



HAL
open science

Fluorose humaine et animale incidences sur certaines régions du Maroc

Mohamed Harir

► **To cite this version:**

Mohamed Harir. Fluorose humaine et animale incidences sur certaines régions du Maroc. Sciences pharmaceutiques. 1989. dumas-01561144

HAL Id: dumas-01561144

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01561144v1>

Submitted on 12 Jul 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il n'a pas été réévalué depuis la date de soutenance.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact au SID de Grenoble :
bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

<http://www.cfcopies.com/juridique/droit-auteur>

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

1^{er} exemplaire

UNIVERSITE Joseph FOURIER GRENOBLE I - Sciences Technologie Médecine

U.F.R. DE PHARMACIE

Domaine de La Merci - La Tronche

ANNEE : 1989

N° D'ORDRE : 7050

TITRE DE LA THESE

FLUROSE HUMAINE ET ANIMALE
INCIDENCE SUR CERTAINES RÉGIONS DU MAROC

THESE

Présentée à l'Université Joseph FOURIER GRENOBLE I
pour obtenir le grade de : DOCTEUR EN PHARMACIE.

Par

M. HARIR Mohamed

[Données à caractère personnel]

Cette thèse sera soutenue publiquement le 21 Décembre 1989

Devant M. le Professeur J.L. BENOIT-GUYOD, Président du Jury,

M. le Professeur A. BOUCHERLE,

et M. B. ADIMI, Docteur en Pharmacie.

UNIVERSITE Joseph FOURIER GRENOBLE I - Sciences Technologie Médecine

U.F.R. DE PHARMACIE

Domaine de La Merci - La Tronche

ANNEE : 1989

N° D'ORDRE :

TITRE DE LA THESE

FLUOROSE HUMAINE ET ANIMALE
INCIDENCE SUR CERTAINES RÉGIONS DU MAROC

THESE

Présentée à l'Université Joseph FOURIER GRENOBLE I
pour obtenir le grade de : DOCTEUR EN PHARMACIE.

Par

M. HARIR Mohamed



115 005464 5

[Données à caractère personnel]

Cette thèse sera soutenue publiquement le 21 Décembre 1989
Devant M. le Professeur J.L. BENOIT-GUYOD, Président du Jury,
M. le Professeur A. BOUCHERLE,
et M. B. ADIMI, Docteur en Pharmacie.

TOUS MES REMERCIEMENTS A :

- mes parents, mes frères et mes soeurs,
- ma chère Elisabeth,
- mes amis,
- mes copains et mes copines.

TOUS MES REMERCIEMENTS A :

- Notre Président du Jury, Mr. le Professeur BENOIT-GUYOD qui nous a guidé tout le long de cette étude.

Nous le remercions d'avoir accepté la présidence de notre Jury de Thèse.

Nous l'assurons de notre profonde gratitude.

- Au Professeur A. BOUCHERLE qui nous a soutenu tout au long des deux premières années de nos études de Pharmacie et qui a accepté d'être membre du Jury de Thèse.

- A M. ADIMI, pour avoir accepté d'être membre du Jury de Thèse.

*

TABLE DES MATIERES

CHAPÎTRE I

LE FLUOR ET SES DERIVES MINÉRAUX ET ORGANIQUES

I	INTRODUCTION	p.8
II	PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DU FLUOR	p.9
III	LES COMPOSES FLUORES :	p.10
	A. organiques	p.10
	B. minéraux	p.13

CHAPITRE II : METABOLISME DU FLUOR

I	METABOLISME DU FLUOR	p.16
	A. Absorption	p.16
	a/ digestive	p.16
	b/ pulmonaire	p.17
	c/ cutanée.	p.17
	B. Répartition des ions fluorure dans l'organisme	
	a/ dans le sang	p.18
	b/ dans les tissus mous	p.19
	c/ dans salive, lait, L.C.R.	p.20
	d/ au niveau des tissus durs	p.20
	C. Elimination du fluor	p.21
	a/ élimination urinaire	p.21
	b/ autres types d'élimination	p.22
II.	ROLES PHYSIOLOGIQUE ET TOXICOLOGIQUE DU FLUOR	
	A. Rôle physiologique	p.23
	B. Rôle toxicologique	p.25
	C. Facteurs majorant la toxicité du fluor	p.31

CHAPITRE III

ORIGINE DE LA FLUOROSE ET SA REPARTITION GEOGRAPHIQUE AU MAROC	p.32
I. HISTORIQUE	p.33
II. ORIGINES D'INTOXICATION:	p.34
a/ hydrotellurique	p.34
b/ alimentaire	p.35
c/ médicamenteuse	p.35
d/ industrielle	p.35
III. FABRICATION DES ENGRAIS	p.35
A. Fabrication de l'acide phosphorique	p.37
a/ principe et processus de fabrication	p.37
b/ émissions fluorées	p.38
c/ contrôle des émissions	p.40
B. Fabrication de superphosphate normal	p.43
C. Fabrication de superphosphate concentré	p.43
IV. REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE LA FLUOROSE	p.46
A. Généralités	p.46
B. Au Maroc	p.46
V. TENEURS EN FLUOR DES EAUX DES REGIONS D'ENDEMIE	

CHAPITRE IV

INCIDENCE DE LA FLUOROSE HUMAINE ET ANIMALE AU MAROC	p.56
I MODES D'INTOXICATION	p.57
A. Introduction	p.57
B. Intoxication aiguë	p.58
C. Intoxication subaiguë	p.58
D. Intoxication chronique	p.58
II CONSEQUENCES	p.60
A. Lésions dentaires	p.61
B. Exemples dans la région de Masguouna	p.62
C. Lésions osseuses :	p.64
a/ manifestations révélatrices	p.64
b/ signes radiologiques	p.65
c/ du point de vue microscopique	p.66
d/ cas de Darmous	p.67
D. Atteinte du monde végétal	p.69
a/ végétaux des zones Darmous	p.70
b/ cas particulier du thé	p.73
E. Les poussières	p.74
a/ industrielles	p.74
b/ naturelles	p.75
III. MOYENS DE PREVENTION :	p.76
a/ par élimination	p.76
b/ autres méthodes.	p.77
BIBLIOGRAPHIE	p.80

CHAPITRE I

LE FLUOR ET SES DÉRIVÉS MINÉRAUX ET ORGANIQUES

CHAPITRE I : LE FLUOR ET SES DÉRIVÉS

I. INTRODUCTION

. Le fluor, de symbole F est un métalloïde de la famille des halogènes qui renferme en outre trois éléments naturels : le chlore, le brome et l'iode, et un élément artificiel instable : l'astate.

. C'est un élément très répandu dans le règne minéral, occupant la 17^{ème} place parmi les éléments composant l'écorce terrestre.

. Le fluor se trouve aussi dans :

- les régions volcaniques,
- les eaux douces,
- de nombreux végétaux : notamment dans les épinards, les thés de Chine, à des concentrations variables.

. C'est un des éléments qui existe sous forme de trace à l'état normal ; il est présent en petite quantité dans le corps humain, car il se trouve dans les tissus mous, durs et dans les liquides organiques de l'organisme.

II. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DU FLUOR

. Le fluor est un gaz jaunâtre à température ambiante, de masse atomique 18,9

- de numéro atomique 9.

. Il présente des isotopes : ^{17}F , ^{18}F , ^{19}F , ^{20}F , ^{21}F

L'isotope naturel est $^{19}_9\text{F}$

Seul l'isotope $^{18}_9\text{F}$ est utilisé en biologie en raison de sa période relativement courte (1,87h).

. Structure électronique :

Comme les autres halogènes, il possède un électron célibataire sur sa couche périphérique.

Ce qui permet de le différencier des autres éléments de la même classe, c'est qu'il ne possède pas la sous-couche d sur sa couche n° 2 et n° 3 ; cette propriété particulière permet de le différencier et aussi d'expliquer que le fluor :

- a la plus petite taille,

- est le plus oxydant,

- le plus électro-négatif,

des autres halogènes.

. Conséquences :

- C'est un élément délicat à manipuler, il provoque souvent des réactions explosives ;

- sa présence dans une molécule entraîne une modification de réactivité importante.

III. LES COMPOSES FLUORES

. Le fluor présente une grande aptitude réactionnelle due à sa forte électronégativité, ce fait qu'il se trouve uniquement sous forme de combinaison avec d'autres éléments :

- éléments minéraux (silicates, PO_4^{\ominus})
- éléments organiques.
- le fluor est le plus actif des métalloïdes, il réagit avec la plupart des éléments en les décomposant pour former des fluorures.

A. Les dérivés organiques

Le fluor est lié aux éléments organiques par deux types de liaisons :

- liaisons ioniques par captage d'électrons d'un autre atome donnant naissance des molécules type NaF ;
- liaisons de covalence par mise en commun d'un doublet électronique donnant naissance à des molécules type HF. Dans ce cas, du fait de la forte électronégativité du fluor, la liaison sera dipolaire, car le doublet aura tendance à être attiré par les éléments électronégatifs.

On distingue deux types de dérivés fluorés organiques :

* les dérivés fluorés aliphatiques

ils s'intègrent dans un domaine très vaste d'utilisation, par exemple :

- fréons : dichlorofluorométhane : comme propulseur
- trifluoroacétate : raticide, etc ...

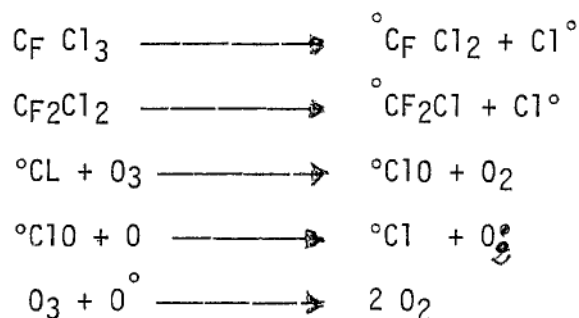
Donc, ces dérivés fluorés = fluoroalcanes peuvent être

utilisés dans les aérosols ou comme produits réfrigérants, etc ..
Cependant, à partir de 1968, divers auteurs signalent des accidents chez les asthmatiques utilisant des inhalations d'aérosols pour le traitement de leur affection.

D'autre part, à partir de 1970, de nombreuses observations de mort subite apparaissent chez des jeunes inhalant de fortes quantités de pulseurs d'aérosols à base de fluoroalcanes pour éprouver une sensation d'ivresse, ont conduit à remettre en cause l'absence de toxicité de ces composés. (2)

Dans l'environnement, ces produits ont la propriété de s'accumuler dans les hautes couches de l'atmosphère, ce qui entraîne deux conséquences :

- augmentation de la température de la surface de la terre et de l'atmosphère du fait de l'absorption des radiations I.R. par les fluoroalcanes ;
- destruction de la couche d'ozone dont on connaît le rôle protecteur contre les U.V. nocifs, selon un processus radicalaire.



* Les dérivés fluorés aromatiques

Ils présentent un grand intérêt en chimie thérapeutique du fait des propriétés physico-chimiques du fluor :

- car le fluor a une petite taille ($0,72 \text{ \AA}$) \simeq à celle de l'hydrogène ($0,58 \text{ \AA}$), d'où une substitution facile du fluor par l'hydrogène, ou l'inverse, ou remplacement de CH_3 par CF_3 . Cette substitution ne modifie pas l'aspect stérique de la molécule, donc il n'y a pas de perturbation des sites actifs des récepteurs biologiques.

- Le fluor est très électronégatif, donc il permet de potentialiser les différentes activités des molécules initiales, cette action est citée dans de nombreuses classes chimiques telles que les stéroïdes, les androgènes ...

- Grâce à la stabilité de la liaison carbone-fluor, on pense que le groupement fluoré ne pouvait être dégradé par les différents processus métaboliques. Donc, il semble que l'élément fluor ne pouvait apporter aucune toxicité particulière puisqu'il n'est pas libéré.

. Deux classes thérapeutiques importantes ont bénéficié des progrès de la chimie du fluor :

- A I S : antiinflammatoires stéroïdiens,
- neuroleptiques.

L'introduction d'un atome de fluor dans une molécule a permis de passer d'une molécule possédant de nombreux effets secondaires comme la cortisone, l'hydrocortisone, à d'autres molécules d'activité et de tolérance meilleures.

Exemples :

- Triamcinolone = Kenakort ^R
- Dexamethazone = Decadron ^R
Soludecadron
- Fluocinolone = Synalar ^R .

B. Les dérivés minéraux

On trouve le fluor pratiquement sous forme de dérivés minéraux (fluorures inorganiques) qui sont cause de pathologies : en hygiène industrielle, en environnement (rejets atmosphériques avec contamination alimentaire), par voie hydrique (eaux dans lesquelles le fluor se trouve en grande quantité), ou encore lors d'intoxications accidentelles ménagères (absorption de produits anti-rouille dont beaucoup contiennent de l'acide fluorhydrique).(21)

. Citons les principaux minerais contenant du fluor :

- la cryolyte et le fluorure d'aluminium (Na_3AlF_6). Elle est moins disséminée, mais souvent impure, contient des proportions importantes de silice ou de silicates. Elle est utilisée dans la fabrication d'aluminium où l'on électrolyse l'alumine fondue en présence de cryolyte et de fluorure d'aluminium ;

- la fluorine : spathfluor (CaF_2) : présente dans les terrains anciens, en général très disséminée.

Son point de fusion très bas permet d'expliquer la dénomination du fluor en latin, "fluo = je coule".

Elle est utilisée dans la fabrication de l'acide fluorhydrique.

- les apatites, phosphorites et phosphates de calcium amorphe.

Les principaux gisements de ces minerais se trouvent en U.R.S.S., U.S.A. (Floride, Texas, Caroline du Sud), en Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie) et en Inde Occidentale.

Ces minerais contiennent de 2 à 5 % de fluor sous forme de CaF_2 .

Ils constituent la matière première de la fabrication des superphosphates utilisés comme engrais.

D'autres industries utilisent des composés minéraux :

- les usages en métallurgie : broyage, calcination, fusion en fonderie (acier, nickel, cuivre, argent) ;
- les industries du verre, des métaux (gravure sur verre en particulier)
- la soudure électronique (revêtement d'électrodes) ;
- la tannerie, pour la désinfection des peaux ;
- l'industrie du pétrole, comme catalyseurs.

Ces industries de retraitement sont d'ailleurs à l'origine d'intoxication chronique par l'ion fluor : fluorose, qui peut toucher ceux qui sont exposés professionnellement, ou les populations : pollution fluorée par effluents aux abords des usines, ou par absorption d'eau fluorée en excès; ou encore , les animaux mis dans des pâturages proches d'usines libérant des fumées riches en fluor (cette source d'intoxication ayant très nettement diminué avec les mesures de piégeage des événements qui sont de mise actuellement).

CHAPIRE II

MÉTABOLISME DU FLUOR

CHAPITRE II : METABOLISME DU FLUOR

I. METABOLISME DU FLUOR

A. Absorption

On distingue trois types d'absorption du fluor, les plus importantes :

a. Absorption digestive

. Pour les composés purs, solubles, type NaF : fluorure de sodium, H_2SiF_6 acide hydrofluorosilicique, Na_2PO_3F : monofluorophosphate de sodium, l'absorption est rapide, totale, elle se fait par phénomène passif.

Grâce à cette solubilité et dissolution totale, il est possible de suivre l'absorption de l'ion fluorure.

. Pour les composés insolubles, ou peu solubles :

- type - CaF_2 : fluorure de calcium
- MgF_2 : " de magnésium
- phosphates naturels,
- cryolithe,

il y a une moins bonne absorption des fluorures.

. Facteurs influençant l'absorption digestive :

- la présence d'ions calcium, Al, Mg, diminue l'absorption des fluorures, surtout à des concentrations élevées.

Facteurs de l'environnement nutritionnel

- Les éléments fluorés peuvent se lier à d'autres éléments pour donner des dérivés de solubilité moindre; donc interférence à deux niveaux : l'absorption qui se trouve diminuée ainsi que l'excrétion fécale.(25)
- Certains nutriments comme légumes verts, vitamine C, diminuent l'absorption des fluorures.
- Facteurs augmentant l'absorption des fluorures :
 - régime trop carencé,
 - régime trop riche en lipides,
 - manque de calcium, de vitamines.

b. Absorption pulmonaire

L'absorption pulmonaire s'accompagne de l'absorption digestive : L'ARGENT a trouvé une forte teneur en ions fluorures dans les urines d'ouvriers manipulant de la cryolithe, des phosphates minéraux, ou de l'acide fluorhydrique.

La totalité des dérivés fluorés inhalés se dépose dans les voies aériennes supérieures, puis est finalement déglutie pour passer dans le système digestif.

Cette absorption est rapide et presque totale.

c. Absorption cutanée

L'absorption cutanée est relativement rare. On parle souvent de projections au contact des dérivés fluorés avec la peau -ce qui

entraîne des accidents locaux- plutôt que de pénétration à proprement parler. (2)

B. La répartition des ions fluorures dans l'organisme

a. Dans le sang

Le fluor se trouve dans le plasma (méthode de dosage fiable) et dans les globules rouges = GR

. 80 à 90 % du fluor se trouve dans le plasma, lié à des protéines sanguines chez l'homme, mais pas vraiment chez le rat. (32)

Le reste constitue la partie libre. C'est la partie circulante qui joue le rôle physiologique du fluor.

. Les teneurs plasmatiques moyennes en fluorures sont assez variables : 140 à 190 mg/l (Benoît-Guyod et Coll., 1983).

. Facteurs entraînant la variation de la fluorose :

- la volémie,

- l'âge : les personnes âgées consomment beaucoup de thé, ce qui est responsable d'une augmentation de la fluorémie. Cette dernière est augmentée aussi par la libération des fluorures par l'os chez les mêmes personnes.

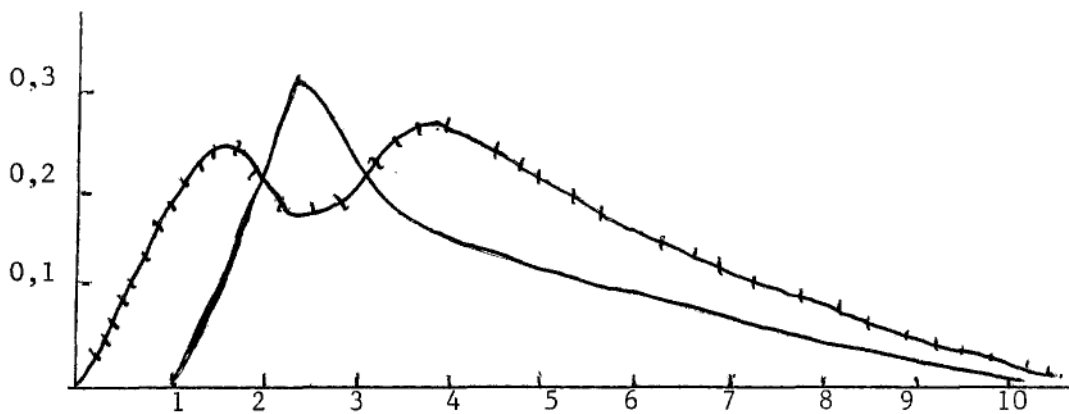
- Rythmes nycthéméraux :

La fluorémie varie selon l'heure de la journée chez un même individu. (32)

La régulation de la fluorémie est due :

- au volume important des liquides extracellulaires dans lesquels les ions fluorures sont dilués.

- squelette, rein : sont des tissus qui participent d'une façon importante à l'hémostasie du fluor ;
- la sueur joue un rôle non négligeable en cas de transpiration profuse.
- l'augmentation de la consommation en fluor entraîne une élévation de l'excrétion rénale et la rétention des fluorures par le squelette.



Taux plasmatique de fluor en mg/l de sang chez un sujet, après administration par V.O. d'une dose unique de 5 mg de FNa

+++++ cp simple
_____ " entérosoluble.

b. Dans les tissus mous

L'ion fluorure a une forte affinité pour le système ostéo-dentaire, et d'une façon générale pour tous les tissus calcifiés

La concentration des fluorures dans les tissus mous est très faible, sauf au niveau du tendon et au niveau de l'aorte.(25)

La rétention par l'aorte peut s'expliquer par l'affinité des fluorures pour les zones de calcification, même si elles sont pathologiques.

Les reins sont également riches en fluor. Cette concentration élevée résulte évidemment de leur fonction de collecteur urinaire, l'excrétion rénale étant la voie normale de l'élimination des fluorures.

c. Dans la salive, le lait, le L.C.R.

Ces liquides ne contiennent que très peu de fluorures.

* Salive : \simeq 0,05 ppm.

Cette concentration est due à l'échange possible entre dents et salive, elle joue un rôle mineur.

La contamination de la salive se fait :

- soit à partir du revêtement dentaire,
- soit à partir de la plaque dentaire.

* Lait : le fluor est un constituant normal du lait \simeq 0,05 ppm
Il y a augmentation chez la femme enceinte.

* L.C.R. : le fluor s'y trouve à des concentrations très faibles car l'ion fluorure a de la difficulté à passer la B.H.M. (barrière hémato-méningée).

d. Au niveau des tissus durs

* Au niveau de la dent :

La concentration du fluor est très importante au niveau de l'émail, mais elle est liée aux doses ingérées.

1 ppm d'eau de boisson correspond à la dose de fluor qui a une action préventive contre les caries dentaires ; si il y a augmentation de cette dose, l'émail se trouve altéré, la vitesse de cette

altération varie en fonction des dents apparentes (incisives).

* Au niveau de l'os :

Pendant l'ossification, il y a incorporation des ions fluorures du fait que le squelette des jeunes animaux absorbe plus rapidement les fluorures que celui des animaux adultes.

- Il y a aussi variation des dépôts des fluorures en fonction de la structure de l'os :

- dépôt plus important au niveau des os plats,
- dépôt moins important au niveau des os creux.

. La concentration osseuse varie aussi en fonction de l'élimination urinaire.

C. L'élimination du fluor

a. L'élimination urinaire

C'est la voie principale de l'excrétion du fluor car on admet que la quantité du fluor excrétée par les urines correspond à la quantité ingérée par unité de temps (jour ou semaine).

. La vitesse d'excrétion de toutes les voies est égale à la vitesse d'ingestion.

. Donc la voie rénale est un meilleur indice de consommation des fluorures.

. Chez un adulte exposé à des doses physiologiques constantes en fluor : la moitié de la dose ingérée se dépose dans le squelette alors que l'autre moitié se dépose dans les urines.

Facteurs intervenant dans l'élimination :

- l'augmentation de la consommation quotidienne - dans ce cas, le squelette va tendre à s'adapter et à fixer le surplus d'ions fluorures - la quantité de fluor ingérée est supérieure à la quantité excrétée ;
- la durée d'adaptation de l'organisme face à cette nouvelle situation varie d'une semaine à plusieurs mois et à quelques années.
- L'exposition chronique au fluor pendant quelques mois ou années : l'os est totalement saturé ; la totalité du fluor peut se retrouver dans les urines. (20)
- Chez l'enfant et l'adolescent : la quantité du fluor excrétée est inférieure à la quantité ingérée, même s'ils sont soumis au même régime hydrique ou alimentaire que l'adulte.

La vitesse de cette élimination urinaire est très rapide.

b. Autres types d'élimination

* L'élimination fécale est de 10 %/jour en général.

Pour les fluorés insolubles, elle est de 10 à 30 %, et pour les fluorés solubles de 13 à 19 %. (31)

* L'excrétion sudorale est très faible dans les pays tempérés, par contre elle est non négligeable dans les pays très chauds où elle représente 50 %.

* L'élimination par le lait est très faible.

* L'élimination par la salive est très faible.

II. ROLES PHYSIOLOGIQUE ET TOXICOLOGIQUE DU FLUOR

A. Rôle physiologique du fluor

. Le fluor est un constituant normal de la cellule, il est indispensable à la minéralisation de certains organes ; notamment, son incorporation à la structure cristalline de l'émail dentaire confère à ce dernier une résistance aux caries par trois mécanismes :

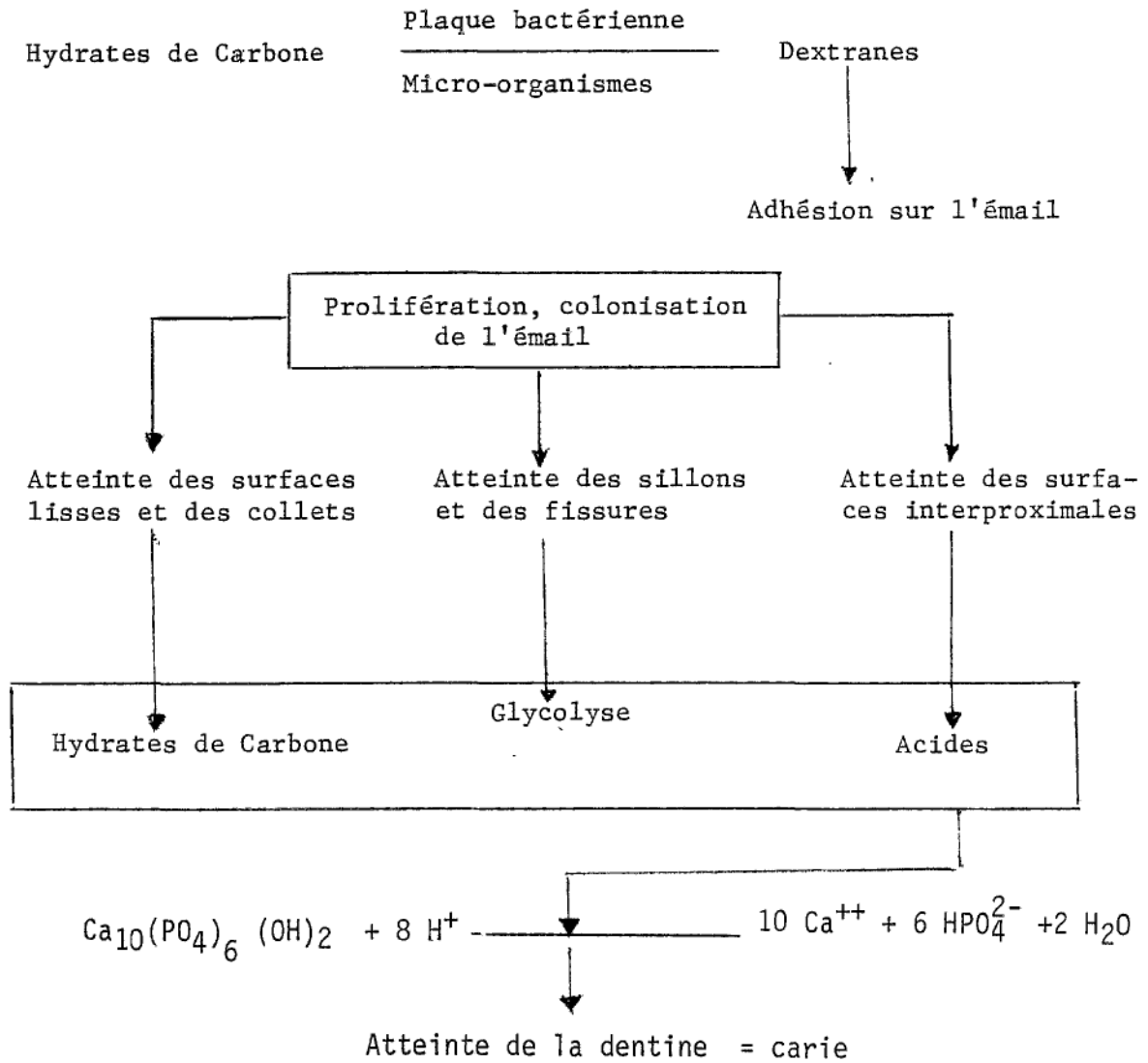
- réduction de la solubilité de l'émail dans les acides,
- amélioration de la cristallinité des phosphates de calcium pendant la minéralisation des dents ;
- à des doses thérapeutiques, le diamètre des dents est diminué, les cupides sont bien arrondies, les sillons des dents sont moins profonds. (8)

. Par contre, au niveau de la plaque dentaire, les fluorures ne constituent que 2 à 3 % du fluor total de la plaque, mais ils jouent un rôle prépondérant car ils inhibent la croissance et le métabolisme des bactéries et la production des acides de la plaque qui sont formés à la suite de la décomposition des glucides par des enzymes de certains germes (25) (*Lactobacillus acidophilus*).

Ces germes cariogènes de la plaque sont responsables de la dissolution progressive des cristaux d'apatite de l'émail au cours de la carie. Il y a alors atteinte de l'hydroxyapatite de l'émail et effondrement des prismes :



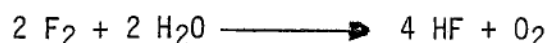
Les prismes effondrés forment une cavité dans laquelle les bactéries de la plaque s'infiltrent pour détruire de proche en proche l'émail jusqu'à la dentine (ivoire) - (voir schéma).



Donc l'ion fluor freine ou annule l'activité bactérienne en inhibant en particulier l'énolase : enzyme permettant à ces germes carigènes de dégrader les glucides et de se développer.

B. Rôle toxicologique du fluor

. Le fluor, à température ordinaire, se présente sous forme de gaz ; en présence d'eau, il se forme un acide fluorhydrique très caustique :



qui attaque le verre (d'où son utilisation pour la gravure du verre).

Le composé est employé dans l'industrie pétrolière, la pétrochimie, la fabrication du téflon, etc ...

. L'HF est l'un des acides les plus corrosifs provoquant une nécrose cutanée avec liquéfaction, des accidents pulmonaires comportant une dyspnée aigüe asthmatiforme ou un oedème pulmonaire éventuellement mortel par ulcérations extensives bronchiques et alvéolaires.

. Sa toxicité cellulaire se situe au niveau enzymatique par combinaison au magnésium. IL inhibe de façon réversible l'activité de l'énolase, de la phosphoglucomutase, des cholinestérases, de l'uréase, de la réductase et perturbe le métabolisme respiratoire et énergétique des cellules (cycle de Krebs).

. Sa grande affinité pour le calcium explique les hypocalcémies observées au cours d'intoxications aigües et la formation de fluorure de calcium insoluble dont l'accumulation au niveau osseux dans l'intoxication chronique explique l'ostéopathie fluorée. (33).

. L'industrie utilise des dérivés minéraux. La cryolithe, fluorure double d'aluminium et de sodium, utilisée pour la préparation de l'aluminium, a été autrefois une cause d'intoxications graves, dues au dégagement de vapeurs de ^{fluorure} silicium. Celui-ci, du fait de l'humidité de l'air atmosphérique, donnait lieu à la formation d'acide fluorhydrique et hydrofluorosilicique.

. Pour empêcher et inhiber le développement de champignons ou de certaines fermentations, les propriétés antienzymatiques de quelques dérivés fluorés ont été mises en oeuvre, c'est ainsi que des composés fluorés ont été introduits dans la conservation de la viande, du lait, des végétaux et des vins. La loi a, par la suite, interdit de telles pratiques.(39)

. Mode d'action toxique des ions fluorures

L'ion fluor possède une toxicité très spécifique. Cette toxicité découle du même mécanisme fondamental que son rôle physiologique d'oligo-élément : un apport exagéré de fluorures amènera une mobilisation des ions Ca^{++} , Mg^{++} et Fe^{++} et une perturbation du métabolisme énergétique : glucidique, lipidique, protéique.

- Perturbation du métabolisme glucidique

L'action du fluor sur ce métabolisme se manifeste à différents niveaux de la chaîne glycolytique et du cycle de Krebs, il complexe le métal activateur enzymatique, ou il se fixe directement sur les sites enzymatiques ou sur les substrats. (31)

. Chez les animaux de laboratoire, on observe une hyperglycémie consécutive à l'inhibition de l'utilisation du glucose et de son stockage

sous forme de glycogène dans le foie. (29) (31) (32)

. Chez les ruminants, l'action du fluor sur la glycémie a été attribuée à son influence sur la microflore ruminale, celle-ci jouant un rôle important dans la glucogenèse à partir des acides gras volatils. On observe alors une légère hypoglycémie. (29)

- Perturbation du métabolisme protidique

Le mode d'action du fluor a été étudié surtout in vitro : il s'agit d'une action inhibitrice de la synthèse de l'ADN. Ainsi l'effet de la fluorose sur les protéines sériques a été étudié chez l'homme, le lapin, les bovins. Dans tous les cas, on note une diminution plus ou moins prononcée des protéines sériques et tissulaires.

Cependant, lors de fluorose modérée évoluant sur une longue période, il s'ajoute à cela l'effet de la malnutrition provoquée par l'usure et la sensibilité dentaires, il s'ensuit alors une hypoprotéïnémie.

- Perturbation du métabolisme lipidique

Le fluor, à des doses élevées, est à l'origine d'une accélération de la synthèse lipidique dans le foie et de l'inhibition de leur utilisation. On observe alors une augmentation des lipides et du cholestérol sériques. (29).

Modification biochimique et métabolique de l'os et des dents

En raison de son affinité particulière pour le calcium et le phosphate calcique qui sont des constituants majeurs de l'os et des dents, le fluor se fixe principalement dans les tissus osseux et dentaire.

* Au niveau de l'os :

- A des concentrations relativement élevées, le fluor exerce une action stimulante sur les ostéoblastes par stimulation de l'activité catalytique enzymatique, avec production accrue de la matrice osseuse et formation d'exostoses au niveau du périoste.
- A faible concentration de fluor, la formation osseuse l'emporte sur la résorption, il se développe alors une ostéosclérose (condensation osseuse).
- A concentration très élevée, on assiste à une inhibition de l'activité pyrophosphatique avec diminution de la formation de la matrice osseuse se traduisant par l'ostéoporose dans laquelle l'os devient cassant, perdant sa souplesse. (10)

Le fluor insolubilise le calcium circulant, le calcium libéré imprègne les tissus conjonctifs voisins en donnant des malformations osseuses douloureuses, entraînant des troubles de la locomotion (intoxication plus grave, 20 à 80 mg/j pendant 10 à 20 ans).

Ces deux manifestations qui semblent s'opposer, sont en fait très souvent associées et ne sont que la conséquence d'une atteinte du métabolisme phosphocalcique. (29)

* Au niveau des dents :

L'action toxique du fluor se manifeste presque exclusivement à l'époque du renouvellement de la dentition, c'est à dire au moment où l'activité des améloblastes et odontoblastes est maximale.

- Les lésions dentaires apparaissent quand l'apport alimentaire du

fluor dépasse 1 à 1,5 mg par jour et une grande partie de l'apatite se transforme en fluoroapatite.

Le processus est très actif lors de la formation des dents (voir plus loin) (39)

- l'intensité des troubles dentaires est fonction du développement de la dent, de l'âge, de l'espèce. (14)

- Les modifications histologiques sont le résultat de l'action du fluor sur les améloblastes avec perturbation de la formation de la matière organique et hypocalcification, hypoplasie, et un défaut de formation de l'émail.

- la répartition du fluor dans une même dent apparaît très hétérogène, elle est maximale dans la zone érodée et dans l'ivoire de seconde formation et moindre dans l'émail normal. (29)

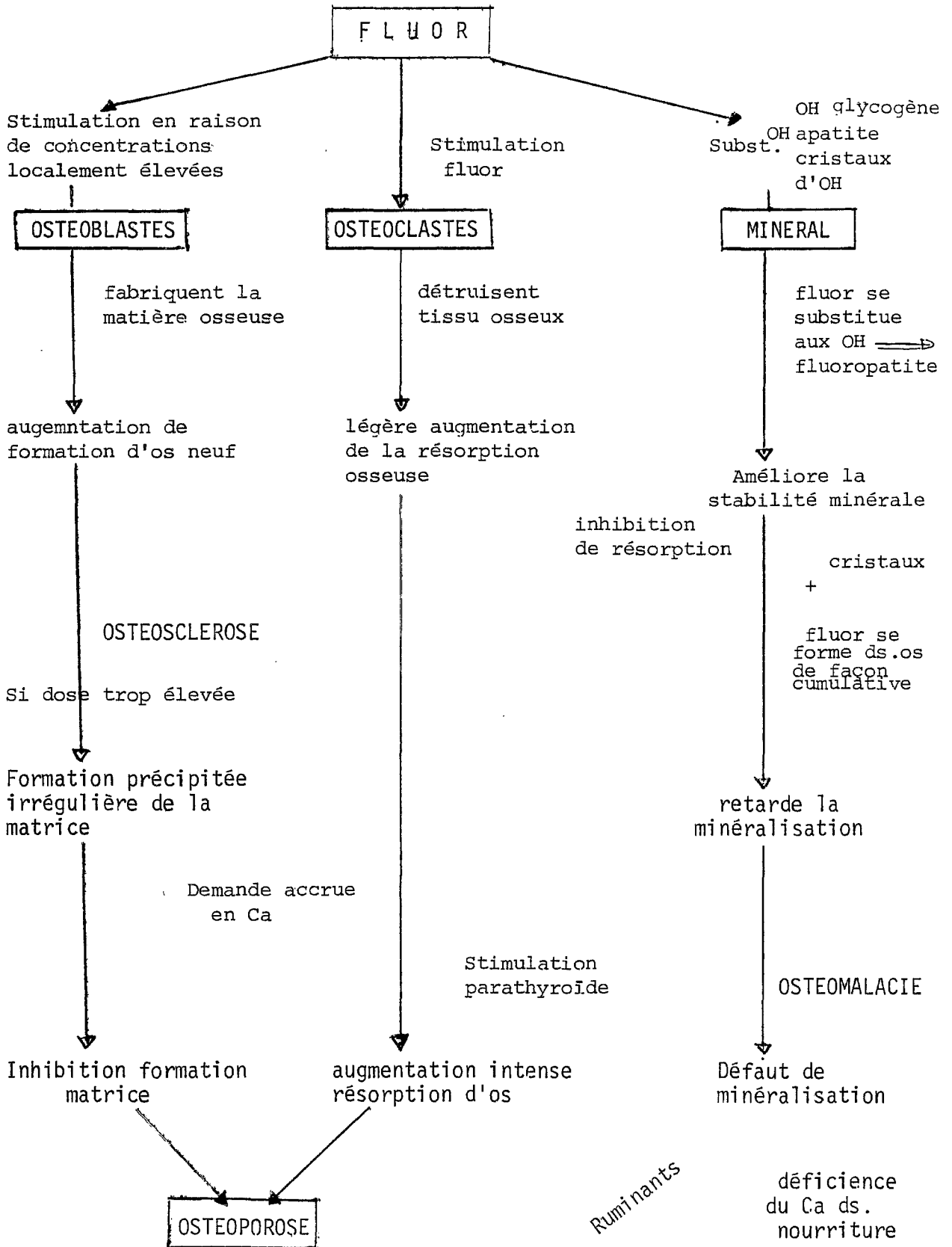
. La cachexie fluorique

C'est le terme de l'intoxication chronique grave, résultant de l'imprégnation fluorée continue durant de nombreuses années.

Elle se manifeste par un amaigrissement progressif et par l'établissement d'un état de torpeur aboutissant dans les cas extrêmes à une anorexie totale mortelle.

Elle ne se produit chez l'homme que pour des absorptions importantes et régulières de fluor, dépassant 100 mg par jour pendant des années.

On observe, lors d'intoxication chronique, une atteinte thyroïdienne, hépatique, rénale et sanguine. (39)



Ruminants

ESPECES

. Fluor et cancer

Aucune preuve de l'action cancérigène du fluor n'a été apportée par les enquêtes épidémiologiques de mortalité menées en pathologie humaine.

C. Facteurs majorant la toxicité du fluor

Le régime alimentaire, la quantité d'eau absorbée, le mode de vie sont trois facteurs intervenant dans l'agressivité du fluor.

Pour déterminer la concentration optimale en fluor dans l'eau de boisson pour un pays ou une région, il faut considérer, surtout chez les enfants, l'apport de fluorures provenant d'aliments riches en fluor, tels le thé surtout et les produits de la mer.

. Des études faites au Sahara, zone de fluorose endémique, ont montré que les lésions dentaires sont beaucoup plus marquées dans les milieux pauvres à alimentation végétarienne, où le déficit en protéines est flagrant. Il y a une différence assez nette dans le degré des lésions dentaires entre le fellah qui vit des produits de sa palmeraie (la datte étant l'aliment principal) et le nomade qui, bien que consommant les mêmes eaux fluorées, associe de la viande séchée à sa ration quotidienne. De même, les enfants de milieux aisés sont moins atteints par le Darmous que les enfants des milieux pauvres (18).

. Au Sahara, comme la température est élevée, un individu consomme 2,5 à 3 litres d'eau par jour, soit une ingestion journalière importante de fluor.

CHAPITRE III

ORIGINE DE LA FLUOROSE
ET SA RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE
AU MAROC

CHAPITRE III : ORIGINE DE LA FLUROSE ET SA RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE AU MAROC

I. HISTORIQUE

- . Le fluor est un élément chimique isolé par Moisson en 1886 .
- . En 1803, Morichi découvre le fluor dans les dents humaines.
- . En 1878, Magito note la solubilité réduite de l'émail dentaire riche en fluor.
- . 1900-1930 : de nombreuses études sont réalisées dans le monde entier pour décrire la relation des lésions dentaires et du fluor.
- . 1912 : Wottenberg et Kapana montrent que l'eau de mer contient d'importantes quantités de fluor dont les concentrations varient entre 0,8 et 1,4 ppm.
- . 1934 : M. Velu, qui pendant plus de vingt ans, dirigea le Laboratoire de Recherche des Services de l'Elevage de Casablanca, fut le premier à attirer l'attention sur l'importance des fluoroses dans la pathologie animale et son incidence sur la pathologie humaine (43) (44).
- . 1931 : Mac Kay et Dean ont montré que là où l'eau de distribution était naturellement fluorée à 1 ppm (1 mg/l); on observait environ 2/3 de caries de moins par rapport à des cités où l'eau ne contient pas de fluor.
- . 1962 : Mise en oeuvre de la fluoration des eaux de distribution en Amérique et en Europe, à raison de 1 ppm.

Après 5 ans (1968) Gulzow et coll. ont observé chez les enfants de moins de 7 ans, une diminution de 70 % des caries. (23)

Ce mode de fluoration artificielle des eaux s'est avéré plus efficace pour la prévention de la carie dentaire dans les pays tempérés ; cependant que dans les pays tropicaux, ce type de fluoration artificielle s'est tourné vers le drame, car on a noté de nombreuses fluoroses, notamment au Sénégal en 1987, parce-que, la population a tendance à boire beaucoup d'eau du fait de la chaleur ce qui entraîne un excès de fluor apporté par cette consommation d'eau exagérée. (12)

II. ORIGINES D'INTOXICATION

L'intoxication peut être :

a/ Hydrotellurique

En effet, on retrouve le fluor :

- Dans les minéraux : roches volcaniques, gisements de phosphates, apatite (voir Chap. I).

Responsable des intoxications telluriques : l'ingestion de végétaux souillés.

- Dans les eaux de mer et les eaux douces, le contact entre les nappes phréatiques et les roches provoque l'imprégnation de l'eau en fluorure. Dans les eaux douces, la concentration en fluorure varie de 0,04 ppm à 5 ppm.

Cependant, à des concentrations supérieures, l'eau est responsable d'intoxication hydrique.

Au Maroc, la fluorose qui sévit dans la région phosphatière est le Darmous : intoxication hydrotellurique.

C'est à ce type d'intoxication que nous allons nous intéresser.

b/ Alimentaire

. On trouve des traces de fluorure dans pratiquement toutes les sources alimentaires.

. Citons notamment le cas des poissons comestibles pour leur teneur élevée.

Le thé est la substance végétale la plus riche en fluor.

Les vins dans lesquels est ajouté frauduleusement du fluor comme comme antifermentation et antiseptique peuvent être responsables des fluoroses osseuses décrites par SORIANO en Espagne en 1966.

c/ Médicamenteuse :

Exemple : ostéose fluorée iatrogène.

d/ Industrielle

La source de pollution la plus importante en France est sans conteste l'industrie de l'aluminium qui utilise la cryolithe comme fondant en raison de son point de fusion peu élevé.

Mais d'autres sources sont bien connues (voir chapitre I).

III. FABRICATION DES ENGRAIS

. L'acide phosphorique, le superphosphate simple et le superphosphate concentré sont des engrais simples qui peuvent également entrer dans

la composition des engrais complexes. (17)

Préparés à partir des minerais des phosphates naturels, ces derniers fournissent, au Maroc, la moitié de la production minière, les réserves de phosphates naturels sont énormes : 21 milliards de tonnes sur 45 milliards reconnus dans le monde. (9)

Ces phosphates renferment 3 à 4 % de fluor sous forme d'apatite $3(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$

. Dans les régions phosphatières, l'eau consommée par l'homme et par les animaux est essentiellement une eau souterraine (puits) qui, traversant les couches phosphatées, se charge en fluor. (44)

Donc l'eau consommée dans les régions phosphatières est responsable de l'apparition du Darmous, ou plus justement du Dar-Ghmous : fluorose complexe se traduisant par des lésions dentaires et osseuses tant chez l'homme que chez l'animal.

. Au Maroc, ces phosphates naturels servent à la fabrication des engrais qui peuvent être à l'origine d'une pollution fluorée.

. D'après Bouchekroun, Ingénieur civil de l'O.C.P. (Office Cherifien des Phosphates) de Khouribga, la production totale du centre de phosphates de Khouribga est de 20 000 tonnes/jour et se décompose comme suit :

- 17 000 t/j/ au four	}	phosphate à 75 %
- 2 000 t/j. en découverte		
- 1000 t/j. de phosphate lavé à 82 %.		

. Le phosphate naturel à 75 % est directement utilisé par l'industrie des engrais et est réputé l'un des plus purs du monde.

. Le phosphate lavé à 82 % provient du phosphate naturel à 75 % enrichi par élimination d'une partie de l'argile originelle.

. Le minerai extrait est transporté jusqu'aux usines de traitement où il est épierré, criblé, séché, et pour une faible partie calciné (1000 t/j).

. Il paraît que les réserves en phosphate sont énormes. (6)

A. Fabrication de l'acide phosphorique

a/ Principe et processus de fabrication

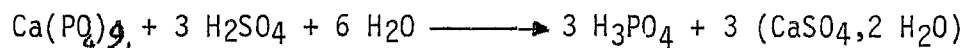
Deux principales méthodes peuvent être utilisées pour la fabrication de l'acide phosphorique :

- le procédé par voie humide,

- le procédé au four : qui permet l'obtention d'un produit plus pur, est surtout mis en oeuvre pour obtenir l'acide phosphorique utilisé dans l'industrie alimentaire et l'industrie chimique.

Par contre, le procédé par voie humide a un moindre coût et il est plus employé. (18)

. L'acide phosphorique résulte de l'attaque du phosphate naturel par de l'acide sulfurique plus ou moins dilué :



Au cours de la réaction, il se forme de l'acide plus ou moins dilué selon les quantités d'eau introduites, le sulfate de calcium précipite selon la température et la concentration de l'acide.

Le sulfate de calcium peut précipiter sous différentes formes de dihydrate, de semi-hydrate, ou d'anhydride. C'est le dihydrate (gypses) qui est le plus souvent formé, il est obtenu par filtration. (18)

Les trois étapes de la fabrication peuvent être résumées de la façon suivante :

- réaction des phosphates naturels moulus et de l'acide sulfurique avec formation de sulfate de calcium ;
- séparation du sulfate de calcium et de l'acide phosphorique par filtration et lavage du sulfate de calcium ;
- concentration éventuelle de l'acide phosphorique obtenu, sous vide (la teneur en P_2O_5 passe en général de 30 % à 50-55%).

La fabrication d'une tonne d'acide nécessite la mise en oeuvre de :

- 3,35 tonnes de minerai de phosphate,
- 2,75 " d'acide sulfurique,
- 5 à 8 heures de réaction.

Elle conduit à la production de 5,5 tonnes de gypse.

b/ Emissions fluorées

Le phosphate naturel contient des impuretés (Fe, Al, Mg, As, Pb, CaF_2) dont 3,5 à 4 % de fluor qui va apparaître comme polluant dans l'atmosphère. (8)

Nature et formation des émissions :

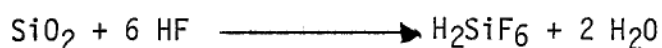
Des poussières contenant 3 à 4 % de fluor hydrosoluble proviennent de la manipulation et du broyage du minerai de phosphate. (10)

. Des gaz fluorés sont formés par la réaction de l'acide sur les phosphates et lors de la concentration de l'acide phosphorique. (9)

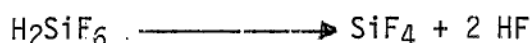
- le fluorure de calcium, présent comme impureté dans le phosphate, réagit avec l'acide sulfurique pour donner de l'hydrogène fluoré et du sulfate de calcium :



- L'hydrogène fluoré réagit sur la silice pour donner de l'acide fluoro-silicique et de l'eau :



- Durant la concentration, l'acide fluosilicique peut se dissocier en tétrafluorure de silicium et hydrogène fluoré :



Le tétrafluorure de silicium s'hydrolyse dans l'air humide pour donner de l'acide fluorhydrique et de la silice ; il peut se combiner à du sodium et du potassium pour produire des sels fluorosiliciques qui forment des dépôts et des boues dans l'équipement de production.

Origine des émissions : (Figure 4. - page 42)

Elles proviennent :

- du réacteur,
- du filtre,
- de la concentration de l'acide par évaporation ;

20 à 30 % du fluor originel présent dans le minerai de phosphate est vaporisé pendant cette opération. Le fluor dégagé parvient à un condenseur barométrique et contamine l'eau de ce dernier.

- du bassin à gypse.

Facteurs d'émissions non contrôlées

Ils sont donnés dans le tableau suivant selon l'origine des émissions :
(18)

Origine	Fluorure en kg/T.de P ₂ O ₅
Réacteur	28,2
Bassin à gypse	0,56
Condenseur	30,6

Les émissions des bassins à gypse ont été controversées pendant de nombreuses années. Des études théoriques et expérimentales menées pour déterminer ces émissions ont montré qu'une concentration maximum de 50 à 100 mg/m³ en fluor pouvait être atteinte dans le voisinage de tels bassins. Le facteur d'émission serait de 0,5 kg de fluor par T. d'acide phosphorique produit pour un bassin d'environ 1,1 km² de surface.

c/ Contrôle des émissions

Le contrôle conduit à un facteur d'émission de 1 à 4 kg de fluor par tonne de P₂O₅ produit.

En ce qui concerne les poussières, elles sont rassemblées dans de grands volumes d'air, puis circulent dans des filtres et des épurateurs.

Les gaz fluorés du réacteur et du filtre sont épurés grâce à des épurations humides.

L'introduction de soude dans le réacteur conduit à la précipitation d'une partie des fluorures.

La pureté de l'acide est améliorée par précipitation des impuretés

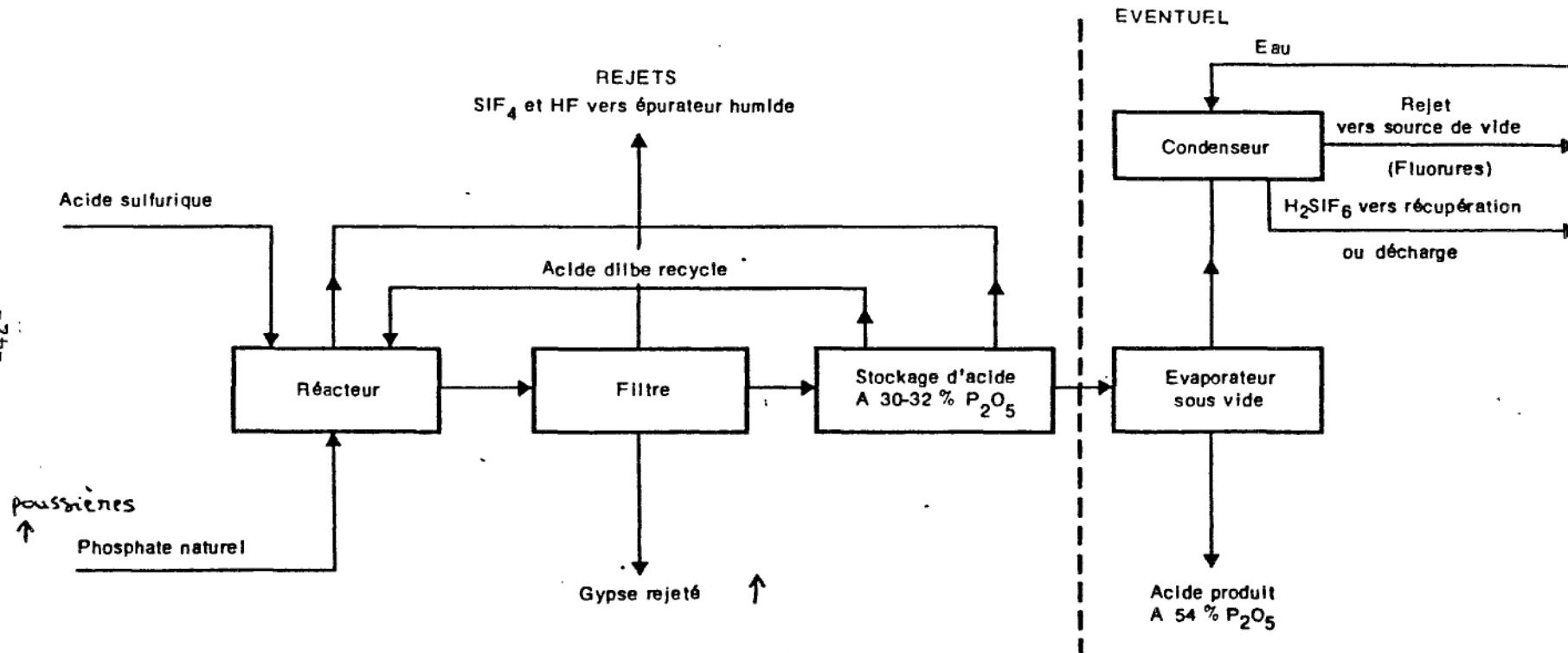
métalliques en complexes fluorés et plus de 85 % du fluor peut être immobilisé en composés insolubles dans le gypse.

Le rejet du fluor sous forme d'un effluent aqueux peut être réduit par récupération des fluorures sous forme d'acide fluorhydrique. (36)

Les grandes quantités de fluor libérées lors de la concentration de l'acide constituent une source intéressante de fluorures comme sous-produits.

70 à 80 % du fluor dégagé est éliminé grâce à la production d'acide fluorosilicique pour la fabrication du fluorosilicate de sodium.

Le recyclage de l'eau du condenseur ou de l'épurateur permet la récupération d'acide fluosilicique sous forme d'une solution à 20 à 25 %.



Source : « The Effects of Pollution Abatement on International Trade » - III, US Department of Commerce, avril 1975.

Fig.4 : schéma de la fabrication d'acide phosphorique par voie humide.

B. Fabrication du superphosphate normal - (Fig. 5-page 45)

Le superphosphate normal est un fertilisant contenant 15 à 21 % de phosphate.

.Il est préparé par réaction de phosphates naturels broyés avec l'acide sulfurique à 65-75 %.

Pour la fabrication, un mûrissement de deux à six semaines est nécessaire pour que les réactions soient complètes.

.Les émissions fluorées sont gazeuses (hydrogène fluoré et tétrafluorure de silicium) et particulaires. (18)

Les quantités de fluor dégagées varient entre 10 et 50 % (poids) du fluor des phosphates naturels et selon la concentration de l'acide.

Un phosphate contenant 3-4 % de fluor, par exemple, est à l'origine de l'émission de 10 à 60 kg de fluor pour une tonne de superphosphate produit. (9)

. Les émissions sont contrôlées par des filtres à manche pour les poussières et par réputation pour les émissions gazeuses.

C. Fabrication du superphosphate concentré - (Fig.6 p.45)

Le superphosphate concentré contient 40 % de phosphate. Il s'agit donc d'un engrais très riche en phosphate, obtenu par la réaction de phosphates naturels moulus et d'acide phosphorique.

Il peut être préparé sous forme brute (pulvérulente) ou sous forme de granulés (plus fréquente).

Les émissions gazeuses (hydrogène fluoré et tétrafluorure de silicium) et particulaires sont contrôlées avec une efficacité de 97 % par des

filtres et des systèmes d'épuration des gaz. (9)

Les facteurs d'émission contrôlée sont donnés dans le tableau suivant :

- fluorures 0,12 / T. de P_2O_5
- particules 0,05 / T. de P_2O_5

-

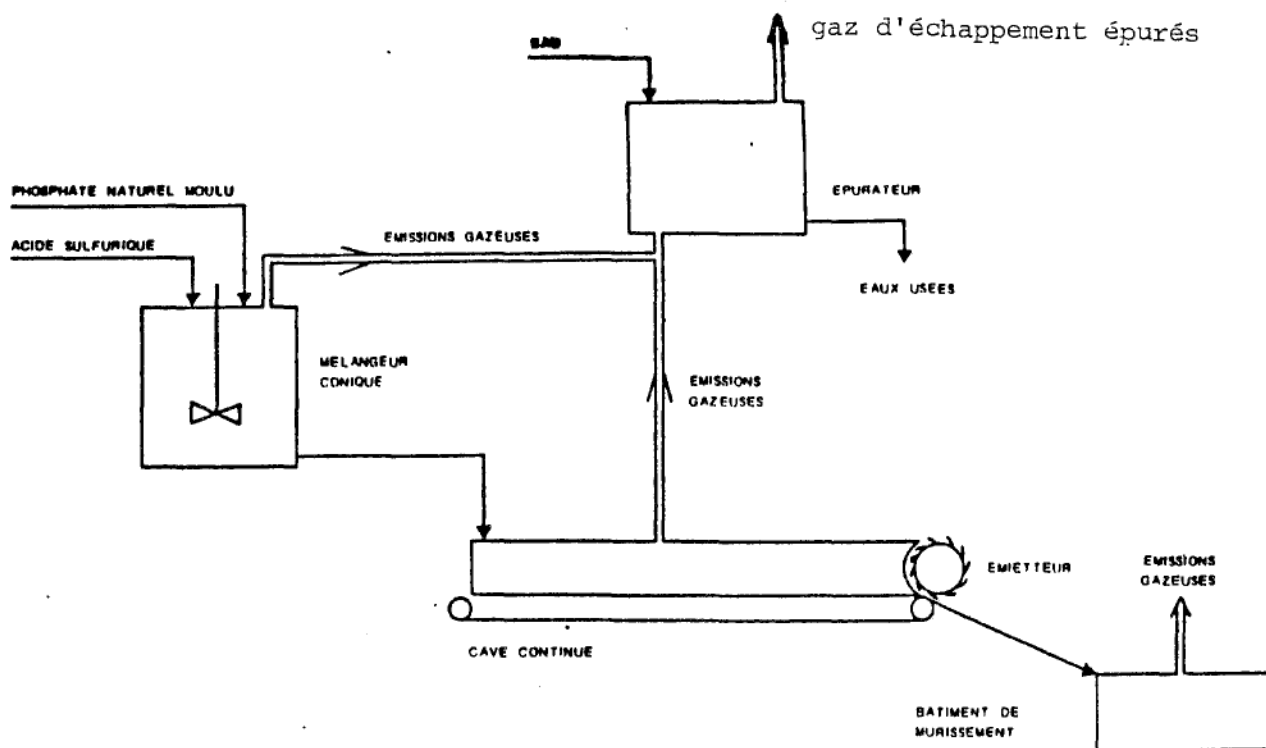


Fig. 5 : schéma de fabrication du superphosphate normal.

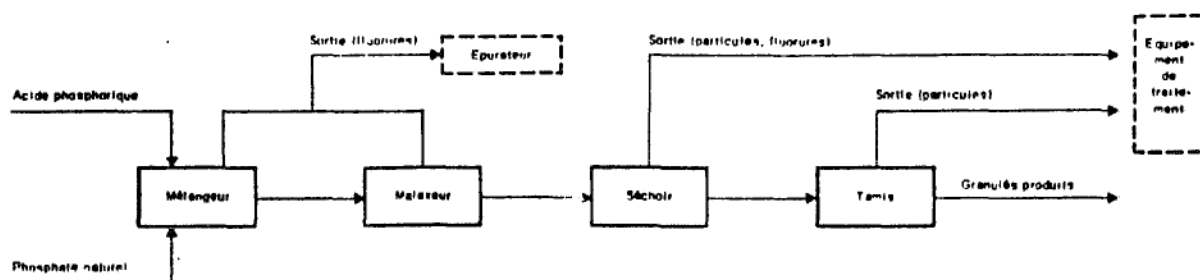


Fig.6 : schéma de fabrication du superphosphate concentré.

IV. RÉPARTITION GEOGRAPHIQUE DES FLUOROSSES

A. Généralités

La connaissance de la fluorose a commencé avec la fluorose dite hydrotellurique qui sévit dans certaines régions du monde.

La première description du "Guádúr" , intoxication fluorée qui s'est manifestée après l'éruption du volcan Hekla, en Islande, remonte à 1693. (30)

. En 1803, Morichi découvre le fluor dans les dents humaine ;

. Gay-Lussac reprend ces expériences et confirme la présence de fluor dans l'émail dentaire.

. En 1878, Magitot note la solubilité réduite de l'émail dentaire.(23)

. Entre 1900 et 1930, de nombreuses observations cliniques ont été réalisées de par le monde pour décrire l'émail tacheté, appelé :

- Darmous en Afrique du Nord,
- Moti enamel : aux U.S.A. et en Angleterre,
- Dentiti scritte : en Italie,
- Dentes vedeatos : en Amérique du Sud.

. En France, la fluorose est découverte en Savoie et touche le bétail. (39)

B. Au Maroc

. Le nom donné à cette maladie est le : Dar-Ghmous : mot d'origine berbère ="chute des dents" - de Dar = dents et Gmous = tomber - C'est le stade le plus avancé de la fluorose

. En 1929, Velu reproduisait le Darmous en donnant aux moutons des phosphates naturels.

. En 1934, Gaud, Charnot et Langlais étudient les variations saisonnières de l'absorption du fluor par l'animal, ainsi que le rôle primordial des poussières fluorées dans l'étiologie du Darmous dans les régions phosphatières de Khouribga et El Brouge.

. En 1984, Kessabi et Abdennabi, dans une étude épidémiologique, ont établi les zones où sévit le Darmous, ils ont montré que les teneurs en fluor de l'eau varient selon les régions de 2 à 14 ppm. (29)

. Les zones d'endémie fluorée sont :

- Khouribga, Ben Ahmed, Ouedzem et Tadla, au nord-est ;
- Settat au nord-ouest ;
- Rehmna, Benguerir , Youssofia, Chamaïa, au sud-ouest.

(Voir carte a, page 48)

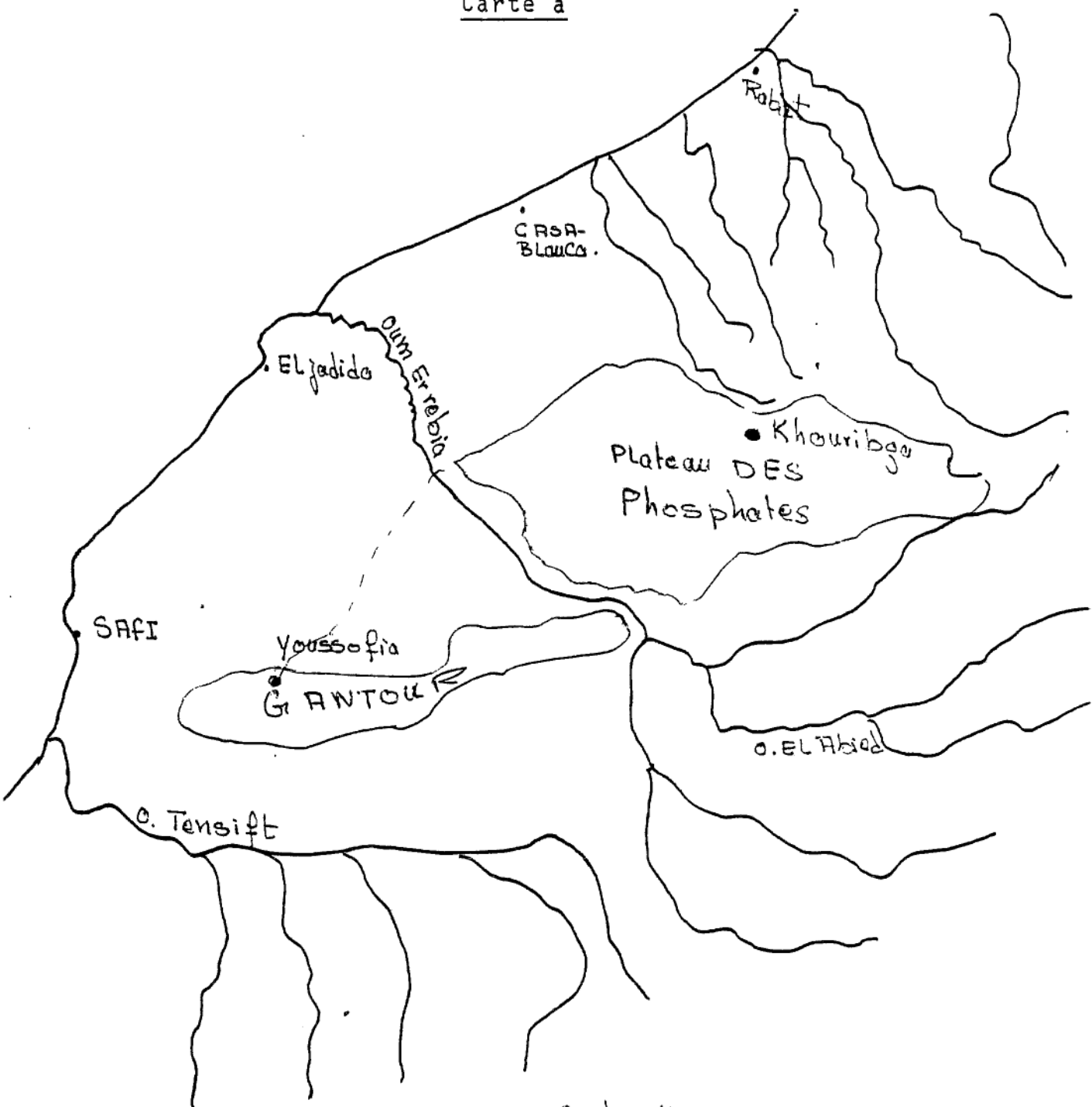
Au Maroc, on trouve deux régions phosphatières :

1. La principale et la plus importante est la région de Khouribga ou Plateau des phosphates ;
2. La région de Youssofia : Gantour.

D'après moi-même, les habitants de Ouled Ben Amir, une grande région près de Khouribga, présentent des lésions dentaires semblables à celles engendrées par le fluor. Dans ces régions du Tadla, le Darmous est rencontré d'une façon inconstante, car toute la zone de Beni-Oukil est touchée par cette maladie, alors que dans la région où j'habite - région de Beni Mellal- on n'a jamais observé de Darmous.

D'après El Hassan Abdenbi : ce sont les régions de Ouled Abdouneet Elfokra qui sont touchées de façon constante par le Darmous dans la région de Khouribga ; Ouled Azouz et Ouled Brahim dans la région de Boujuiba ;

Carte a



Carte No a.

Regions phosphatères du Maroc

- plateau des phosphates.
- Gran Tour

et les Beni smir dans la région de Ouedzem.

. Le Dar-Ghmous est sporadique à BeniKhirane, Beni Iklef et Lagfaf.

(22).

. Dans les régions phosphatières, une étude réalisée par l'Institut Hassan II Agronomique et Vétérinaire, a permis de dresser une carte du Darmous montrant les principales zones où l'eau est riche en fluor.

(28) (Voir carte b, page 51)

Des prélèvements d'eau de puits dans ces régions ont confirmé la présence de fluor. (22)

A Settat, les régions prolongeant les Ouled Abdoune sont les plus atteintes du Darmous : c'est la zone de Ben- Ahmed, Ouled Fares, Sidi Hajjaj, Ouled Ayad, Ouled Si Bouria, Harmig Nzab ; également la zone de Guisser à Rima et Beni Kheloug ; et plus au sud, El Brouge et Lakrakra sur le plateau de Beni Meskine. (8)

A Benguerir, Sebt des Ben Khirane Doua Bouzid, Had Jaafia, Ouled Dlim ; une large zone au nord à Nzalet, et Adam au sud, est touchée par le Darmous.

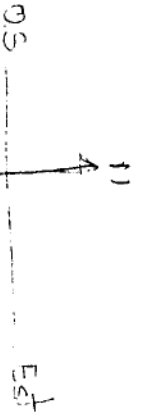
A Youssofia : la région du Gaütour est une région où sévit d'une façon très nette et très sévère, le Darmous : Khemilet, Nazalet, El Adam, Lamkhalif, Ouled Dlim

Mais la région la plus porteuse de Darmous à Youssofia, est celle de Si Ahmed. (9) : c'est à dire , Gzazra, Douar Romi, Douar Elhaj Sidi Ahmed, Mou El Oudel.

A Chamaïa, au sud de Youssofia, on trouve des foyers isolés de Darmous : Ouled Bouzid, Ouled Iych, El Hachia, Doua, Nouasser ... (8)

D'après Bennani, une étude réalisée au sud du Maroc, dans les régions de Marrakech, Agadir, Esmaïra, Fighig, Laayoune, a permis de démontrer que la concentration en fluor est supérieure à 1mg F/l. (20)

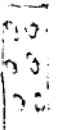
Une étude faite par deux stomatologues (Mr et Mme Laroussi) est en cours de réalisation. Ceux-ci pensent qu'il existe plusieurs petits points isolés à travers le Maroc, à part des régions phosphatières, où l'on voit le Darmous, notamment : la région de Taza, Fes, Tetouan au nord, plusieurs points au Sahara, au sud-ouest. (22)



Zone où Dergahmas
rit etc avec des corail q'rien



Zone où Dergahmas
est présente ; de corail y'en a



Zone de corail
s'oppose à la zone
habile

Elyada

RAZENOUR

BERREUID

Rehema

BEN GUERIR

ELKEURA

HAD BENTOUKA

.FKIH BENSARAH

BOUSSARD

Rit Bwimar

SETITE

BEN
RATIB

KHOURIBGIR
Hibadim
Elyada

OUEDZEN

Bou
Smir

HAD BENTOUKA

Douir ou Had Zaidani

Had Bwimar

Chaybia

Yousouf DA

SRETI

IV. TENEURS EN FLUOR DES EAUX DES RÉGIONS D'ENDÉMIE

Ces prélèvements ont été effectués par l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (Rabat) dans les régions suivantes :

Khouribga, Fkih Ben Salah, Settat, Ben Guerir, Youssoufia, Chamaïa.

- Résultats : voir tableaux I et II. pages 54 et 55).

On remarque :

1°/ Dans une région ayant la même cause d'endémie (PO₄ naturels), l'eau peut contenir des quantités de fluorures libres différentes d'un puits à un autre et d'une zone à l'autre.

Ces quantités peuvent varier de 0,20 ppm (titre faible) à 5,66 ppm (titre toxique).

2°/ La quantité moyenne de fluorures dans les eaux des puits est plus élevée à l'est qu'à l'ouest du Plateau des Phosphates.

Exemple :	au sud	(Fkih Ben Salah	.....	0,55 ppm
		) Youssoufia	.....	1,29 ppm
	au nord	(Oued Zem	.....	0,36 ppm
		) Settat	.....	1,36 ppm

Elle est également plus élevée à mesure que l'on passe du nord au sud des régions phosphatières :

Exemple :	(Ben Ahmed	.....	0,72 ppm
	)Ben Guerir	.....	2,99 ppm

Mais elle demeure la plus forte entre les deux régions d'exploitation des phosphates, c'est à dire les régions de Ben Guerir - ou plateau des Rhamna - qui se situe entre le plateau Ourdirha (Khouribga et El Brouge) et le plateau des Gantour de Youssoufia.

3°/ Les zones où le Darmous est fréquent avec des cas graves, sont aussi bien celles :

- du Ourdirha : 0,70 ppm en moyenne, que
- Youssoufia : 1,29 ppm " " ,
- ou que celle de la région de Ben Guerir où les eaux titrent 2,99 ppm en fluor.

D'après ces trois remarques, on peut généraliser et dire que le Darmous est provoqué uniquement par l'absorption d'eau fluorée.

Teneurs en fluor des eaux des régions d'endémie

Résultats obtenus (Tableau I)

Régions	Lieu de Prélèvement	Teneur moyenne en ppm	Moyenne
Khouribga Oued Zem	Ouled Abdoune	0,93 ppm	0,70 ± 0,19 ppm
	Bni Klef	1,14 ppm	
	Ouled Messaoud	0,30	
	Mfassis	0,27	
	Ouled Azouz	0,68	
	El Fokra	1,60	
	Ouled Brahim	0,60	
	Bni Smir	0,53	
Oued Zem	0,36		
Fkih Ben Sahal	Bni Khaddou	0,57 ppm	0,55 ± 0,16 ppm
	Bni Oukil	0,58	
	Lakrifat	0,99	
	Bomagri	0,34	
	Had Labradia	0,57	
Settat	Labrouj	1,40 ppm	1,38 ± 0,43 ppm
	Guisser	1,02	
	Ouled Sghir	0,52	
	Had Mzoura	0,25	
	Ouled Bouziri	1,36	
	Khemisset O.Saïd	2,02	
	Sidi Hajaj Krei	1,36	
	Ouled Fares	2,39	
	Ben Ahmed	0,72	
Beni Kheloug	3,56 ppm		
Ben Guerir	Nzalat	1,86 ppm	2,99 ± 0,78 ppm
	Khemilet	2,46	
	Sidi Abdellah Serrakh	2,54	
	Mrablui Od. Ba.	1,23	
	Ouled Dlim	5,66	
	Ouled El Haddaji	1,84	
	Douar Kaddour ben sbai	1,32	
Rhamna	3,97 ppm		
Youssoufia	Douar Lhaj	3,00 ppm	1,29 ± 1,76 ppm
	Douar Rami	0,41	
	Lagzarra	0,20	
	Sidi Ahmed Moul EL Oued	1,555 ppm	
Chamaïa	Nouasser	1,40 ppm	1,06 ± 0,47 ppm
	Ouled Burid	1,20	
	Ouled Amara	1,10	
	Ouled El Mouni	0,57 ppm	

Concentration en fluor dans diverses régions
du Maroc - En mg/l ≥ 1

Tableau II

Préfecture/ Province	Localisation	Point d'eau	Concentration en fluor mg/l	Date
AGADIR	Adduction est	Forage 840/70	1,20	25.03.81
	Adduction sud	Forage 9/69	1,30	27.03.82
	Inezagane	Forage 855/69	1,16	20.03.81
ES-SMARA	Es-SMAR	Puits 358/120	1,90	9.10.82
	"	" 357/120	1,70	9.10.82
	"	" 354/120	1,70	9.10.82
FIGUIG	Ben Tajjit	Forage Rich- coll	3,0	10.12.82
LAAYOUNE	Laayoune	Puits 9/120	1,00	13.02.82
	"	" 112/120	1,60	8.10.82
	"	" 202/120	1,40	8.10.82
	"	" 208/120	1,50	16.02.82
	"	" 283/120	1,60	8.10.82
	"	" 227/120	1,60	8.10.82
	Tarfaya Sakia El Hamra	" N° 3	1,90	23.09.82
MARRAKECH	Ben Guerir	Forage 837/44	1,12	21.09.82
	Ben Guerir	Puits (Birel Aoam)	1,25	24.02.82
SETTAT	El Gara	Source 603/28	1,12	13.08.81
	Settat	Forage 195/27	1,01	9.11.81
	Settat	Forage 1851/27	1,00	28.10.82
TAN-TAN	Tan-Tann	Puits n° 6	1,50	8.12.81

CHAPITRE IV

INCIDENCE DE LA FLUOROSE HUMAINE ET ANIMALE AU MAROC

CHAPITRE IV : INCIDENCE DE LA FLUOROSE HUMAINE ET ANIMALE AU MAROC

I. MODES D'INTOXICATION

A. INTRODUCTION

La toxicité du fluor se révèle être en définitive uniquement un problème de dose : le fluor est toxique, comme n'importe quelle substance à partir d'un seuil.

La concentration optimale en fluorure de l'eau de boisson a été déterminée avec précision, se situant entre 1 et 1,2 mg par litre d'ions $F^{(-)}$, (soit 1 à 2 ppm) dans les pays à climat tempéré.

Smith et Hodge ont établi un tableau en fonction de la dose ingérée (39) :

CONCENTRATION	VEHICULE	EFFET
0,02 ppm	Air	Nocif pour les végétaux
1,00 ppm	Eau	Réducteur de la C.D.
2,00 ppm	Eau	Fluorose dentaire
8,00 ppm	Eau	Ostéosclérose à 10 %
20 à 80 mg/j.	Aliments -Eau	Retard de croissance
Supérieur à 50 ppm	Aliments-Eau	Troubles rénaux
2 à 5 g. en une seule prise	Ingestion	Mort

D'après ce tableau on constate que même une consommation de 8 mg/l de fluor n'a pas d'effet nocif sur la santé générale, si l'on excepte le cas d'émail tacheté et quelques cas d'ostéosclérose.

B. Intoxication aiguë

- Elle ne peut survenir qu'après l'absorption de 2 à 5 g de fluor en une seule prise, sous forme de FNa ;
- DL₅₀ = 5 à 10 kg pour un homme de 70 kg
- Elle se manifeste par :
 - . des nausées, vomissements, diarrhées,
 - . des crampes abdominales, paralysies ...
 - . mort par collapsus cardiovasculaire.
- Au bout de 4 heures, il y a une grande chance de survie. (5)

C. Intoxication subaiguë

- Nécessite l'ingestion répétée de 250 mg/j. de fluor, soit l'équivalent d'un kilo de sel fluoré environ. (34) (35)
- Ces deux situations sont évidemment très rares au Maroc. (9)

D. Intoxication chronique

- Elle peut se produire après l'ingestion prolongée de doses quotidiennes comprises entre 5 et 10 mg de fluor (34) - D'origine :
 - . industrielle,
 - . iatrogène,
 - . endémique (hydrique
) tellurique.

Cette accumulation du fluor dans l'organisme est appelée fluorose.

En milieu industriel où il y a augmentation des vapeurs fluorées qui sont responsables des fluoroses chez l'homme et chez le bétail.

. Au Maroc, cette fluorose est appelée le Darmous, correspondant à des lésions dentaires. C'est une appellation berbère - le Dar-ghmous qui signifie "chute des dents" ; le Darmous touche aussi bien l'homme que l'animal.

. Cette intoxication chronique chez les animaux entraîne :

- démarche raide et douloureuse,
- cachexie fluorique,
- décalcification,
- tendance aux fractures spontanées,
- abrasion irrégulière des dents,
- stérilité, fragilisation osseuse.

. Chez l'homme, elle se manifeste par :

- une modification importante du système ostéo-articulaire ;
- des lésions : hépatiques, rénales, thyroïdiennes, surrénales,
- des lésions dentaires quand le taux du fluor est supérieur à 1 - 1,5 mg/j.

Dans ce cas, les groupements hydroxyles de l'apatite ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) sont remplacés par des ions fluorés, par substitution partielle :

(An, Hyg, Met et Wu) et formation de la fluoroapatite stable.

Ce syndrome particulier sous le nom "d'émail tacheté" est appelé :

- Darmous au Maroc,
- Mottled enamel aux Etats-Unis,

- dentiti scritte in Italia,
- dentes vedatos en Amérique du Sud.

Les facteurs aggravant la fluorose, sont :

- . le climat,
- . la malnutrition,
- . carence calcique.

II. CONSÉQUENCES

Au Maroc, la fluorose qui sévit dans les régions phosphatières est le Darmous. Elle est complexe :

- hydrotellurique dans certaines régions,
- tellurique dans d'autres.

. Elle comporte essentiellement des lésions définitives des dents et touche à peu près 90 % des autochtones.

. Le Darmous touche aussi bien l'homme que l'animal dans ces régions.

. Les altérations du squelette font l'objet d'une importante polémique entre les auteurs. En effet, certains auteurs confirment que , dans le Darmous le squelette n'est pas modifié par les quantités de fluor ingérées dans l'eau de boisson qui sont faibles ; d'autres affirment le contraire. (41)

- En 1936 : Speder, radiologiste à Casablanca, décrit les modifications du squelette chez les porteurs de Darmous.

- 1948 : Charnot, toxicologue à l'Institut d'Hygiène de Rabat, démontre que le fluor des eaux des zones de Darmous, existe

sous forme de fluorure de calcium (F_2Ca). Il démontre également que l'eau contient des boues en suspension renfermant la plus grosse quantité de fluorure.

Cependant, il conclut que ce sont les végétaux des zones à Darmous qui sont les principales causes de fluoroses chez les animaux.

Il envisage déjà un moyen de prévention basé sur l'administration aux animaux de phosphates d'alumine.

. 1951 : Bechmeur, Lamotte, Massotte et Rousson de l'O.C.P. de Khouribga, mènent une enquête en zone de Darmous. Ils concluent que le fluor de l'eau a été incriminé souvent à tort dans les fluoroses endémiques.

La toxicité du fluor dépend en fait de la forme sous laquelle il se trouve - soluble ou insoluble - et de la composition minérale de l'eau.

B. Lésions dentaires

. La fluorose, au niveau de la structure de l'émail dentaire au cours de sa formation, aboutit à une hypoplasie endémique.

. En 1935, Trendley Dean classe les manifestations cliniques des altérations de l'émail, celui-ci décrit 7 stades :

- 1er stade : Normal - l'émail est translucide, lisse et d'aspect brillant.
- 2e stade : Douteux - observé dans les régions d'endémicité relativement élevée.

Pour certains cas limites, il est très difficile de déterminer si il faut les classer dans la catégorie "Normale" ou "Très discrète"

- 3e stade : Très discrètes - petites zones opaques, d'un blanc de papier, disséminées régulièrement sur les surfaces labiales et buccales des dents

- 4e stade : discrètes - zones blanches, opaques, affectant au moins la moitié de la surface dentaire ; occasionnellement, de faibles taches brunes.
- 5e stade : modérées - toutes, ou presque toutes les surfaces dentaires sont atteintes. De menues dépressions sont fréquentes sur les surfaces labiales et buccales. Les taches brunes sont souvent une complication inesthétique.
- 6e stade : modérément grave - dépressions marquées, plus nombreuses et généralement observées sur toutes les surfaces dentaires ; taches brunes, le cas échéant particulièrement intenses.
- 7e stade : graves - l'hypoplasie affecte la forme de la dent. Taches étendues, d'intensité variable, allant du brun ou noir. C'est l'émail tacheté parfois dit "corrosif".

Dans nos régions d'endémie fluorée, tous ces stades sont rencontrés en fonction de l'âge de l'individu.

La première manifestation du Darmous apparaît sur la première molaire permanente (dent de 6 ans), puis sur les incisives et les autres dents permanentes, suivant la chronologie de l'évolution.

Les tissus dentaires ont, contrairement aux tissus osseux, la particularité de ne plus évoluer une fois leur formation achevée ; les lésions dentaires engendrées sont alors irréversibles.

B. Exemples de Darmous dans la Région de Masgouna

. Cette région est située entre Fkih Ben Salah et Souk seb Ouled Nemaâ dans le sud marocain.

. En août 1989, je me suis rendu dans cette région, plus exactement dans le village de Lamrabbta où j'ai pu interroger et photographier différentes personnes atteintes de Darmous, d'âges et de sexe différents.

Ces cas vont être présentés individuellement, par ordre chronologique selon l'âge.

- 1er exemple :

Jeune homme de 15 ans sans antécédents médicaux particuliers, présente une dyschromie légère des dents du maxillaire supérieur et inférieur.

. Apparemment, pas d'atteinte de la gencive.

. Pas de localisation autre que dentaire.

. Peut être classé dans le stade 2 ("Douteux").

- 2e exemple :

Jeune homme de 17 ans, sans aucun antécédents médicaux, présente des taches brunes sur la moitié supérieure des deux incisives médianes du maxillaire supérieur.

. Ces anomalies peuvent être classées dans le stade 4 de Trendley Dean ("Discret").

. Pas de localisation autre que dentaire.

- 3e exemple :

Homme de 43 ans, sans antécédents médicaux.

. Présente une dyschromie très marquée sur toute la surface dentaire de toutes les dents, avec tout de même une coloration plus foncée à la base des dents réalisant une séparation de couleur entre la partie supérieure et inférieure de la dent.

. Par ailleurs, il présente aussi une détérioration de la forme de la dent;

. Peut être classé dans le stade 7 ("grave").

. Pas de localisation autre que dentaire.

- 4e exemple :

Homme de 45 ans, asthmatique depuis l'enfance, présente deux sortes d'atteintes :

. une atteinte de la gencive avec des taches noirâtres au niveau du maxillaire inférieur ;

. une atteinte dentaire avec : au niveau du maxillaire supérieur des taches brunes à la partie inférieure des dents, au niveau du maxillaire inférieur, des taches étendues sur toute la surface des dents.

. On peut le classer dans le stade 7 ("grave"). Notons que cet homme se plaint fréquemment de céphalées, de myalgies et d'arthralgies.

Pouvons-nous rattacher ces symptômes à une intoxication fluorée chronique ?

C. Lésions osseuses

a/ Manifestations relatives

. L'atteinte osseuse de la fluorose se manifeste généralement par des douleurs ostéo-articulaires avec prédominance de douleurs au rachis lombaire, aux genoux, aux pieds et aux mains.

Ces douleurs sont souvent confondues avec une arthrose, un rhumatisme inflammatoire, ou une spondylarthrite ankylosante quand la fluorose atteint un degré grave.

. Or les formes latentes sont très fréquentes, donc l'examen clinique seul ne permet pas de poser un diagnostic de fluorose osseuse.

Il est nécessaire de faire appel à d'autres méthodes, telles que le

dosage de fluor urinaire, un bilan osseux et surtout une biopsie osseuse accompagnée d'un examen histologique et microradiographique. (11)

b. Les signes radiologiques

L'ostéocondensation diffuse et systématique est la manifestation la plus remarquable de la fluorose chronique humaine, elle est due à :

- l'épaississement des travées de l'os spongieux,
- l'épaississement ostéophytique du périoste entraînant une augmentation du volume de l'os et des contours irréguliers. (42)

Ceci se fait en trois étapes :

- . 1ère étape : trabéculatation grossière avec travées osseuses épaissies, denses, de disposition irrégulière ;
- . 2ème étape : disposition de la trabéculatation et ostéocondensation par fusion des travées ;
Perte du contour régulier de l'os.
- . 3ème étape : densification extrême, aspect marbré de l'os, diminution de la cavité médullaire.

Ces lésions débutent et prédominent au bassin et au rachis (surtout pour le segment cervical).

Elles sont également très marquées à la diaphyse des os longs et plus discrètes sur les os distaux.

Les vertèbres sont atteintes dans leur intégrité (corps, lames, pédicules). (36)

Dans les formes sévères, l'hypertrophie du pédicule provoque un rétrécissement du canal rachidien (surtout à l'étage cervical) et il est

responsable de lésions médullaires graves. Il y a souvent soudure des vertèbres en divers endroits (spondylite ankylosante) et rétrécissement des trous de conjugaison (rétrécissement radiculaire).

Il y a prédominance de condensation à la base du crâne et densification plus modérée à la voûte. Presque jamais d'ostéosclérose de la selle turcique, ni des sinus, ni des orifices crâniens.

La plupart des ligaments sont épaissis et calcifiés.

c/ Du point de vue microscopique :

Le fluor joue au niveau des ostéoblastes et ostéoclastes une action stimulatrice. (13)

* Au niveau des ostéoblastes :

- il y a fabrication de matière osseuse,
- le taux du fluor dans le sang va avoir un impact sur l'activité enzymatique qui sera stimulée.
- Au niveau du périoste, un tissu fibreux se forme et se transforme ensuite en tissu osseux.

Cette prolifération est appelée ostéosclérose.

* Au niveau des ostéoclastes :

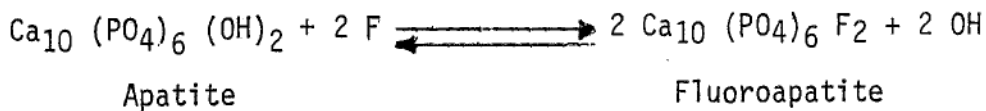
- le fluor va également les stimuler et ils vont détruire le tissu osseux. C'est l'ostéoporose qui va s'observer chez l'espèce animale.

* Au niveau du collagène :

Il y a formation de fibres défectueuses (lésions biochimiques du fluor).

* Au niveau de la substance minérale de l'os :

Le fluor se substitue au groupement hydroxyle de l'hydroxyapatite pour former la fluoroapatite dont les cristaux sont plus gros, selon la réaction suivante :



Cette substitution va baisser la solubilité du calcium et empêche son passage de l'os vers le sang.(40)

D'autres anomalies ont été signalées, en particulier la diminution du taux de citrates osseux et l'augmentation du taux de magnésium.

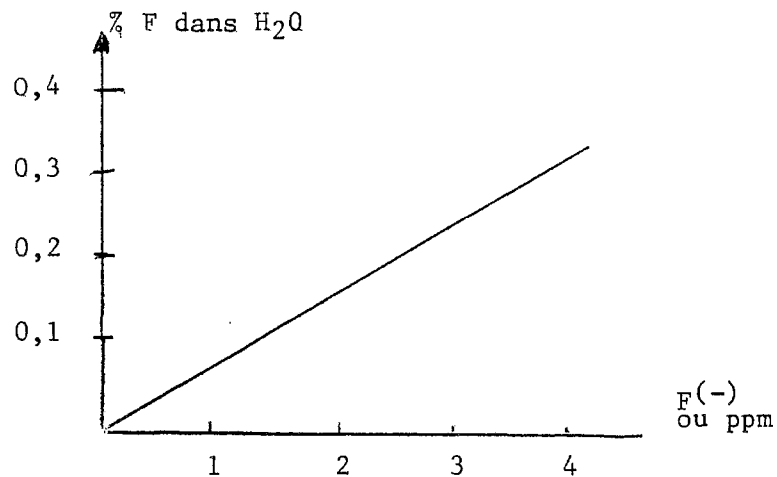
c. Cas du Darmous

La fluorose osseuse, dans les régions phosphatières, est assez discrète. Elle ne se manifeste pas cliniquement, mais ne peut être décelable que lors d'examens radiologiques chez les ouvriers, ou lors de fractures osseuses.

Elle n'est pas proportionnelle au degré de tacheture des dents, les deux tissus ont des métabolismes différents et ne se développent pas à la même période de la vie.

La fluorose osseuse dépend de la durée et de l'intensité de l'exposition au fluorure naturel de l'eau. (43)

. Zipkin et Coll., en 1958, ont établi une relation entre la concentration en fluorure dans l'eau de boisson et celle retrouvée dans l'os humain. Ils trouvent que cette relation est linéaire :



Quand l'eau titre de 1 à 20 ppm de fluorures, il y a une relation de 50 % de ces F(-) par le squelette ; le taux restant est éliminé principalement par l'urine et 5 à 10 % par les fèces.

Mais la fluorose squelettique peut être induite par la présence de particules en suspension dans l'eau de boisson.

. La présence de fluor dans les végétaux (thé en particulier : boisson largement consommée au Maroc), la contamination par les eaux de cuisson, l'absorption très importante d'eau due au climat chaud et sec, le contact avec les poussières des minerais et usines de criblage et séchage, la malnutrition (régime pauvre en protides et en calcium); sont plusieurs facteurs qui s'associent pour favoriser l'intoxication fluorée et le retentissement sur le squelette, malgré les faibles teneurs en fluor des eaux de boisson de certaines zones.

. Le fluor va se fixer sur l'os de façon cumulative en fonction des apports journaliers. Ce n'est que lorsque la teneur dans l'os est égale ou supérieure à 4000 ppm que l'on observe des signes radiologiques. (36)

Sur le plan clinique, l'atteinte n'est décelable qu'au stade avancé

de l'intoxication fluorée,

. L'absorption de fluor chez les jeunes sujets au niveau de l'os est plus importante que chez les sujets âgés.

. Mais, quel que soit l'âge, l'absorption varie en fonction des tissus osseux :

- les structures réticulées contiennent moins de fluor que les structures compactes ;

- l'absorption est plus rapide à la surface de l'os, siège de l'activité métabolique intense, qu'à l'intérieur.

D. Atteinte du monde végétal

. Le fluor est considéré comme principal polluant responsable des dommages causés aux plantes.

. Sa phytotoxicité est due à son affinité vis-à-vis du calcium nécessaire aux plantes. Le fluor perturbe le métabolisme du calcium et le métabolisme auxinique.

. C'est un toxique cumulatif, car non métabolisé par la plante, il s'emmagine progressivement à l'apex et parfois à la périphérie des feuilles; puis au-delà d'un certain seuil, les premiers effets toxiques apparaissent.

. Sur les feuilles, le fluor entraîne des nécroses réduisant la photosynthèse et la productivité.

. Il existe une grande variation de sensibilité au fluor en fonction des espèces ; exemple : les arbres fruitiers à noyaux sont

particulièrement sensibles à la pollution fluorée (abricotier).

. Le fluor a trois types d'actions indépendantes :

- sur l'appareil foliaire,
- sur les processus de floraison et de fructification,
- sur le fruit au cours de son développement.

. Cette accumulation du fluor dans les plantes est à l'origine de l'intoxication des animaux ingérant les plantes polluées.

. L'ensemble des composés fluorés peut être exprimé sous forme des fluorures $F^{(-)}$ qui semble être le seul ion responsable des dommages des plantes.

Ces composés sont très répandus dans l'atmosphère sous forme de gaz absorbés à la surface des feuilles. Les échanges assurés par les stomates sont la voie d'entrée privilégiée des polluants de l'air qui vont ensuite se diffuser dans les tissus, permettant ainsi la perturbation du métabolisme calcique et auxinique de la plante donnant les premiers signes d'intoxication fluorée : des nécroses au niveau des feuilles et des tissus.

a/Les végétaux des zones Darmous

. Charnot a réalisé en 1950 une étude sur les teneurs respectives en fluor des organes d'un figuier de Rabat et d'un figuier de zone Darmous

Il conclut que l'arbre de la zone Darmous contient un taux de fluor considérablement élevé comparativement à celui du figuier de Rabat.

. Ceci est surtout prouvé au niveau des feuilles, du liber des racines et des tiges des arbres.

. Selon Abdenni el Hassan, les végétaux ne fixent pas tous le fluor dans la même proportion ; exemple : le blé fixe davantage de fluor que l'orge (voir tableau page suivante).

. D'après les agriculteurs de Massguouna , les olives récoltées dans cette région Darmous sont pauvres en huile par rapport à celles de Souk Sebt Ouled Nema.

. Dans les régions Darmous (phosphatières) la végétation est partout rare, discontinue, à cause de l'insuffisance des pluies et de la perméabilité des terrains (calcaires)

Teneurs en fluor de l'orge en grains
(en ppm)

Région	Lieu de Prélèvement	Teneur (en ppm)
Khouribga Oued Zem	O. Abdoune	17,3
	Bni Khlef	36,33
	Mfassis	24,30
	O. Azzouz	62,29
	Fokra	15,35
	Bni-Smir	6,00
	Lagfaf	11,90
	O. Brahim	49
	O. Massoud	27,12
	O. Zem	6,00
	Bejaad	4,22
Fkih Ben Salah	Bni Khaddou	13,50
Settat	Lbrouj	28,88
	Gisser	15,65
	O. Sghir	10,00
	Hajjaj	24,04
	O. Fares	24,18
Benguerrir	O. Lhjjaj Khemilet	11,60

. Seules existent de maigres cultures céréalières où l'orge l'emporte. L'appoint est assuré par un élevage de moutons et de chèvres que l'on déplace l'été vers l'ouest plus humide (transhumance).

. La teneur en fluor de cet orge qui sert à fabriquer le pain est fonction de celle du sol dans lequel il pousse. Les poussières riches en fluor vont également souiller ces végétaux.

. A part quelques rares arbres fruitiers (figuiers...), la menthe et quelques légumes, tous les autres végétaux consommés dans ces régions proviennent de Casablanca ou d'autres régions sans Darmous.

. Dans les végétaux, le fluor se trouve sous forme de fluorure de calcium dont la solubilité ne permettrait, selon certains auteurs, qu'une absorption partielle de cet élément.

b. Cas particulier du thé

. Le thé vert à la menthe est connu comme étant la boisson nationale des pays du Maghreb. Au Maroc, dans les milieux paysan et ouvrier, la quantité de thé consommée par jour est considérable; celui-ci compose le petit déjeuner, accompagne les repas et se boit à toutes heures de la journée.

L'interrogatoire de nombreux enfants par Sakima Boudhia révèle que 7 à 8 verres de thé par jour sont une moyenne pour l'ensemble de la population rurale.

. D'après Srebnik, Fizman et Vanderni, les teneurs en fluor des thés varient de 50 à 125 mg/kg. D'autres auteurs pensent que les thés peuvent titrer de 3,2 à 400 ppm en fluor.

. La plus grande partie de ce fluor passe dans l'infusion (jusqu'à 99 %)

. Au Maroc, la teneur moyenne en fluor des thés les plus utilisés se situe aux alentours de 100 ppm.

Dans ces régions, où l'eau potable servant à la préparation du thé et la menthe qui l'accompagne, contiennent de grandes quantités de fluor, on peut alors se trouver dans la zone de toxicité fluorée.

E. Les poussières

a. Aspects de la fluorose industrielle

. Cette fluorose est appelée aussi la "Maladie de l'Usine", c'est-à-dire observée au voisinage de certaines usines où l'on traite le phosphate, l'aluminium, le béryllium, etc ...

. Elle se trouve un peu partout dans le monde, en France, Hongrie, Grèce, U.R.S.S.S, en Afrique (Guinée) et Côte d'Or, en Amérique (U.S.A., Brésil), en Inde et en Australie, et enfin en Suisse.

.. Les manifestations pathologiques liées à l'exposition professionnelle au fluor sont caractérisées par : (42), (1)

- l'atteinte dentaire,
- l'atteinte osseuse,
- les manifestations broncho-pulmonaires hémorragiques récidivantes.

. Si le risque d'atteinte de l'homme par contamination alimentaire est faible, et s'il n'existe pas de risque par respiration

directe d'atmosphère polluée, il ne faut pas négliger les risques d'atteinte par ingestion d'eau contaminée par le fluor atmosphérique.

. L'eau peut être contaminée par des fluorures d'origine géologique ou tellurique (éruptions volcaniques, poussières de phosphates naturels riches en fluor), mais une source d'apport de fluor dans les eaux est due à l'emploi de dérivés fluorés dans l'industrie.

. Au Maroc, quel que soit leur lieu d'habitation en zone phosphatière, les enfants ont des dents darmoussées dans une proportion de 99 % . (4)

. Cependant, on note une augmentation de l'intensité des lésions chez les enfants des villages les plus exposés aux poussières industrielles des phosphates.

Les poussières industrielles sont dues seulement à la nature même de l'activité des exploitations minières, elles proviennent des opérations de séchage et de criblage du minerai (allègement des phosphates en eau)

b. Poussières naturelles

Les fluorures en suspension dans l'air peuvent également provenir des sols riches en phosphates, car il existe également des gisements à ciel ouvert (Sidi Daoui).

Ces poussières arrachées au sol vont se déposer sur les végétaux

et s'accumuler ; elles seraient également, selon certains auteurs, responsables des altérations observées chez l'homme et l'animal.

. En 1938, Velu et Charnot sont parvenus à établir que "l'origine des réactions adverses observées chez les animaux, résidaient dans les poussières naturelles riches en fluorures).

Chez l'homme, les atteintes chroniques dues aux fluorures sont liées à l'ingestion plutôt qu'à l'inhalation de ces composés".

III. MOYENS DE PRÉVENTION

Le traitement de la fluorose humaine et animale ne peut se faire que par la prévention.

A. Par élimination du fluor des eaux

. 1934 : Boruff effectuait la précipitation et l'absorption des fluorures des eaux au moyen de sulfate d'aluminium, d'aluminate de soude, de zéolithe d'alumine activée, ou de bauxite.

. 1934 : Mac Kee et Jonston étudient les composés pouvant séparer les fluorures de l'eau :

- sulfate de fer, d'alumine,
- adsorbants siliceux, charbon de bois, etc ...

Ils ont démontré que le charbon obtenu comme résidu de la fabrication de la cellulose a les propriétés les plus importantes.

. 1936 : dans l'état de Iowa, Kempof, Galligan , Greenwood et Nelson proposent le sulfate d'alumine pour éliminer le fluor des eaux d'alimentation qui titrent 7 à 10 mg/l.

. En 1938, c'est le phosphate tricalcique qui est proposé par Behrman et Gustafon. Ce phosphate est récupérable dans sa majeure partie.

. Au Maroc, Championnat avait proposé une élimination importante du fluor des eaux des "régions Darmous" par traitement successif de ces eaux par la chaux, le chlorure de calcium et le carbonate de sodium.

. Mais l'Etat marocain préfère avoir recours chaque fois qu'il est possible à un changement des sources d'eau destinées à l'alimentation. La région de Khouribga notamment, est alimentée depuis quelques années par une eau qui provient de Fkih Ben Salah.

. Ceci ne résoud pas entièrement le problème du Darmous qui trouve sa cause aussi bien dans l'eau que dans les poussières et les végétaux.

B. Autres méthodes

. Depuis longtemps, les paysans et les éleveurs de bétail savent prévenir les lésions dentaires des animaux. Ils font transhumer leurs bêtes pendant la période qui précède l'éruption des dents de remplacement. Ainsi, dans un but commercial, le bétail a une denture indemne.

. Cependant l'animal, à son retour dans la zone Darmous n'est pas protégé contre une intoxication fluorée, comme nous le montrent les

agriculteurs de la région de Massguouna que nous avons pu interroger cet été 1989.

D'après eux, le Darmous touche aussi bien le mouton, la chèvre, que le boeuf, le cheval (voir tableau).

. Pour lutter contre les effets des poussières, il faut couvrir les puits, décanner plusieurs fois les eaux puisées avant de boire, laver et dépoussiérer les végétaux.

. L'hygiène est également, dans une mesure moindre, un moyen de prévention (brossage quotidien des dents, lavage des mains, ...)

Souk Sebt Ouled Nema = REGION SANS DARMOUS	Massguouna REGION DARMOUS
. 2 ans : dents saines	→ dents Darmoussées se développent à l'âge de : 4 ans 6 ans 7 ans
. 4 ans : dents saines	→ dents restent saines même dans cette région Darmous
. 6 ans : " "	→ même chose
. 7 ans : " "	→ - id -

. Si le mouton reste dans une région Darmous :

- il ne vit pas plus de 7 ans,
- devient incapable de manger,
- nourri avec du seigle, il est incapable de le digérer et celui-ci reste dans les déchets.

. Dans une région Darmous, une brebis :

- développe les mêmes symptômes que le mouton,
- mais en plus, elle est généralement incapable d'avoir des agneaux, et même, le cas échéant, le nouveau né reste très cachexique, car nourri du lait de sa mère qui est très insuffisant et fluoré. ; il reste en tous cas très maigre toute sa vie.

*

* *

*

BIBLIOGRAPHIE

- (1) - ALARY (J.) - Contribution à l'étude des pollutions atmosphériques d'origine industrielle par les dérivés minéraux du fluor .
Thèse de Doct. pharm., 1970, Paris.
- (2) - ARMSTRONG W. et BERKUS P.J.J. - Composition chimique de l'émail et de la dentine, teneur en fluor .
Journal Dent. , 1938, n° 17, pp. 27 à 30.
- (3) - ARMSTRONG W.D. et PADLER P. - Fluorose et Santé, Lausanne, 1978,
N° 165, pp. 465-468.
- (4) - ABDENNBI (E.H.) - Etude épidémiologique du Darmous.
Maghreb vétérinaire, N° 4.- Rabat (Maroc).
- (5) - Actualité Pharmaceutique - Dossier Scientif., Octobre 1970, N° 61,
pp. 35-36.
- (6) - BEN CHEKROUN A. - Importance et avenir du grand centre phosphatier de Khouribga - Maroc Médical, N° 63, Avril 1961, pp. 342
- (7) - BENOIT-GUYOT (J.L.), BOUCHERLE A., ADIMI B., ABED L.,
Le fluor minéral : son importance toxicologique et thérapeutique,
Lyon Pharmaceutique, 1983.
- (8) - BENNANI J. - Ostéose fluorée, a propos d'un cas de prise de CNRP Elyachi à Salé - Thèse de Méd. , Maroc, n° 159, 1985.
- (9) - BENNANI, BENZEKRI . - Effet sur la santé de l'ingestion d'eau fluorée au Maroc, Thèse Pharm., n° 39, 1984, Toulouse.

- (10) - BOILLAT M.A., BAUD C.A., LAGIER et coll. - Fluorose Industrielle - Schwetz Méd., Wschr, 106, n° 50, 1976.
- (11) - BOILLAT M.A., ROUGET A. et Coll. - Radiologie et fluor osseux, Arch. Mal. prof., 1975, 36 n° 78, pp. 409 à 412.
- (12) - BROUWER I.D., BACKER, DRIKS O. et Coll. , Public Health, The Lancet, 1988, January 30, N° 8579, Vol. 1.
- (13) - CARLIER G., GOUDAERT M., DIEULOUARD .J. - Le fluor et les dents, a propos d'un foyer de fluorose locale, Press. Méd., 15 Oct. 1958, - 66, n° 71.
- (14) - CHARNOT A. - Bull. Inst. Hyg. du Maroc, 1937, Fascic. 2 et 3.
- (15) - CHARNOT A. - Dents saines en zones Darmous, Maroc Méd., Avril 1963.
- (16) - CHARNOT et FLAMENT R. - La terre du Maroc, Déc. 1950.
- (17) - CRESE M.H. - Métabolisme des dérivés fluorés minéraux et organiques, le devenir du fluor, Thèse Pharm., 1986, n° 36.
- (18) - DEBUT Sylvie - Le fluor dans les effluents gazeux industriels, Thèse Pharm., 24 juin 1986, n° 322 - Paris.
- (19) - DEAN H.T.- Public Health, Rep. 1933, N° 53, 1443.
- (20) - DECHAUME M. - Presse Méd., 1962, 70 (38), 1771.
- (21) - Encyclopédie Médico-chirurgicale (Paris), 16002, C.10 - 5 - 3982.
- (22) - EL HASSAN A.- Thèse Méd. vétérinaire - Rabat (Maroc).

- (23) - FRANK ROBERT M.- Mode d'action du fluor dans la prévention de la carie dentaire - Ann. Hyg. L.F.R., Méd. et Nut., 1973, I.T.9, n° 1.
- (24) - GAUD et Coll. - Bull. Inst. d'Hyg. du Maroc, 1934, Fasci. 1 & 2.
- (25) - HODGE H.C. et SMITH - Mineral metabolism, Academic Press, New York/London, 1964, 2 A, 573.
- (26) - HELD A.J. -(Grasset Ed)- Bull. Acad. Suisse, Sc. & Méd., 1954, 10, 260.
- (27) - HASSAR - Darmous et carie dentaire dans les régions phosphatées du Maroc - Maroc Méd., Avril 1963, N° 455, P.B. 41.
- (28) - Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Labo de Toxicologie, Rabat (Maroc).
- (29) - KESSABI M. - Métabolisme et Biochimie toxicologique du fluor, Rev. Méd. & Vét., 1984, 135, 8-9 , pp; 497-510.
- (30) - KESSABI M. et BRAUN J.P. - Néphrotoxicité du fluorure de sodium, Effet du sulfate d'aluminium - Jo. de Toxic. Clinique et Exp., 1985, T.5., n°4, pp. 239-247.
- (31) - LARGENT, E.J. - The metabolism of fluoride in human - Arch. Indus. Health, 1960, 21, pp. 318-323.
- (32) - LARGENT E.J. - Rates of elimination of fluoride stored in the tissues of man - Arch. Indust. Hyg., Occup. Méd., 1952, 6, pp37-42.

- (33) - LORiot J.J., PENNEAU D., BAILLY C. et Coll. -
A propos de la pathologie professionnelle liée à l'acide
fluorhydrique - Soc. Méd. et Hyg. du Travail, 8/12/1980,
pp. 126 à 128.
- (34) - Moniteur Pharm.-Lab. - 1986, 1723, 11/10/86
- (35) - MOLINA D'ARANDA de DARRAS P. - Etude comparative de biodisponi-
bilité du fluor procurée par le fluorure de sodium et son asso-
ciation à différents sels calciques - Thèse Méd. 1987, n° 5143.
Grenoble.
- (36) - MAILLARD J.M., MAY P., et coll. - Quelques aspects de fluorose
industrielle en Suisse - Arch. Mal. Profess., 1975, 36 n° 7-8
pp. 409-412.
- (37) - MARIER J.R. - The ecological aspect of fluoride - Fluoride,
1972, N° 5, pp. 92-96.
- (38) - ORCEL Ph., PRIER A., CROUZET J., KAPLAN G. - Fissures et fractu-
res spontanées des membres inférieurs chez des ostéoporiques
traités par fluorure de sodium - Press Méd., 4/04/87, 16, n° 2.
- (39) - OSSOLA Florence - Rôle du fluor dans la prévention de la carie
dentaire - Thèse Pharm., 1984, N° 139, Grenoble.
- (40) - SCOTT D.D., PICARD G., WYCHOFF W. - Public Health Report, U.S.,
1950, 65, 43.

- (41) - SPEDER - Osteoporose de la fluorose phosphatique de l'Afrique du Nord - Maroc Méd., Avril 1963, N° 455, PB 41.
- (42) - TOLOT F., PROST G., LOULEGUE J., RIGAUD - Deux cas d'intoxication fluorée d'origine professionnelle - Arch. Mal. Profess., 1976, 37, N° 6, pp. 539-573.
- (43) - VELU H. - Le problème des fluoroses industrielles est-il correctement posé ? - Maroc Méd., Avril 1963, N° 455, 273-291, B.P. 41
- (44) - VELU H. et CHARNOT A. - Bull. Inst. Hyg. du Maroc, 1938, Fascic. I et II.
- (45) - VELU H. - Rev. Patho. Gén. et Physio. Clinique - 1956, 56, 390, 87 Réf.

*

A U T O R I S A T I O N D ' I M P R E S S I O N

De la Thèse dont l'intitulé est : FLUOROSE HUMAINE ET ANIMALE -
INCIDENCE SUR CERTAINES REGIONS DU MAROC

CANDIDAT : Monsieur HARIR Mohamed

VU

GRENOBLE, le 8 Nov 1989

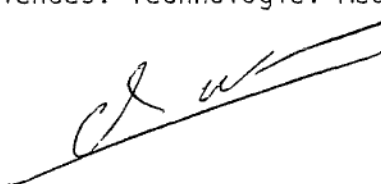
Le Président du Jury



VU

GRENOBLE, le 27/11/1989

Le Président de l'Université
Joseph FOURIER GRENOBLE I
Sciences. Technologie. Médecine



NOM PRENOM : HARIR Mohamed

TITRE DE LA THESE :

Fluorose humaine et animale - Incidence sur certaines régions
du Maroc

NATURE DE LA THESE :

Thèse de Docteur en Pharmacie -
Grenoble - Année 1989

R E S U M E

Dans une première partie (chapitres I et II) figurent un rappel des propriétés physico-chimiques du fluor, de son métabolisme et de son rôle physiologique et toxicologique.

Dans la seconde partie (Chapitre III) sont présentés l'origine de la fluorose et sa répartition géographique au Maroc.

Le chapitre IV aborde les incidences de la fluorose humaine et animale au Maroc, et les moyens de prévention.

MOTS CLES : Fluor, Fluorose, Darmous.

JURY : M. le Professeur J.L. BENOIT-GUYOD
M. le Professeur A. BOUCHERLE
M. B. ADIMI, Docteur en Pharmacie.

DATE DE SOUTENANCE : Le 21 Décembre 1989

ADRESSE DE L'AUTEUR
(éventuellement)