

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/m^3
- production poudre Al : 5 - 21 mg/m^3
- affinage électrolytique : 0,2 - 4,9 mg/m^3
- fonderies : $< 1 \text{ mg/m}^3$

VME fumées soudage Al : 5 mg/m^3

VME poussières métal et sels : 5 mg/m^3

VME poussières d'oxydes : 10 mg/m^3

VME poussières sels solubles : 2 mg/m^3



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, ± troubles de l'humeur, ± 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 empoussièrément 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 µg/L
(parfois jusqu'à 17 µg/L)
 - **travailleurs exposés** : < 20 µg/L
 - indicateur de choix pour dialysés :
 - . neurotoxicité : > 60 µg/L
 - . signes fréquents : > 100 µg/L
 - . signes constants et graves : > 200 µg/L
 - Eviction immédiate si > 60 µg/L



ALUMINIUM

- **Biométrie**

- **Repose sur l' aluminium urinaire**

- population générale : < 20 µg/L
 - soudeurs Al : 6 - 745 µg/L (généralement : 50 - 100 µg/L)
 - affinage électrolytique : 12 - 135 µg/L
(généralement : 50 - 100 µg/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 µg/L fin de poste**
(\approx expo 6 mg/m³ poudre Al)
- VL Finlande : 162 µg/L (6 µmol/L)
(densité urinaire = 1,024)



ALUMINIUM

- Valeur limite dans l'eau de boisson :
 - 200 µg/L (coloration)
 - 500 µg/L (eau chaude)
- Valeur limite liquides dialyse : 30 µg/L
- Apports alimentaires : 5 - 20 mg/j

