- ✧ Peu fiable sur les eaux de circuit de refroidissement.
- ✧ La corrélation avec la flore aérobie revivifiable est difficile. Elle dépend du milieu de culture.

Analyses physico-chimiques

Prélèvement & conservation de l'échantillon

Mêmes modalités de prélèvement que pour les paramètres biologiques

MAIS

- ✧ **Pas d'inhibiteur de biocide oxydant**
- ✧ **Flacon propre mais non stérile**
 - Le flacon est rincé avec l'eau à analyser avant prélèvement
 - certaines analyses (sur les rejets en particulier) exigent des flacons spéciaux avec ou sans réactifs
- ✧ **Conditions de transport**
 - Aucune sauf cas particuliers à définir avec le laboratoire

Indicateurs d'efficacité

Lutte contre l'entartrage

- ✧ Mesure des paramètres physico-chimiques (TH, TAC...),
- ✧ Contrôle des pertes de charges
- ✧ Contrôle des performances thermiques de la tour...
- 💣 des pics de concentrations en TH sur un site alimenté en eau adoucie (dysfonctionnement de l'adoucisseur) = **risque d'entartrage fort**

Indicateurs d'efficacité

Lutte contre la corrosion

- ✧ Analyses des coupons témoins représentatifs de la métallurgie de l'installation,
- ✧ Suivi en continu avec un appareil en ligne (sondes électrochimiques),
- ✧ Dosage de la teneur en produit de traitement dans le circuit,
- ✧ Inspection visuelle des parties accessibles,
- ✧ Mesure de la DCO*, provenant de fuite process au niveau de fissurations du circuit
 - 💣 les injections de biocides non oxydants augmentent la DCO et masquent le marqueur corrosion

* Demande Chimique en Oxygène



Exemple

Contrôle de la vitesse de corrosion

Rampe de corrosion placée en dérivation sur le circuit



Coupon cuivre



Coupon acier

Contrôles en laboratoire

- lavage des coupons
- observation (état de surface)
- pesée (perte de poids)



Exemple

Dérive d'un indicateur

La turbidité

Installation en appoint d'eau non potable sous influence externe

Pendant les périodes de fortes pluies ou l'été à l'étiage : ↗ Teneurs en MES

Risque : formation de dépôts & ↘ de l'efficacité des traitements

Basculer en eau potable (si c'est prévu en appoint secours)

☛ Adapter les consignes de traitement d'eau :

- Changer le quota de régénération de l'adoucisseur
- Modifier les valeurs cibles (Biocide oxydant par exemple)
- Vérifier les dosages des dispersants
- Refaire la procédure inverse lorsque le risque est passé

OU

Augmenter les purges de déconcentration

Contrôler le bon fonctionnement du filtre dérivé

- ↗ des fréquences de rétrolavages (compteur de rejets d'eau)

Vérifier les dosages des dispersants

Indicateurs d'efficacité

Désinfection : Biocide oxydant

Mesure continue via analyseurs

- ✧ Mesure de la concentration en oxydant: colorimétrie, ampérométrie
- ✧ Mesure du potentiel d'oxydo réduction « Redox »
 - ☛ un étalonnage de l'appareil Redox est fortement conseillé, la corrélation Redox/Oxydant résiduel est spécifique de la qualité d'eau de chaque site.

Prélèvement d'échantillon pour analyse

Analyse effectuée sur site:

- ✧ Avantage: résultat immédiat
- ✧ Inconvénient: besoin d'un minimum d'équipements et réactifs

Effectuées au laboratoire:

- ✧ Avantage: pas de matériel sur place
- ✧ Inconvénient: pas de résultat immédiat

Indicateurs d'efficacité

Lutte contre le biofilm: Nettoyage chimique

- ✧ Pas de moyens de dosage simple
- ✧ La formation de mousse reflète souvent soit une présence de matière vivante soit un sur-dosage du produit
- ✧ Une augmentation anormale de la turbidité au moment de l'injection du biocide (qui peut contenir un biodispersant selon la formulation) peut traduire **un nettoyage insuffisant**
- ✧ Si l'injection du biodispersant ou biodétergent est
 - en continu: ↗ la concentration injectée
 - en discontinu: ↗ la fréquence d'injection
 - en choc: corriger pour nettoyer en permanence
- ☛ Pas de corrélation entre une turbidité stable et faible et l'absence ou la présence de légionelle

Carnet de suivi

Outil d'aide à la gestion du risque légionelle

Objectifs

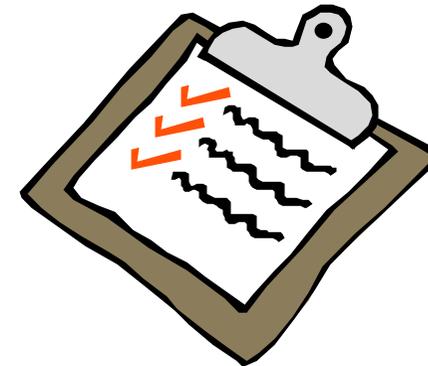
✧ Reporter l'historique des événements

ET

✧ Base de données exploitable pour une meilleure gestion

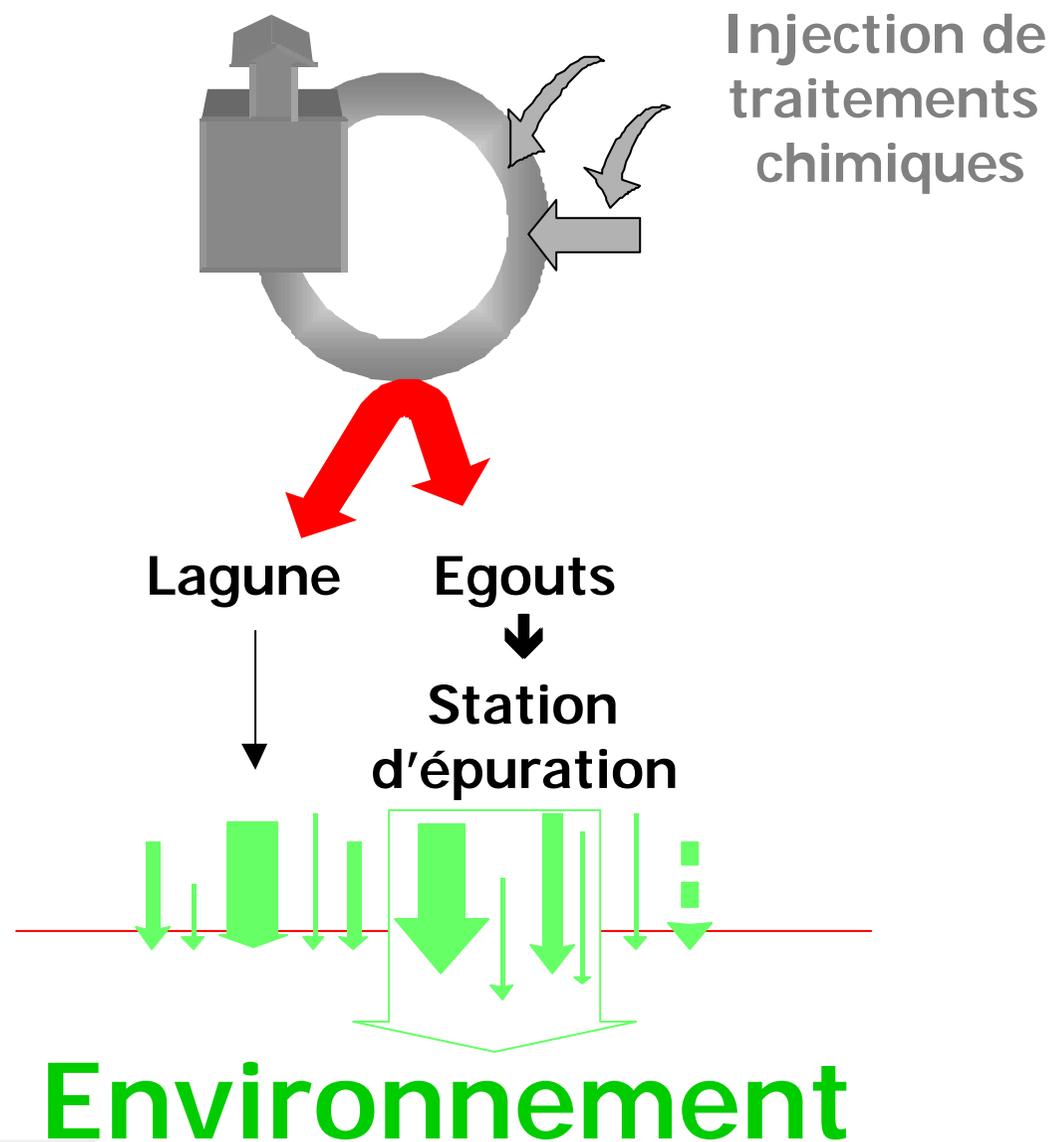
✧ Outil d'aide

- à l'interprétation et la compréhension des dérives
- à la révision et l'adaptation des procédures préventives
- à la révision de l'analyse de risque
- à l'intégration routinière de la gestion du risque « légionelle » sur une installation



Impact sur l'environnement

Les rejets de purges de déconcentration



La purge de déconcentration
contient
les
Produits de traitements

Contrôles quantitatifs et qualitatifs
pH, DCO, DBO5, MES, AOX, THM ...

Partie 4

Surveillance & méthodes d'analyses

Plan de surveillance
Prélèvements pour analyses
Analyses de légionelles
Autres indicateurs

Sécurité

Protection du Personnel

Identification des risques

Risques liés aux légionelles

- Protections individuelles

Risques liés aux produits chimiques

- Etiquetage des fûts
- Stockage: identification du produit, indicateur de remplissage, alarme niveau haut, évent « chapeauté », cuve de rétention avec point bas...
- Protections individuelles: gants, lunettes, bottes
- Fiches de Sécurité disponibles
- Elimination des déchets (fûts vides, boues après nettoyages mécaniques...)
- Consignes en cas d'accident, d'incendie ou de fuite de produit
- Premiers secours



Protection individuelle

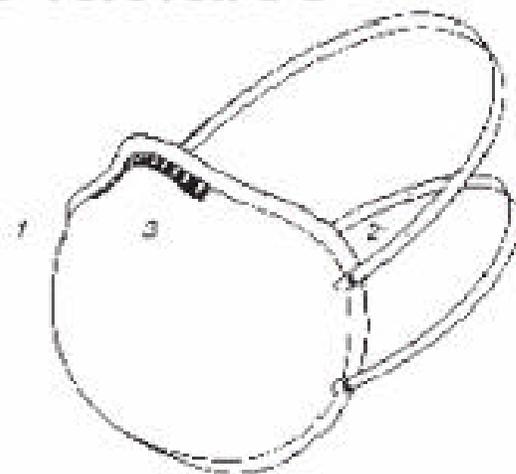
Filtres anti-aérosols

Norme NF EN 143: 3 classes de protections faciales

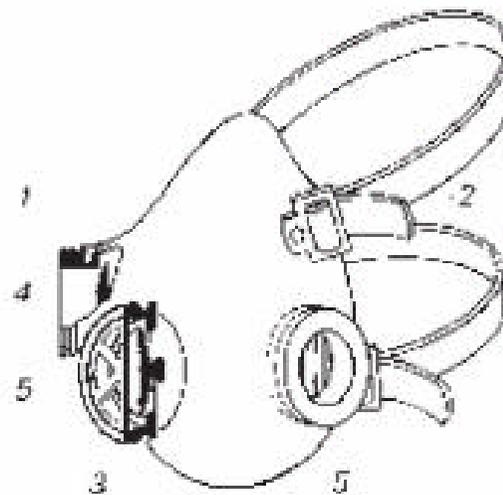
- ✧ Testé sur aérosol de NaCl de diamètre médian 0,6 μm et
- ✧ Aérosol d'huile de paraffine
 - P1 (faible efficacité): pénétration < 20%
 - P2 (efficacité moyenne): pénétration < 6%
 - P3 (haute efficacité): pénétration < 0.05%

Inconvénient: colmatage progressif

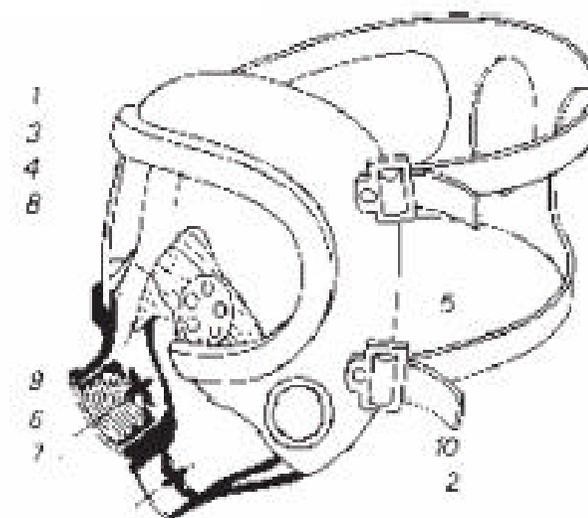
Demi masque filtrant



Demi masque



Masque complet



Conclusion (1/2)

Le management du risque légionelle doit:

- ✧ Être intégré à la vie de l'exploitation,
- ✧ Devenir un critère de bonne gestion, au même titre que les performances thermiques ou financières.

La lutte efficace contre le biofilm exige un nettoyage permanent de toutes les surfaces en contact avec l'eau.

Il est nécessaire de considérer tous les aspects de l'installation susceptibles de générer un risque...

...Conception, Implantation, Exploitation, Maintenance et Surveillance

Conclusion (2/2)

L'efficacité des traitements dépend:

- ✧ Des conditions de mise en œuvre des biocides,
- ✧ De la surveillance des paramètres indicateurs,
- ✧ De la coordination des intervenants,
- ✧ De la mise en place d'actions préventives adaptées.

Il est nécessaire de:

- ✧ Former les opérateurs,
- ✧ Réaliser une « analyse des risques » méthodique sur les installations.