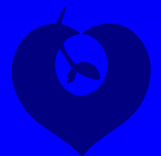


ALUMINIUM

Dr Lynda BENSEFA-COLAS

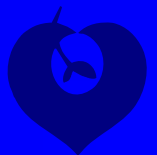
Service de pathologie professionnelle
GH COCHIN ST VINCENT DE PAUL



ALUMINIUM

- **Sources**

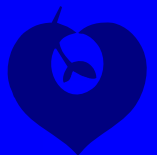
- 8 % de la croûte terrestre
 - 3ème constituant de la croûte terrestre
- silicates, fluorosilicates
- Minerai rouge : bauxite = 55 % Al_2O_3



ALUMINIUM

- **Utilisation**

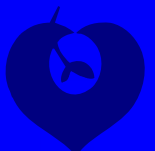
- Objets métalliques :
construction, industrie automobile et aéronautique, ustensiles de cuisine, décoration, emballages, films alimentaires, matériels dentaires, matériels électriques
- Revêtements anticorrosion – Peintures
- Tannages des peaux ; mordantage des textiles (aluns)



ALUMINIUM

• Utilisations

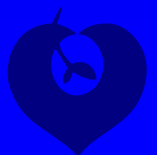
- . Mortiers, ciments
- . Traitement de l'eau (sulfate, silicates)
- . Production du papier
- . Verrerie (borates, silicates)
- . Céramique (borates, silicates)
- . Médicaments (pansements digestifs, vaccins...)
- . Antiperspirants
- . Catalyseurs
- . Abrasifs (émeri à base de corindon, alumine cristalline)
- . Explosifs



ALUMINIUM

- **Air**

- érosion, sources industrielles, automobiles
- air urbain $\approx 1000 \text{ ng/m}^3$ (160 - 8000)
- air campagne $\approx 200 \text{ ng/m}^3$ (20 - 640)
- eau de pluie, neige : 10 - 1200 $\mu\text{g/L}$



ALUMINIUM

- **Exposition professionnelle**

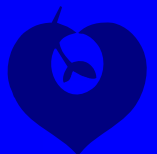
- soudage Al : 0,2 - 37,2 mg/m³
- production poudre Al : 5 - 21 mg/m³
- affinage électrolytique : 0,2 - 4,9 mg/m³
- fonderies : < 1 mg/m³

VME fumées soudage Al : 5 mg/m³

VME poussières métal et sels : 5 mg/m³

VME poussières d'oxydes : 10 mg/m³

VME poussières sels solubles : 2 mg/m³



ALUMINIUM

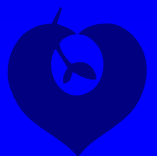
- **Eau de boisson**

- valeur limite : 200 µg/L (eau chaude : 500 µg/L) fixée en raison du risque de coloration

- concentrations variables : < 10 µg/L - > 10.000 µg/L)

- forme variable

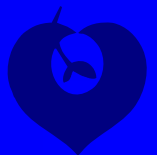
- source d'apport mineure : (< 5 %), dans la plupart des cas



ALUMINIUM

- **Végétaux**

- Certaines plantes accumulent Al
- Concentrations inférieures à 6 mg/kg dans les légumes
 - Sauf concombre et laitue
 - Teneurs élevées dans herbes aromatiques (> 20 mg/kg)
 - Thé, cacao : 10 - 100 mg/kg
 - Epices : 5 - 500 mg/kg
 - Pain - gâteaux : 1 - 30 mg/kg (additifs)



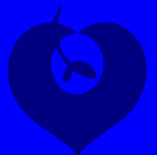
ALUMINIUM

- **Animaux**

- Viandes : 1 - 10 mg/kg

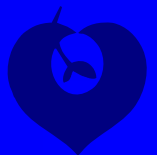
- Poissons : < 5 mg/kg

- Lait et produits laitiers : généralement < 5 mg/kg



ALUMINIUM

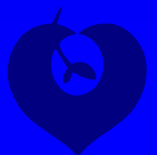
- **Migration à partir des emballages**
 - Dépend de
 - qualité de l'Al
 - existence d'un revêtement (vernis, film plastique)
 - durée du contact
 - pH :
 - . > 8 migration faible
 - . 4 - 8 pas de migration
 - . 2 - 4 migration notable
 - . < 2 migration +++
 - Apport Al par les emballages :
 - . **4 - 13 mg/j**



ALUMINIUM

- **Alimentation**

- concentration variable selon
 - . aliments
 - . additifs
 - . mode de stockage (emballages)
 - . mode de préparation
- apports par les denrées alimentaires :
 - 1 - 20 mg/j
 - généralement **5 - 12 mg/j**



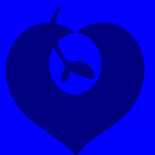
ALUMINIUM

- **Apports quotidiens**

- aliments + boissons + emballages

- 11 - 33 mg/j

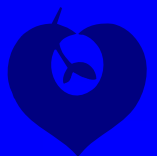
- soit 19 - 55 % DJT (60 mg/j)



ALUMINIUM

- **Médicaments** (hydroxyde, phosphate)
 - plusieurs centaines de mg/j (500 à 5000)

Antiperspirants

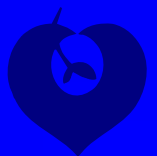


ALUMINIUM

- **Toxicocinétique**

- **Absorption digestive**

- . Principale voie d'entrée environnementale
 - . Absorption faible (généralement $< 1 \%$)
 - . **Augmentée par acide citrique et agrumes**



ALUMINIUM

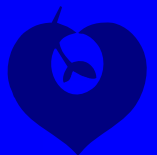
- **Toxicocinétique**

- **Absorption respiratoire**

- Principale voie de pénétration en milieu professionnel
 - Seulement pour fumées et aérosols micro particulaires
 - Rétention pulmonaire des composés insolubles
 - Pas quantifiée

- **Absorption percutanée**

- Très faible, chez l'homme



ALUMINIUM

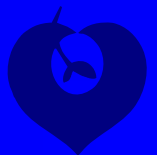
- **Toxicocinétique**

- **Diffusion**

- . 70 - 90 % liés aux protéines (transferrine)
 - . stockage dans l'os

- **Excrétion**

- . Principalement rénale
 - . Elimination urinaire triphasique à l'arrêt de l'exposition (lié à la rétention dans P et Os)
 - $t_{1/2 \alpha} = 8$ heures
 - $t_{1/2 \beta} =$ quelques semaines
 - $t_{1/2 \gamma} > 1$ an



ALUMINIUM

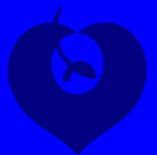
- **Toxicité aiguë**

Dérivés inorganiques :

- très faible
- sels halogénés solubles (chlorure, fluorure) : irritants

Dérivés organiques :

- irritants
- dérivés alkylés : inflammables et explosibles



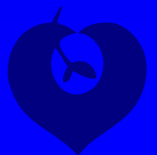
ALUMINIUM

- **Toxicité aiguë**

- Quelques cas d'encéphalopathie :

- . Al métal au contact avec LCR

- . Alun utilisé pour lavage de vessie (ttt de cystites hémorragiques)



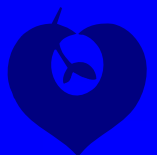
ALUMINIUM

- **Encéphalopathie des dialysés**

Al apporté par dialysats ou gels de phosphate d'aluminium

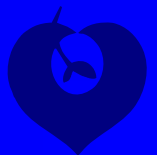
Excrétion rénale faible ou nulle du métal

- Troubles du langage (dysarthrie, mutisme)
- Troubles de l'équilibre et de la coordination
- Détérioration intellectuelle
- Troubles de l'humeur et de la personnalité
- Hallucinations
- Troubles de conscience, myoclonies, convulsions



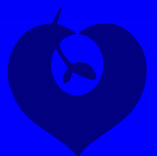
ALUMINIUM

- **Encéphalopathie des dialysés**
 - **Corrélation avec Al s**
 - N < 15 µg/L
 - Altération des fonctions supérieures : ≥ 60 µg/L
 - Signes d'encéphalopathie : ≥ 100 µg/L
 - Encéphalopathie sévère : ≥ 200 µg/L
 - **Test à la déféroxamine (DFO=chélateur)**
 - 5 mg/kg dans 100 mL G5 en 30 min, en fin de dialyse
 - ↑ Al s ≥ 150 µg/L 24 à 48 h plus tard



ALUMINIUM

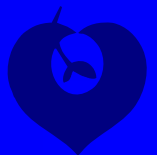
- **Encéphalopathie des dialysés :**
Manifestations associées
 - Syndrome ostéodystrophique (ostéomalacie)
 - Anémie hypochrome et microcytaire



ALUMINIUM

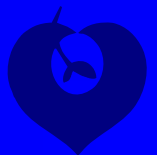
- **Aluminium et maladie d'Alzheimer**

- . Concentration cérébrale élevée d'Al dans maladie Alzheimer
 - inconstamment retrouvée
 - ne démontre pas une relation de cause à effet
- . Enquêtes environnementales
 - corrélation [Al] eau de boisson x altération des fonctions supérieures
 - pas de prise en compte des variables associées
 - eau : source minoritaire de l'Al alimentaire



ALUMINIUM

- **Trouble mentaux organiques chez travailleurs exposés**
 - Huit publications de cas : 29 cas
 - Détérioration intellectuelle, \pm troubles de l'humeur, \pm altérations de la dextérité, de la coordination et de l'équilibre
 - Chez travailleurs exposés à Al
 - Responsabilité Al douteuse
 - manifestations non spécifiques
 - évolution indépendante de l'exposition
 - autres explications possibles de la maladie



ALUMINIUM

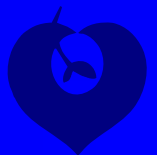
- **Maladie d'Alzheimer chez travailleurs exposés**

- **Salib et Hillier (1996)**

- . 198 cas maladie Alzheimer
- . 164 témoins avec autre démence
- . 176 témoins sans démence
- . Expo Al : OR = 0,98 (IC 95 % : 0,53-1,75)

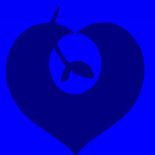
- **Gracer et al (1998)**

- . 89 cas/89 témoins appariés sur âge et sexe
- . Expo Al : OR = 1,46 (IC 95 % : 0,62 - 3,42)



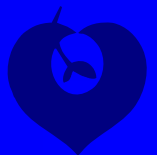
ALUMINIUM

- **Trouble mentaux organiques chez travailleurs exposés**
 - Méta-analyse : 16 études épidémiologiques
 - . 6 études transversales chez soudeurs
 - . 4 études transversales dans usines affinage
 - . 1 étude cohorte historique dans usine affinage
 - . 1 étude cohorte historique chez mineurs (prévention silicose)
 - . 1 étude de cohorte prospective chez soudeurs
 - . 1 étude transversale production poudre Al
 - . 1 étude transversale recyclage Al
 - . 1 étude transversale fonderie Al



ALUMINIUM

- **Trouble mentaux organiques chez travailleurs exposés**
 - **Etudes épidémiologiques**
 - . examen neurologique clinique
 - . questionnaire
 - . tests psychométriques
 - . ± EEG numérisé
 - . ± potentiels évoqués
- ⇒ ↑ RR dans 12/16 études
- anomalies les plus fréquentes :
 - motricité, mémoire, organisation visuospatiale
 - pas d'étude de l'évolution

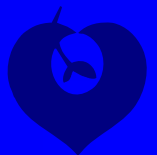


ALUMINIUM

- **Potroom asthma**

- Dans ateliers d'extraction électrolytique exposés aux fluorés,
- Toux spasmodique et dyspnée asthmatiforme
- Hyperréactivité bronchique, puis syndrome obstructif
- Asthme induit par les irritants (HF, F⁻, SO₂)

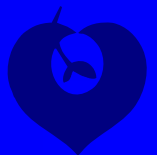
– **Broncho-pneumopathies chroniques obstructives**



ALUMINIUM

- **Aluminose**

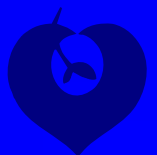
- Fibrose pulmonaire
- Après exposition massive à des poussières ou des fumées
- Pathologie rare
- Expression clinique pauvre et aspécifique
- Opacités réticulaires ou réticulonodulaires
- EFR : syndrome restrictif ou mixte
- LBA : hypercellularité, hyperlymphocytose,
↑ macrophages, particule Al (+++)
- Pathogénie inconnue



ALUMINIUM

- **Protéinose alvéolaire**

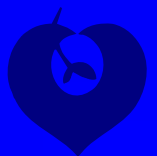
- Rare
- Accumulation de surfactant dans les alvéoles
- Serait due à empoussièrement massif
- Images radiographiques en ailes de papillon
- Syndrome restrictif et ↓ DLCO



ALUMINIUM

- **Pathologies cutanées**

- Dermites d'irritation (sels solubles)
- Eczéma de contact
- Télangiectasies face, cou, tronc
 - . atelier d'extraction électrolytique
 - . goudrons, facteur causal ?



ALUMINIUM

- **Cancérogène CIRC 1**

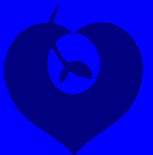
- **Cancer bronchopulmonaire, laryngé**
- **Tumeurs des voies urinaires**

- liées à l'exposition aux anodes précuites contenant du braie de houille

- lors de l'extraction électrolytique de l'Al par le procédé Söderberg abandonné depuis le début des années 80

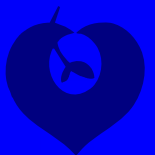
= pollution HAP +++

Liées aux HAP libérés par les électrodes des bains



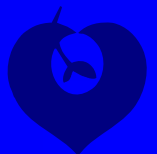
ALUMINIUM

- **Myofasciite à macrophages (1)**
 - Arthralgies, myalgies
 - Asthénie
 - Biopsie deltoïde :
 - infiltrations macrophagiques
 - inclusions intracytoplasmiques
 - inclusions = hydroxyde
d'aluminium



ALUMINIUM

- **Myofasciite à macrophages (2)**
 - Environ 130 cas français
 - Série de 50 cas
 - tous vaccinés
 - 3 mois à 8 ans avant biopsie
 - par vaccin adsorbé sur Al
 - . Hépatite B (86 %)
 - . Hépatite A (19 %)
 - . Tétanos (58 %)



ALUMINIUM

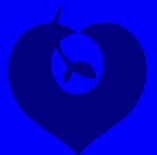
- **Myofasciite à macrophages (3)**

- Inclusions macrophagiques probablement d'origine vaccinale

- Mais quid de la relation Al/maladie ?

- . biopsie chez sujets sains vaccinés ?

- . biopsie chez sujets sains non vaccinés ?



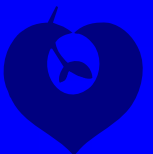
ALUMINIUM

- **Prévention médicale (1)**

- Eviter l'exposition répétée des individus porteurs de maladies neurologiques, psychiatriques ou respiratoires chroniques

- Si une exposition répétée est envisagée : RP et EFR de référence

- Protections respiratoires en cas d'exposition aux vapeurs, aux fumées ou aux poussières



ALUMINIUM

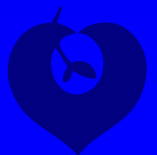
- **Prévention médicale (2)**

Surveillance médicale

- Rechercher des troubles mentaux organiques débutants

- Rechercher des troubles respiratoires

- Contrôler EFR et RP

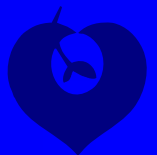


ALUMINIUM

- **Biométrie**

- **Aluminium sérique**

- population générale : généralement $< 5 \mu\text{g/L}$
(parfois jusqu'à $17 \mu\text{g/L}$)
 - **travailleurs exposés** : $< 20 \mu\text{g/L}$
 - indicateur de choix pour dialysés :
 - . neurotoxicité : $> 60 \mu\text{g/L}$
 - . signes fréquents : $> 100 \mu\text{g/L}$
 - . signes constants et graves : $> 200 \mu\text{g/L}$
 - Eviction immédiate si $> 60 \mu\text{g/L}$



ALUMINIUM

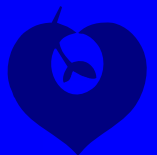
- **Biométrie**

- **Repose sur l' aluminium urinaire**

- population générale : $< 20 \mu\text{g/L}$
 - soudeurs Al : 6 - 745 $\mu\text{g/L}$ (généralement : 50 - 100 $\mu\text{g/L}$)
 - affinage électrolytique : 12 - 135 $\mu\text{g/L}$

(généralement : 50 - 100

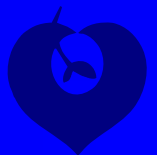
$\mu\text{g/L}$)



ALUMINIUM

– Aluminium urinaire

- **Alu fin de poste** : indicateur de l'exposition récente bien corrélée aux concentrations atmosphériques
- **Alu après quelques jours d'arrêt** : indicateur de la charge corporelle
- BAT = **200 $\mu\text{g/L}$ fin de poste**
(\approx expo 6 mg/m^3 poudre Al)
- VL Finlande : 162 $\mu\text{g/L}$ (6 $\mu\text{mol/L}$)
(densité urinaire = 1,024)



ALUMINIUM

- Valeur limite dans l'eau de boisson :
 - 200 $\mu\text{g/L}$ (coloration)
 - 500 $\mu\text{g/L}$ (eau chaude)
- Valeur limite liquides dialyse : 30 $\mu\text{g/L}$
- Apports alimentaires : 5 - 20 mg/j

