

UNIVERSITÉ PARIS XIII
FACULTÉ DE MÉDECINE DE BOBIGNY
"LÉONARD DE VINCI"
ANNÉE 2012

THÈSE

Doctorat en Médecine
Diplôme d'Etat

LES SILICATES D'ALUMINE (ARGILES) EN THERAPEUTIQUE

Une pratique coutumière ancienne
relayée dans la médecine moderne

Président de Thèse : Professeur Laurent Zélek, P.U.P.H
Directeur de Thèse : Professeur Antoine Lazarus, P.U.P.H
Rapporteur : Docteur Michaël Némorin, M.C.U.
Membres du Jury (alphab.) : Professeur Olivier Bouchaud, P.U.P.H.
Professeur Pierre Cornillot, P.U.P.H. honoraire
Professeur Michel Robineau, P.U.P.H. honoraire
Professeur Jean Jacques Rousset, P.U.P.H. honoraire

Jade Allègre

Présentée et soutenue publiquement le 19 Décembre 2012

Je dédie ce travail à mes collègues et amis :

- *Monsieur Bokar Kaloga, géologue et pédologue,*
- *Monsieur Robert A.S. Robertson, minéralogiste,*

qui ont eu la bonté d'accompagner mon travail pendant de nombreuses années, et de me donner sans compter leur compétence considérable, leur gentillesse immense et leur patience inépuisable, partageant sans relâche avec moi les mille facettes de ces minéraux qui nous fascinaient tant.

REMERCIEMENTS

Cette étude n'aurait pu voir le jour sans l'aide du Professeur Antoine Lazarus et du Professeur Jean-Luc Dumas, notre doyen de la faculté de médecine Paris XIII Léonard de Vinci.

Merci au Professeur Pierre Cornillot pour son soutien, son courage et sa solidarité,
Merci au Professeur Zélek, d'avoir accepté avec gentillesse la présidence de la thèse,
Merci aux Professeurs Olivier Bouchaud et Michel Robineau, qui ont guidé mes recherches,
Merci au Professeur Rousset pour son étude des échantillons de silicates d'alumine guatémaltèques.

Toute ma reconnaissance à ma principale collaboratrice : ma fille Mélodie-Fleur, dont le soutien fut sans faille. Son excellente mise en page contribue considérablement à l'agrément de ce document.

Je remercie Chantal Morel et Sandrine Le Tacon, infirmières, Jacqueline Bessières, pharmacienne, Michel Rautureau, physicien minéralogiste, et tous mes collaborateurs et collaboratrices d'ici et d'ailleurs, en quête de remèdes efficaces et bon marché.

Je remercie tous mes amis et amies des communautés villageoises qui m'ont accueillie de bon cœur.

Et j'ai la plus grande gratitude envers Pierre Frisch, physicien, qui m'a enseigné les sciences et les maths avec talent : c'est à lui que je dois d'avoir pu commencer ces études 12^{ème} sur 550 en P1, primant, en dépit d'un baccalauréat littéraire datant de quelques ... 20 ans auparavant. Il m'a coachée avec tendresse et intelligence.

Une mention toute particulière à mon amie Claire Revenusso, ma petite sœur de cœur, dont le sourire et la détermination ont nourri mon espoir.

Ma seule ambition est que ce travail rende service, et qu'il contribue à mettre en échec maladies et souffrances. Pour un avenir plus heureux et plus doux, dans le respect de la dignité de chacun.

SOMMAIRE

Remerciements.....	5
Sommaire.....	7
Liste des tableaux.....	8
Liste des figures.....	9
I. Introduction.....	12
II. Motivations personnelles sur le choix du sujet.....	14
III. Les silicates d'alumine.....	16
IV. Usage coutumier des silicates d'alumine en ingestion, géophagie animale et humaine.....	29
V. Les silicates d'alumine en médecine vétérinaire.....	48
V. Usage des silicates d'alumine en médecine humaine.....	54
VI. Usage pharmacologique : risques potentiels, précautions d'emploi et contre indications.....	72
VII. Propositions de recherche pour de nouvelles applications, Protocoles envisageables.....	79
VIII. Conclusion.....	88
IX. Bibliographie.....	90
X. Annexes.....	97
XI. ANNEXES.....	98
XII. ANNEXES.....	99
Classification des différentes espèces minérales argileuses (Milot)[158].....	100

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition indicative de trois espèces minérales (en pourcentage).....	28
Tableau 2 : Contenu minéral des argiles utilisées.....	36
Tableau 3 : Contenu minéral biodisponible lors de la digestion humaine.....	37
Tableau 4 : Apport quotidien de minéraux par la géophagie.....	37
Tableau 5 : Apport de minéraux par les argiles durant la grossesse en pourcentage de la ration conseillée (RDA).....	38
Tableau 6 : Médicaments vétérinaires à base d'argiles [54].....	48
Tableau 7. Adsorption de toxines par des argiles beidellite (smectite), palygorskite (attapulgite) et kaolinite [54].....	49
Tableau 8 : Argiles et aflatoxine B1 en solution de Sorensen pH 6,5[54].....	52

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Le cycle géologique des minéraux argileux.....	17
Figure 2 : Structure d'une smectite.....	21
Figure 3 : Tétraèdre à cœur de silicium et octaèdre à cœur d'aluminium ou de magnésium.....	22
Figure 4 : Schéma d'un minéral Te/Oc «deux couches ».....	22
Figure 5 : Schéma d'un minéral Te/Oc/Te dit « trois couches ».....	23
Figure 6 : Absorption et adsorption, vues par les ingénieurs de l'Institut Français des Pétroles (IFP) !	23
Figure 7 : Le pouvoir couvrant des argiles.....	25
Figure 8 : La capacité de fixation des argiles.....	26
Figure 9 : Aras amazoniens consommant des argiles.....	32
Figure 10 : Usages traditionnels des argiles lors de parasitoses [50].....	40
Figure 11 : Consommation d'argiles pour traiter la syphilis (ronds blancs) et la diarrhée (ronds noirs) [50].....	46
Figure 12. Médaillons de terra sigillata du XVIIème siècle[8].....	57
Figure 13 : Stades successifs de la bactéricidie.....	62
Figure 14 : Argiles et bactéries toxigènes[9].....	63
Figure 15 : Traitement de la gastro-entérite infectieuse (G.E.I.).....	65
Figure 16 : Les argiles comme condiment (cercle noir) et comme aliment de survie (cercle noir/blanc) en Océanie [50].....	78
Figure 17 : Classification générale des espèces argileuses (Tableau 1).....	101
Figure 18 : Classification générale des espèces argileuses (Tableau 2).....	101
Figure 19 : Le Guatemala et ses 22 départements.....	116
Figure 20 : Département du Quiche (8,378 km ²).....	117
Figure 21 : Carte de la région de Chinique - Tapesquillo au N-E.....	117
Figure 22 : Intégration dans la population - en famille à Tapesquillo.....	118
Figure 23 : Enseignement à Chinique.....	120
Figure 24 : Préparation de la dose pour le traitement de la gastro-entérite.....	120
Figure 25 : Premières recherches d'argiles locales.....	122
Figure 26 : Une belle strate d'argile.....	123
Figure 27 : Référencement de différents lieux d'extraction.....	123
Figure 28 : Séchage naturel.....	123
Figure 29 : Broyage manuel des cailloux secs d'argile.....	129
Figure 30 : Tamisage.....	129
Figure 31 : Ensachage pour vente.....	130

I. INTRODUCTION

Partout dans le monde, les documents écrits les plus anciens témoignent de l'usage des silicates d'alumine pour favoriser ou retrouver la santé. Mais bien avant l'apparition des premiers hommes, c'est bel et bien la vie sur la planète qu'ils auraient contribué à créer : l'équipe du docteur Lelia Coyne du centre de recherche Ames de l'agence spatiale américaine (N.A.S.A) de Mountain View, a repris l'hypothèse de Graham Cairns-Smith, professeur de chimie de l'Université de Glasgow^[1] : la vie sur terre n'aurait pu démarrer qu'au cœur de ces minéraux, modèles siliceux des futures structures carbonées, ébauches minérales de notre ADN organique.

Catalyseurs et matrices protectrices, ces rassembleurs et sélectionneurs d'atomes mettaient les premières molécules à l'abri des mortels ultra-violets. Les silicates d'alumine prennent l'énergie dans l'environnement, la stockent et la transfèrent, grâce à la capture d'électrons dans les irrégularités de leur structure cristalline. Sans argiles, pas de vie sur notre terre !^[2]

A l'autre extrémité du continuum spatio-temporel, les argiles font partie de notre futur : elles sont plus que jamais sous les feux de l'actualité de la recherche, en tant que nanoparticules. Ainsi, lors du congrès du Groupe Français des Argiles de 2008 à Nancy, ma présentation sur le sujet avait pour auditeurs le directeur général de la société Shell, le directeur de l'École des Mines et quelques-uns de ses éminents confrères, responsables de la formation de nos ingénieurs. On a même vu cette année un émissaire de la Smithsonian Institution de Washington écumer les laboratoires français à la recherche de spécialistes des silicates d'alumine : il semblerait que les laboratoires pharmaceutiques se mettent à explorer le potentiel des produits d'extraction naturelle...

Les silicates d'alumine ont accompagné notre histoire sur les cinq continents : il est rare de trouver une ethnie qui ne les utilise ou ne les a utilisés par le passé pour se soigner. En 2013, les argiles sont encore présentes dans le Dorosz, non seulement dans le domaine de la pathologie digestive, mais également pour le traitement de l'intoxication au paraquat, ce qui corrobore l'une de leurs principales indications en Europe dans l'antiquité : la fonction anti-poison. Actuellement, ils sont l'objet de nombreux protocoles de recherche contre notre poison le plus moderne, les radionucléides.

Une nouvelle branche de recherche a vu le jour récemment : la géologie médicale^[3], qui étudie spécifiquement l'impact des matériaux géologiques sur la santé de l'homme et de l'animal. D'abord davantage orientée sur les aspects négatifs du sujet (arsenic, uranium, amiante, plomb, mercure, etc), elle a pris un nouvel essor avec l'étude des effets positifs et bénéfiques des minéraux sur notre santé^[4], des apports de macro et micro-éléments à leurs contributions thérapeutiques. A l'Université de Poitiers a été créé en août 2009 un Master National Argiles résolument transdisciplinaire, qui offre une formation approfondie sur les minéraux et matériaux argileux pour les secteurs de la physique, de la chimie, de la santé, de l'environnement, et des sciences de la terre. Il s'appuie sur un réseau comprenant plus de 25 laboratoires de recherche labellisés, ainsi que des partenaires industriels.

Ces recherches sont directement appliquées au Mexique à l'initiative du gouvernement mexicain et avec l'aide du gouvernement français (réfèrent Michel Rautureau, co-auteur du livre *Argiles et Santé*^[5]), pour former des médecins appelés à développer sur le plan national l'utilisation des

plantes médicinales et des minéraux (loi instaurant le retour aux médecines traditionnelles). Ces médecins formeront à leur tour les 20.000 soignants exerçant dans les cliniques de Mexico (30 millions d'habitants), dont chacune prend en charge environ 100.000 personnes. Les pays émergents ont le souci d'autogérer leurs besoins de santé.

La question que nous nous efforcerons de traiter aujourd'hui est la suivante :

A la lumière de l'histoire de l'ingestion des silicates d'alumine dans le monde, et de leur usage coutumier traditionnel du paléolithique à nos jours, qu'en est-il de leur usage dans la pharmacopée moderne ? Etat de l'art et perspectives de développement.

Le plan que je vous propose est le suivant :

- Parcours personnel m'ayant amené à la médecine et à ce sujet de thèse : Chapitre II,
- Etude du matériau : origine, structure, et caractéristiques physico-chimiques : Chapitre III,
- Etude des ingestions spontanées ou géophagies, et des usages médicaux coutumiers dans le monde : Chapitre IV,
- Indications relayées par la médecine vétérinaire et humaine : Chapitres V et VI,
- Pharmacologie, risques potentiels, précautions d'emploi : Chapitre VII,
- Propositions de recherche, indications nouvelles, protocoles envisageables : Chapitre VIII
- Conclusion : Chapitre IX
- Annexes : Chapitre X.

Méthodologie :

- Recherches sur les bases de données en médecine humaine et vétérinaire, pharmacie, ethnologie, et histoire de la médecine.
- Partages avec des experts, dans diverses disciplines : minéralogistes, physiciens, chimistes, pharmaciens, vétérinaires, ethnologues, tradipraticiens, médecins.
- Pratique personnelle de terrain : missions humanitaires.

II. MOTIVATIONS PERSONNELLES SUR LE CHOIX DU SUJET

Depuis mon plus jeune âge je n'avais qu'un objectif : contribuer à aider les gens les plus pauvres de la planète. A 18 ans je travaillais déjà dans un bidonville situé à ... La Courneuve.

Ayant moi-même vécu plusieurs années avec très peu d'argent et sans couverture sociale, j'avais été amenée à me soigner selon les conseils des vieilles paysannes de nos campagnes, qui me firent découvrir les silicates d'alumine (argiles). Leur efficacité me rendit de grands services. Je découvris donc les argiles en les utilisant tout d'abord sur moi-même, très jeune.

Pour être efficace dans les bidonvilles, j'entrepris des études d'infirmière. Mes clients étant les moins solvables, il fallait trouver des médicaments non seulement peu onéreux mais si possible gratuits. Je me disais : est-ce que ces minéraux ne pourraient pas aider tous ces gens qui n'ont pas d'argent ? Ainsi débuta mon désir d'appliquer aux plus pauvres ce que j'avais moi-même expérimenté avec succès : ce fut le début de mon parcours personnel sur l'intérêt médical des silicates d'alumine.

Cependant, les démunis de nos pays européens sont malgré tout assez bien secourus par notre système de soins : je cherchais donc à étendre dans des contextes encore moins favorisés, sur d'autres continents, mon savoir faire avec l'argile.

Et je me disais : cette efficacité est-elle prouvée ? Pour quelles indications précisément ? Avec quelles limites d'emploi ? Selon quels protocoles ? Y a-t-il des effets secondaires ? Lesquels ? Serait-ce également efficace sur des terrains fragilisés ? Il fallait impérativement répondre à ces questions.

Il fallait aussi que ces remèdes potentiels soient disponibles sur place, dans un rayon de trente kilomètres au maximum, mes patients n'ayant pas vraiment les moyens de les faire venir de loin. Il fallait enfin que l'usage en soit simple et facile, et qu'ils puissent être mis dans les mains de mères de famille sans aucun risque.

J'effectuais des recherches sur les bases de données médicales, et découvrais avec stupéfaction que ces remèdes « de bonne fame » (de bonne réputation) faisaient l'objet de protocoles récents dans de nombreux pays du monde ! Japon, Norvège, Italie, Etats-Unis... pour avoir accès à ces études il ne fallait pas utiliser le mot clé « clay » mais inscrire directement les dénominations des espèces minérales, par exemple smectite, kaolinite, bedeillite, attapulgite, etc. Diplômée auparavant d'une licence d'anglais, ces publications m'étaient facilement accessibles.

Je découvrais par ailleurs - en bibliothèque d'ethnologie - que ces minéraux figuraient en bonne place dans les usages coutumiers de la plupart des peuples. Cet aspect des choses était précieux pour moi, car je me faisais un point d'honneur de respecter la dignité de mes interlocuteurs dans leur culture. Leur rendre un outil de soins familial et traditionnel après en avoir rationalisé et adapté l'usage aux critères de la pharmacopée moderne, voilà un but qui me semblait pertinent, et auquel je consacrais désormais ma vie. A 38 ans je m'attaquais aux études de médecine, auxquelles j'ajoutais des diplômes universitaires d'anthropologie médicale et de médecine d'urgence ...

Impliquée à l'étranger dans des missions de coopération pour un développement local, une première expérience en Afrique (Mali 1979) me montra que dans le domaine des gastro-entérites les silicates d'alumine étaient efficaces sur tous types de population, même chez les enfants dénutris et les personnes âgées. Vingt années de missions suivirent, vingt années de rencontres et de partage m'engageant toujours davantage dans les questions de médecine locale, moderne et traditionnelle : sollicitée par des médecins et infirmiers travaillant auprès de populations pauvres à travers le monde, je fus amenée à collaborer, puis à former des soignants au Guatemala chez les Indiens Quiché, au Pérou dans les hameaux isolés de montagne, en Inde dans un petit dispensaire de village où les morsures de cobra étaient quotidiennes, au Burkina-Faso où j'enseignais à des tradipraticiens Mossi, au Bénin dans un gros hôpital très prisé des élites car dirigé par des frères italiens, très prisé des gens pauvres car la nourriture y était offerte pour le malade et toute sa famille... Et continuais assidûment les études de médecine, alternant missions et faculté.

Ce long parcours me permit de confirmer la pertinence des silicates d'alumine en thérapeutique, dans différentes cultures et sociétés, en accord avec les Ministères de la Santé des pays concernés. J'ai pu en affiner la connaissance médicale, et cela m'amène aujourd'hui à vous en présenter quelques aspects. Le choix de ce travail est d'explorer l'usage interne des silicates d'alumine, car cet abord fait davantage l'objet d'appréhension, alors qu'il est au contraire très riche, et que l'aide apportée à nos amis démunis peut être considérable.

III. LES SILICATES D'ALUMINE

"Argile" vient du latin **argilla** (prononcer g. dur), emprunt probable au grec *argillos*, de même racine que *argentum* (*arguus* : éclat, blancheur) ;

- *argillos* est probablement apparenté à *argos* "d'une blancheur éclatante", et au latin *argentum* (argent);
- *arguus* vient du verbe *arguere*, "faire briller, éclairer", au figuré : démontrer, convaincre^[6]

a. Origine

Il s'agit de minéraux formés au cours des temps géologiques par altération de diverses roches silicatées de surface ou de proche surface, selon les conditions locales d'hydratation, de drainage, d'hydrolyse et de pression, et selon les climats.

Les argiles sont le devenir de ces roches lorsque, remontant des profondeurs par le jeu de la tectonique des plaques, elles se font agresser par les dures conditions de la surface : oxygène, gaz carbonique, variations de température, ruissellement. Ce sont des **structures qui se sont adaptées** à ce changement de milieu : les roches se réorganisent en se structurant davantage, puisque les silicates d'alumine sont des cristaux, un motif répétitif de silice SiO_2 , d'alumine Al_2O_3 et d'eau H_2O .

Il semblerait qu'à l'origine, la terre ait été une masse de matière en fusion, dont la surface en refroidissant s'est solidifiée en couche mince, comme la peau se forme à la surface du lait qui vient de bouillir. Lorsque cette surface était encore liquide, les matières lourdes comme les métaux avaient tendance à s'enfoncer vers le centre, ce qui laissait au-dessus des matériaux d'une composition assez uniforme, qui se sont refroidis et durcis en formant ce que l'on appelle les roches ignées et les minéraux. La structure de notre planète peut être divisée en trois niveaux, de la profondeur vers la surface^[7] :

1. Au cœur de la terre, le NOYAU, épais d'environ 3.500 km, qui serait composé de fer et de nickel liquides ;
2. Ensuite une couche de nickel et de magnésium visqueux d'environ 2.800 km d'épaisseur, appelée le MANTEAU ;
3. Enfin, la croûte ou ECORCE, mince peau d'une épaisseur variant entre 10 et 70 km, résultant du refroidissement de la surface (la « peau du lait »), se composant de trois couches solides, de la profondeur vers la surface :
 - la couche inférieure basaltique, qui forme le fond des océans, essentiellement constituée de magnésium et de silicium,
 - la couche supérieure granitique ou « croûte continentale », constituée à 75% de silicium et d'aluminium, qui seront les principaux constituants des argiles de la couche suivante,
 - la zone superficielle sédimentaire, comprenant les argiles. Leur étude au niveau des sols est le domaine des pédologues (« géologues de surface »)

Les silicates d'alumine représentent en moyenne 15% de la croûte terrestre, ils sont présents pratiquement partout sur la planète, dans toutes les zones où l'eau est (ou a été) présente.

Une **ROCHE ARGILEUSE** est une association de minéraux divers (dont sables et calcaires) parmi lesquels se trouvent un ou plusieurs minéraux argileux.

Un **MINERAL ARGILEUX** est une espèce minérale pure, à composition chimique définie, et aux propriétés fidèles et reproductibles.

Les minéraux argileux qui forment les argiles ont pour origine des granites, gneiss, micaschistes, schistes, laves, puis feldspaths et micas : il en existe donc différents types selon la roche dont ils sont issus au départ.

Après leur formation, ils subissent le plus souvent un transport sous l'effet d'eaux de ruissellement et s'accumulent en gisements sédimentaires plus importants, remaniés ensuite à leur tour par le mouvement de la tectonique des plaques, et participant au cycle géologique général : formation, transport, accumulation, enfouissement, retour à la surface, et à nouveau altération.

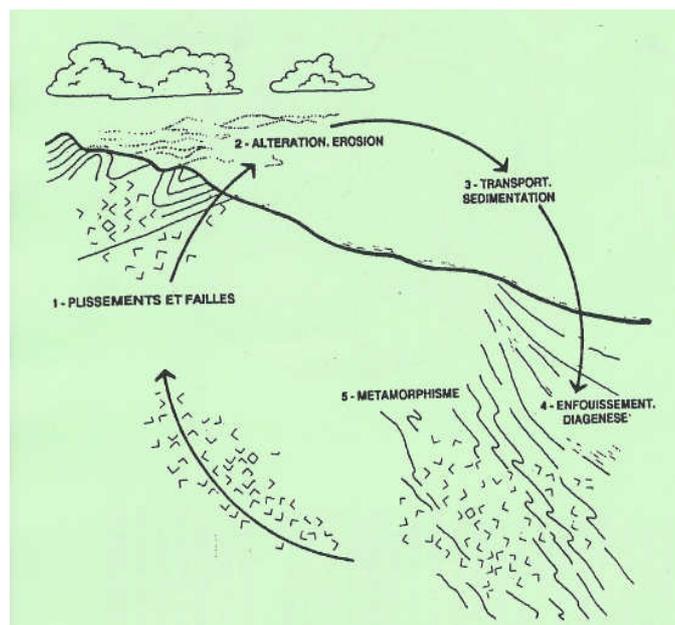


Figure 1 : Le cycle géologique des minéraux argileux

Les roches argileuses que l'on va rencontrer *de visu* ont trois origines (voir figure ci-dessus) :

- Héritage (local ou déplacé) à partir des silicates assemblés en roches et arrivés en surface par le jeu de la tectonique,
- Transformation (deuxième génération, nouveau statut en équilibre avec le nouveau milieu, aggradation ou dégradation, c'est à dire acquisition ou perte de composants),
- Néof ormation ou authigénèse.

Si l'on y ajoute la diagénèse, et le métamorphisme, on a une image assez complète de ce cycle :

Les argiles sont des structures **en constante évolution** selon le milieu environnemental.

b. Structure

La définition du mot « ARGILES » prête à confusion, car chaque profession donne à ce terme une signification spécifique qui lui est particulière :

- Pour le *géologue*, les argiles sont des roches caractérisées par un toucher assez doux à l'état sec, une malléabilité à l'état humide, et une affinité pour l'eau se traduisant par le fait que le matériau sec happe à la langue.
- Pour l'*agronome*, l'*ingénieur du génie civil* et le *physicien*, il s'agit d'une définition purement granulométrique, le terme désignant l'ensemble des particules minérales ayant une taille inférieure à deux microns. Or cette définition inclut, outre le minéral argileux proprement dit, des débris de quartz très fins (un à deux microns), de la silice plus ou moins hydratée, des oxydes de fer et d'alumine colloïdaux et des cristaux de calcaire très fins. Pour le *physicien*, il s'agit d'un composé dont l'essentiel des propriétés est d'origine physico-chimique.
- Mais pour le *pharmacien* et le *médecin*, l'approche est avant tout chimique : les argiles sont des **silicates simples ou complexes d'aluminium, de magnésium et de fer**, les médicaments destinés à l'usage interne utilisant majoritairement les premiers. Il existe une grande variété d'argiles qui diffèrent par leur structure moléculaire cristalline et leur composition chimique.

La dénomination des différentes espèces minérales argileuses a longtemps prêté à confusion aussi, car elle était attribuée de façon aléatoire selon un lieu d'extraction particulier, ou une application technique particulière.

Quelques exemples :

- La dénomination de l'espèce minérale KAOLINITE (roche KAOLIN) vient du mot chinois Gaoling, "Collines hautes", nom d'une colline argileuse située à Jingdezhen, dans la province de Jiangxi en Chine, où fut découverte la fabrication de la porcelaine, dont cette espèce minérale est la matière première.
- L'espèce minérale ILLITE doit son nom à la région de l'Illinois, aux Etats-Unis.
- L'espèce minérale MONTMORILLONITE le doit à la ville de Montmorillon, en France, où en furent découverts les premiers gisements. Quant à la montmorillonite calcique, elle fut appelée longtemps «terre à foulon» - et figure à ce titre dans le Dorosz (FULLER'S EARTH) – car elle servait à dégraisser la laine des moutons, que l'on foulait aux pieds dans un bac d'eau où elle était mise en dispersion^[8].

Heureusement Mademoiselle Simonne Caillère et le professeur Michel Rautureau mirent enfin bon ordre dans tout cela, et déterminèrent la classification actuelle de ces minéraux (voir Annexe : Classification des différentes espèces minérales argileuses).

Une argile est un matériau fin, dont les constituants sont invisibles à l'œil nu et à la loupe, et très difficiles à distinguer au microscope optique.

De délicates observations au microscope polarisant ont permis les premières observations, mais la différenciation des espèces minérales ne put se faire qu'avec la technique de diffraction des rayons X. Les autres analyses, chimique, thermique différentielle, microscopie électronique, permettent de préciser tel ou tel point sur une espèce minérale donnée.

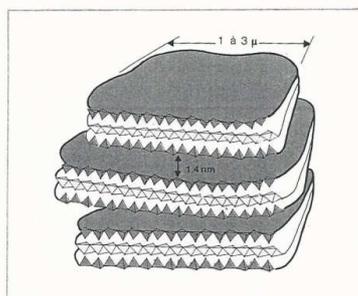
En faisant traverser une couche mince du minéral par un faisceau de rayons X qui arrivent sous une incidence variable, on enregistre les angles de diffraction qui correspondent aux espaces inter-réticulaires, c'est-à-dire à la dimension de la **maille moléculaire (feuillelet + espace interfoliaire)**. Chaque type d'argile est défini par la présence de pics sur les enregistrements, à des positions bien déterminées : par exemple 10,5 Angströms pour l'attapulgite, 7 Å pour la kaolinite, 10 Å pour l'illite, ou 12 Å pour la sépiolite.

La plupart du temps, les différentes variétés ne se trouvent pas pures dans la nature, mais en mélange entre elles, et associées à du sable, du calcaire (carbonate de calcium cristallisé sous forme de calcite), de la dolomie (carbonate de calcium et de magnésium), des éléments trace, etc. Un échantillon recueilli dans son gisement peut contenir 23% de sable, 13% de calcaire, 9% d'hydroxyde de fer et 55% d'une fraction argileuse vraie, cette dernière étant composée de 1/3 de kaolinite, 1/3 d'illite et 1/3 d'interstratifiés divers.

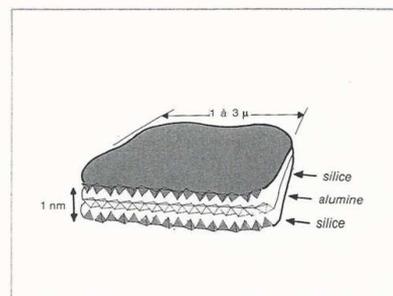
c . Caractéristiques physico-chimiques et propriétés.

Les argiles ne sont donc pas de la terre, mais une roche fractionnée en milliards de **particules** extrêmement petites et de formes planes, de l'ordre du micron dans leur longueur, et mesurant quelques nanomètres dans leur épaisseur.

La smectite est une poudre dont les particules sont très petites, 1 à 2 µ.
Chaque particule est constituée d'un empilement de lamelles ou feuilletts de 1 nm d'épaisseur.
Chaque feuillet est formé de 3 couches
● 2 couches de silice en surface,
● 1 couche médiane d'alumine.
Le feuillet est formé par la répétition horizontale d'unités élémentaires : tétraèdres de silice à l'extérieur, et octaèdres d'alumine au centre.



Empilement de feuilletts



Structure d'un feuillet

Le fer, le magnésium, le calcium remplacent parfois par endroit l'aluminium créant des charges négatives à l'intérieur des feuilletts.

L'espace interlamellaire compris entre 2 feuilletts consécutifs rassemble des cations neutralisant l'excès de charges négatives du feuillet.

La formule brute est la suivante : $\text{Si}_8 \text{Al}_4 \text{O}_{20} (\text{OH})_4$

Figure 2 : Structure d'une smectite

Chaque particule, appelée « cristallite », est constituée d'un empilement de très nombreuses lamelles ou **feuillet**s – d'où le nom de phyllite - à la manière d'un cahier ou d'une pile d'assiettes^[9].

Chaque feuillet est constitué à son tour par deux à quatre **couches** planes, dont la succession se répète toujours à l'identique pour chaque espèce argileuse : couches de tétraèdres à cœur de silice et couches d'octaèdres à cœur d'alumine.

A l'intérieur d'une couche, les **atomes** sont liés entre eux par des transferts d'électrons d'un atome à son voisin, principalement par l'intermédiaire de groupements O^{2-} et OH^- .

En thérapeutique sont utilisés deux catégories distinctes d'argiles. Les phyllithes proprement dites, et les pseudo-phyllithes, dont les feuillets sont intercalés en bandes alternées, créant ainsi des espaces tubulaires qui augmentent de façon considérable la surface spécifique du matériau et ses capacités d'absorption et d'adsorption (sépiolites, attapulgites actuellement dénommées palygorskites). Ces espèces minérales ont de nombreuses applications dans l'industrie.

Notre essai se limitera à l'utilisation des phyllithes véritables, parmi lesquels il est important de différencier :

- les « deux couches », désignées par le terme Te/Oc, constituées d'une couche de Tétraèdres à cœur de silicium et d'une couche d'Octaèdres à cœur d'aluminium. La kaolinite en est l'exemple le plus familier ;
- les « trois couches », désignées par le terme Te/Oc/Te, dont la couche d'alumine est prise en sandwich entre deux couches de silice. Les plus utilisées en médecine sont les smectites (montmorillonite, bedeuillite, bentonite) et les illites.

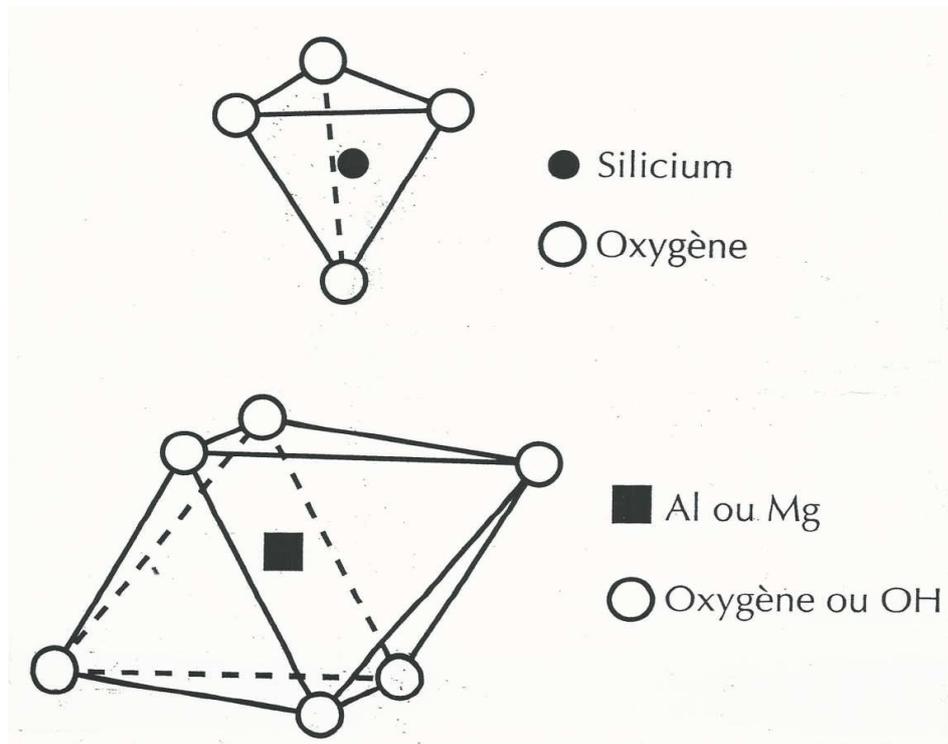


Figure 3 : Tétraèdre à cœur de silicium et octaèdre à cœur d'aluminium ou de magnésium

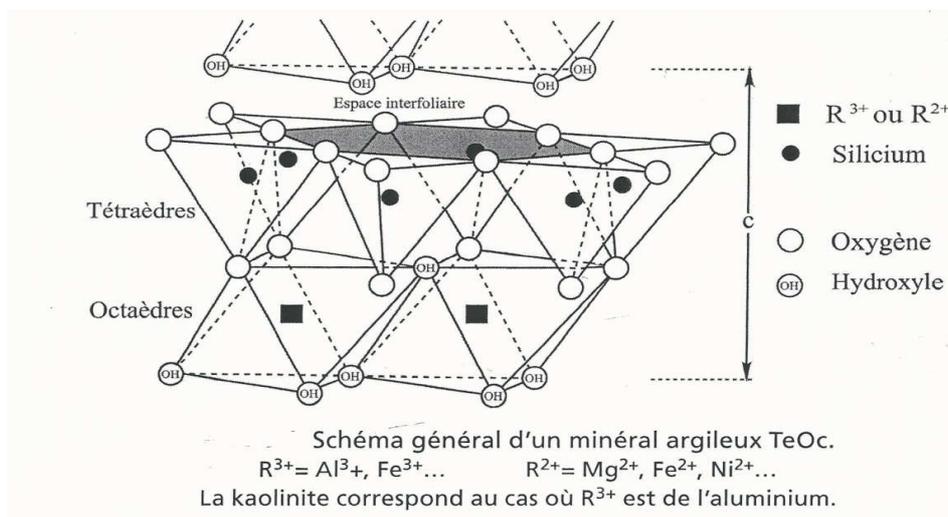


Figure 4 : Schéma d'un minéral Te/Oc «deux couches »

Sur ce schéma, la lettre c représente la maille élémentaire (feuillelet + espace interfoliaire)

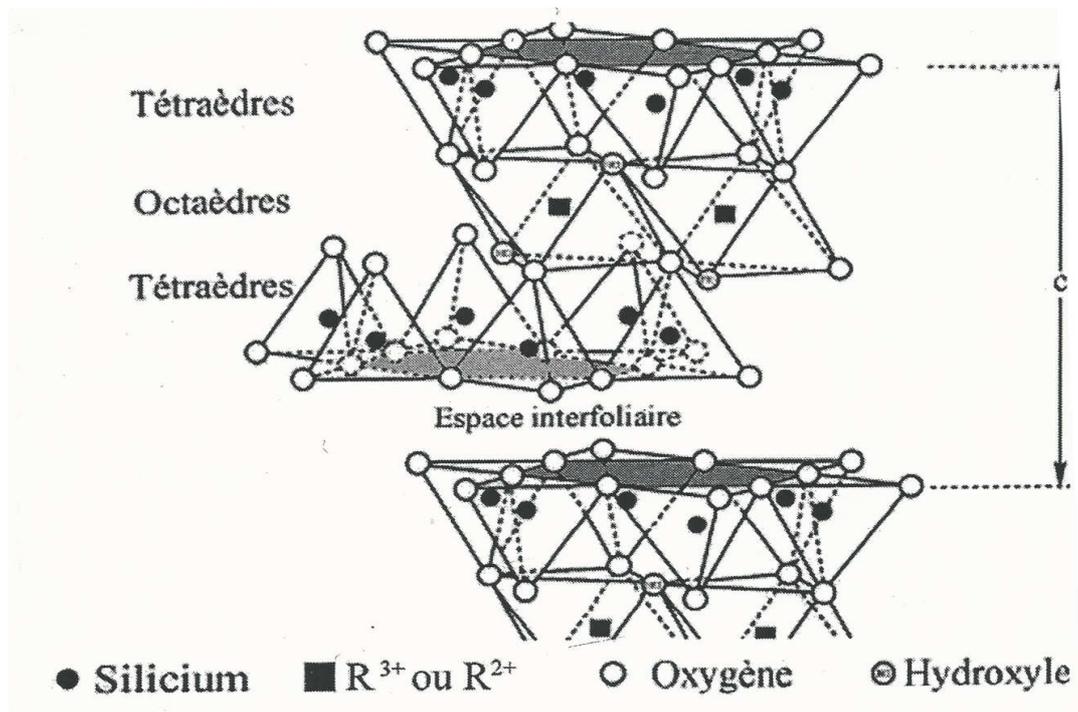


Figure 5 : Schéma d'un minéral Te/Oc/Te dit « trois couches »

i. Absorption et adsorption

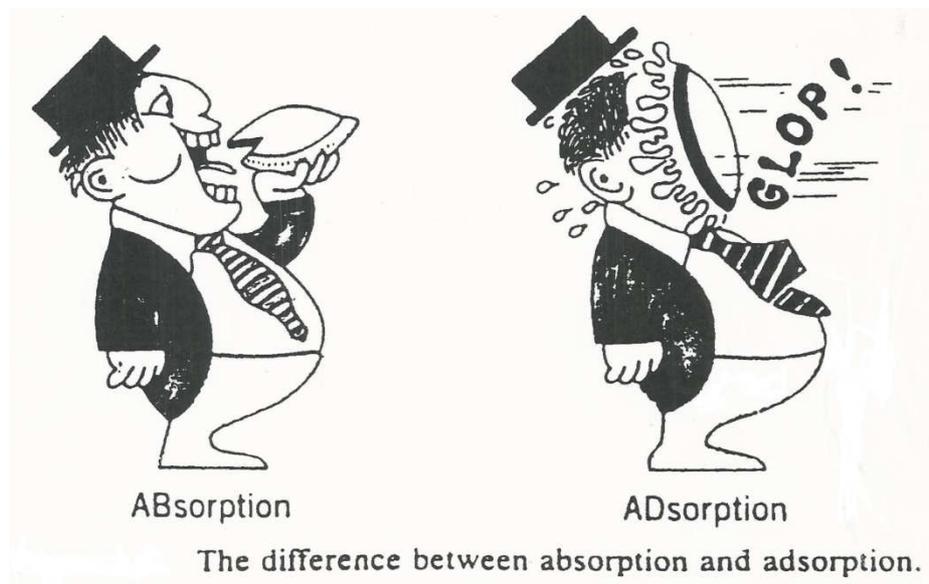


Figure 6 : Absorption et adsorption, vues par les ingénieurs de l'Institut Français des Pétroles (IFP) !

L'intérêt des argiles en thérapeutique est lié à leur pouvoir couvrant et à leurs propriétés de surface et réactivité qui leur confèrent des propriétés d'adsorption, chélation et capture des particules

externes, ainsi qu'à leur capacité d'absorption, aux propriétés spécifiques des silicates et des alumines qui les composent, et à celles de leurs ions de compensation.

- L'**absorption** est la propriété que présentent les solides et les liquides de retenir certaines substances (gaz ou liquides) dans la totalité de leur volume (comme dans une éponge). Remplissage passif d'un corps poreux, capillarité.
- L'**adsorption** est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules de gaz ou de liquides (**adsorbats**) se fixent sur une surface solide (**adsorbant**) selon divers processus plus ou moins intenses. Un atome adsorbé est un **adatome**. Ce phénomène a une très grande importance dans l'évolution de nombreuses réactions chimiques. Le phénomène inverse, par lequel les molécules adsorbées sur une surface s'en détachent, notamment sous l'action de l'élévation de la température, ou de la baisse de pression, se nomme la désorption.

Mais dans la réalité ces deux propriétés sont si intriquées que nombre de physiciens (dont nos amis de l'IFP) préfèrent oublier ces raffinements finalement très imprécis, et parler de **sorption** ...

ii. Ionisation

Des substitutions d'atomes, par exemple des substitutions d'aluminium par du fer ou du magnésium dans les couches octaédriques, ou des substitutions de silicium dans les couches tétraédriques, surviennent dans ces minéraux au cours de leur formation.

Lorsque ces substitutions ne sont pas homovalentes, c'est-à-dire lorsque les ions de remplacement n'ont pas la même charge électrique – par exemple lorsqu'un Mg^{2+} en position octaédrique est remplacé par un Al^{3+} - cela va créer un défaut de charge à l'intérieur des feuillets, attirant dans l'espace entre deux feuillets successifs des **ions de compensation** qui, selon les différentes espèces argileuses, seront plus ou moins facilement échangeables avec le milieu extérieur. Des substitutions pourraient également survenir au niveau des oxygènes, remplacés parfois par des ions fluor.

Il est important de savoir si les substitutions hétérovalentes se situent dans la couche tétraédrique ou dans la couche octaédrique (la force exercée par le défaut de charge diffèrera).

Les silicates d'alumine étant porteurs de charges majoritairement négatives, leur ionisation est mesurée indirectement par la **Capacité d'Echange Cationique (C.E.C.)**, très variable d'une espèce minérale à une autre :

CEC de 1 à 10 mEq /100 grammes pour une kaolinite,
CEC de 10 à 40 mEq/100 grammes pour une illite,
CEC de 80 à 150 mEq/100 grammes pour une smectite.

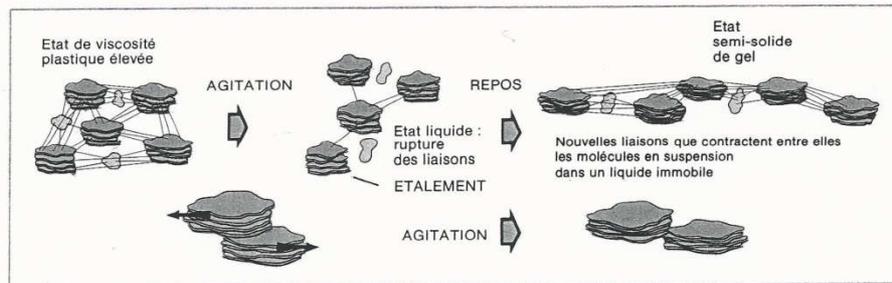
iii. Surface spécifique

La surface spécifique des silicates d'alumine hydratés est considérable. En effet, en milieu liquide les particules d'argile ne s'entassent pas en conglomérats, mais s'étalent sous forme d'un film

continu. Les éléments glissent les uns sur les autres comme les tuiles d'un toit (d'où la plasticité) et s'imbriquent sans laisser d'espace libre, selon les lois de l'encombrement stérique : ainsi un gramme de poudre de smectite naturelle, telle qu'elle sort du lieu d'extraction, peut-il recouvrir cent mètres carrés (figure suivante ^[9]).

Le pouvoir couvrant résulte d'une part de la *viscosité plastique* de la substance mais également de sa *structure en feuillets*.

Les feuillets s'empilent parallèlement et s'étalent facilement sous forme d'un film continu, les éléments glissant selon les lois de l'encombrement stérique.



Le pouvoir couvrant de la smectite et sa capacité de fixation qui résultent de sa structure spatiale spécifique, expliquent ses propriétés pharmacologiques au niveau de la muqueuse intestinale.

Figure 7 : Le pouvoir couvrant des argiles

En conséquence, une suspension de silicates d'alumine va former sur la paroi digestive un gel adhérent et durable. Trois grammes contenus dans un sachet pharmaceutique de cette argile peuvent aisément couvrir l'ensemble de la zone de notre intestin grêle où les particules alimentaires sont absorbées par la muqueuse, estimée à deux cents mètres carrés en tenant compte des valvules conniventes, des villosités et des microvillosités.

iv. Adhérence et capacité de fixation

Lorsque les feuillets d'argile se fixent sur un support, l'adhérence qui en résulte est efficace. Les forces mises en jeu peuvent être de différents types, dont :

- simples attractions de type Van Der Waals ;
- fixation par le biais des ions compensateurs ;
- charges des faces latérales des feuillets

Ces propriétés d'**adhérence** permettent à l'argile de recouvrir en continu la surface exposée, à la manière d'un pansement protecteur, et/ou d'enrober plus ou moins complètement un petit ensemble bien différencié mobile ou fixé telle une bactérie, et de l'inhiber en l'isolant du milieu, ce qui limite considérablement son action.

A la surface extérieure des argiles, il faut ajouter la **surface intérieure** des particules, car les argiles vont piéger des éléments du milieu à différents endroits :

- au cœur des feuillets des ions simples,
- entre les feuillets des molécules plates ou petites, telles que la toxine hémolytique et la toxine cytotoxique du staphylocoque
- à la périphérie des feuillets des macromolécules (figure ci-dessous ^[9]).

Les molécules de smectite présentent une *capacité de fixation très importante*. Cette capacité de fixation élevée est liée à l'existence de charges négatives dans les feuillets, positives entre les feuillets, et à la surface spécifique considérable de la smectite 100 m² pour 1 g.

Ces interactions peuvent se faire en *3 sites différents* :

1. dans les feuillets pour les ions simples,
2. entre les feuillets pour les molécules plates ou petites,
3. à la périphérie pour les macromolécules.

C'est en particulier par *l'intermédiaire des toxines que l'on peut chiffrer* ce pouvoir de fixation : ainsi 1 g de smectite peut fixer 400 mg de strychnine. Ce pouvoir de fixation a également été démontré vis-à-vis des toxines staphylococciques et de la toxine d'Escherichia coli.

Sites de fixation de la smectite

Etude de la capacité de fixation de la smectite vis-à-vis de différentes toxines.

Figure 8 : La capacité de fixation des argiles

Dans le cas d'une smectite, la **surface totale (intérieure + extérieure)** attribuable à un seul gramme de ce minéral peut atteindre la valeur énorme de 845 mètres carrés, si vraiment tous les feuillets sont séparés et étalés les uns à côté des autres, ce qui n'est possible que lorsque les charges compensatrices proviennent toutes du même type d'ion. Cette surface totale est très variable d'une espèce minérale à une autre mais stable à l'intérieur d'une même espèce, pour des ordres de grandeur très différents. A titre d'exemple, la surface totale (interne + externe) d'une kaolinite n'est que de 10 à 30 mètres carrés par gramme, celle d'une illite de 100 à 175 mètres carrés par gramme.

Une espèce argileuse sera caractérisée par ses spécificités : le nombre et l'accessibilité de ses sites réactifs, et sa capacité d'adsorption, de capture et de fixation ionique. Au vu de ces différents chiffres, on comprend l'intérêt pour les smectites, qui semblent plus puissantes dans tous les domaines. Mais, sur le terrain, leur puissance peut devenir un handicap. Ainsi une smectite aura bien plus de chance d'être polluée avant l'extraction, car sa forte capacité d'attraction en fera une poubelle de la nature, un piège à contaminants : elle pourra se charger de polluants radioactifs, de métaux lourds, ou d'émanations d'une nappe de pétrole trop proche.

En contact direct sur plaie ouverte, sa puissante capacité d'attraction peut faire éclater les globules rouges par modification de leur tension superficielle, ou inhiber les globules blancs par un « collage » excessif. En revanche, une illite, dont le nombre et la réactivité des sites sont bien moindres, peut, dans les conditions physiologiques, donner de meilleurs résultats parce que ces sites

sont plus accessibles. De plus, elle possède sur les bords de fracture de ses feuillets un nombre de charges positives non négligeable, qui peut lui donner une polyvalence appréciable. En réalité, la question est terriblement complexe.

D'autant qu'il faut avoir conscience qu'il ne s'agit là que de quelques caractéristiques de ces minéraux, facilement explicables et compréhensibles, certes, mais loin de rendre compte de tous les mécanismes par lesquels ils ont une action sur l'organisme, telle que l'on peut l'observer dans la pratique.

Ainsi une argile considérée comme « faible », une kaolinite par exemple (« deux couches » Te/Oc), a pu, en Bavière en 1906, suffire à traiter avec succès des patients atteints de choléra, parce qu'elle était particulièrement fine et divisée, et que l'effet « balai » de ses milliers de particules contribuait à évacuer les vibrions cholériques et leurs toxines ^[10].

v. Cavités hexagonales

En surface des argiles, l'arrangement des oxygènes des tétraèdres conduit à la formation de **cavités de forme hexagonale** (en grisé sur les schémas), zones basales vides d'électrons, qui ont une importance notable car elles facilitent l'interaction avec des molécules ou des ions extérieurs.

Ces derniers peuvent venir s'y encastrer de façon parfois irréversible, ce qui est le cas pour le césium radioactif sur une argile illite, par exemple. Cette propriété fut maintenue « secret défense » par l'armée britannique pendant de nombreuses années (communication personnelle de monsieur Robertson, minéralogiste écossais de renommée mondiale).

La superposition des cavités hexagonales des feuillets crée un couloir électrostatique, dont le rôle est peut-être déterminant en thérapeutique.

vi. Echanges d'eau

La réactivité des argiles en milieu aqueux est aussi corrélée à la capacité d'échange d'eau. Celle-ci est plus ou moins étroitement liée à la structure :

- eau libre entre les particules (macroporosité, capillarité, **eau dite hygroscopique**) ;
- eau captée entre les différents feuillets par les ions de compensation (nanoporosité, **eau dite d'hydratation**), et qui permet l'écartement de ces mêmes feuillets ou « gonflement » ;
- eau intégrée à la structure même des feuillets (hydroxyles, **eau dite de constitution ou de cristallisation**), qui ne sera libérée que lorsque ceux-ci seront détruits, par une trop forte cuisson, par exemple.

Pour rappel : grâce à leurs propriétés d'absorption, les argiles sont capables de capter les liquides environnants. Dans les sols, les particules d'argile servent de banque d'eau, la captant lorsqu'elle est abondante, la relarguant lorsque le milieu s'assèche. S'équilibrant avec le milieu, les argiles servent également de banque de minéraux pour les plantes, les livrant à celles-ci en fonction de leurs besoins : sans argiles, un sol ne pourrait produire. Ce sont elles qui déterminent en grande partie sa porosité, le liant lorsqu'il est acide, le dispersant lorsqu'il est basique.

vii. Composition chimique

	KAOLINITE	ILLITE	SMECTITE
SiO₂	44,81 à 46,90	49,26 à 54,09	45,12 à 57,55
Al₂O₃	37,02 à 37,82	24,90 à 28,97	15,96 à 28,24
Fe₂O₃	0,27 à 0,92	0,78 à 6,20	0,06 à 6,35
FeO	0,06 à 0,11	0,57 à 1,70	0,30 à 0,95
MgO	0,24 à 0,47	2,00 à 4,48	2,32 à 6,53
CaO	0,13 à 0,52	0,00 à 0,69	0,50 à 3,28
K₂O	0,49 à 1,49	6,08 à 7,98	0,11 à 0,60
Na₂O	0,05 à 0,44	0,13 à 0,33	0,04 à 2,75
TiO₂	0,18 à 1,26	0,05 à 1,02	0,10 à 0,32
H₂O-	0,61 à 1,55	3,22	14,81 15,77
H₂O+	12,18 à 14,27	6,03 à 7,88	7,46 à 8,53

Tableau 1 : Composition indicative de trois espèces minérales (en pourcentage).

Attention : la forme oxyde des composants reflète la méthode utilisée par le chimiste qui transforme l'échantillon par élévation de température. Dans l'argile naturelle, ces éléments chimiques (Si, Al, Mg, Fe...) ne sont pas sous forme d'oxydes, mais sous forme d'ions.

Actuellement, les chercheurs s'intéressent tout particulièrement aux échanges de macro et micro éléments véhiculés par les argiles. Les travaux de Louis Camille Maillard, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, avaient mis en évidence le fait que le soufre, lorsqu'il est sous forme colloïdale, peut être absorbé à 100% par les organismes vivants, contrairement à la forme neutre amorphe ou cristalline (S8, octogonal).

La forme colloïdale le rendrait aussi biodisponible que lorsqu'il est ingéré dans les acides aminés soufrés, ce qui justifierait la coutume des indiens des hauts plateaux du Pérou, additionnant de pâte d'argile soufrée les pommes de terre qu'ils consomment (voir chapitre suivant). Lorsqu'elles sont en suspension, les argiles sont des colloïdes, et en tant que tels semblent servir de banque d'échange pour tous ces éléments.

Des recherches portent aussi sur le rôle des argiles en tant que condensateurs énergétiques, car les charges portées par les feuillets superposés sont très proches mais ne se touchent pas. Il semblerait que les silicates d'alumine agissent à la manière de nos enzymes, orientant les molécules, facilitant leurs rencontres tout en leur imposant une forme en « 3D » particulière (stéréochimie), dans un rôle de biocatalyseurs.

Pour conclure ce chapitre, je citerai le professeur Rautureau, éminent physicien, minéralogiste des argiles : « si l'on n'a pas compris que les argiles sont avant tout des matériaux qui s'adaptent en fonction de leur environnement... on n'a rien compris ».

IV. USAGE COUTUMIER DES SILICATES D'ALUMINE EN INGESTION, GÉOPHAGIE ANIMALE ET HUMAINE

Les animaux se soignent avec des silicates d'alumine : blessés, ils se mettent à la recherche de boues et baignent la partie atteinte. La technique semble efficace, puisqu'un lieutenant de louveterie me confiait récemment que l'on pouvait constater parfois sur eux des cicatrisations tout à fait étonnantes, sur des amputations accidentelles par exemple.

Les animaux ne se contentent pas d'un usage externe, mais ingèrent également des argiles : même en bonne santé apparente, qu'ils soient sauvages ou domestiques, ils mangent spontanément des argiles^[11].

Les hommes aussi.

La **géophagie est définie comme l'ingestion active de matière terreuse**. Étymologiquement, ce terme dérive du mot géophage, du grec *phagein*, manger, et de *ge*, terre. Cependant, ce n'est pas véritablement de la terre que ces êtres consomment, mais presque toujours des argiles, parfois du sable, parfois aussi du calcaire ou des dépôts fossiles de diatomées, des micro-algues unicellulaires planctoniques de 2 microns à 11 mm présentes dans tous les milieux aquatiques, dont le squelette est siliceux.

Peu de populations humaines ont été exemptes de géophagie. On peut citer le Japon, la Corée, la Polynésie, Madagascar, l'ancienne Egypte et Babylone, ainsi que les Grecs et Romains anciens, qui n'auraient ingéré de « terres » que dans le cadre de soins^[12].

Pour faire le tour des usages médicaux coutumiers des argiles ingérées, j'ai pris l'initiative d'associer le sujet à son aspect le plus spontané, la géophagie, pour les raisons suivantes :

- La plupart des peuples ont largement utilisé les silicates d'alumine pour se traiter par voie interne. Paradoxalement, les comptes-rendus concernant cet usage dans le secteur «histoire de la médecine» des bibliothèques ou en musée d'ethnographie sont, en comparaison, extrêmement pauvres et succincts. Pourtant, de nos jours encore, en parcourant la planète pendant ces vingt dernières années, j'ai pu récolter des quantités de témoignages sur cet usage médical coutumier, et me permettrai d'en émailler cette étude.
- En revanche, l'ingestion spontanée d'argiles par les animaux, humains compris, a été largement documentée et étudiée, et a suscité nombre de pistes et d'hypothèses riches en intérêt, qui nous mèneront directement au cœur de notre thème : l'usage médical coutumier des silicates d'alumine par voie interne.

1. Les faits et chiffres de la géophagie

a. Quels animaux sont géophages ?

Présente chez les Invertébrés^[13] et répandue chez les Vertébrés, la géophagie est avérée chez les Reptiles^[14], les Oiseaux^{[15][16]}, et de nombreuses espèces de Mammifères^{[17][18]}, incluant des Primates non humains^{[19][20]} – à ce jour, la géophagie a déjà pu être documentée chez 21,1 % des espèces de primates sauvages et en captivité^[21] - et Humains^{[22][23][24][12]}.

Le talon d'Achille de ces études est la difficulté qu'ont les observateurs à quantifier les ingestions. Ainsi ai-je en ma possession une thèse extensive sur la géophagie chez l'orang-outan de Sumatra^[25], primate qui serait, selon certains spécialistes, plus proche encore de l'homme que le gorille ou le chimpanzé. Ce document explore avec la plus grande finesse tous les aspects minéralogiques et scientifiques de la question – en 144 pages bourrées d'information - mais omet purement et simplement de donner la moindre information sur les quantités ingérées !

Seuls les carnivores stricts seraient exempts de ce comportement. Dans la jungle amazonienne tous les animaux de la forêt, y compris les oiseaux mais à l'exclusion du jaguar, sont friands de silicates d'alumine. Le chasseur est assuré d'un riche butin s'il prend l'affût près d'un « barriero », excavation humide et argileuse (communication personnelle de mes amis Messieurs Palma Shahuano, indien de la famille Jebero, et Tenasoa Canaquiri, indien de la famille Cocama, jungle amazonienne péruvienne, avril 2012). Que penser de cette restriction ? En Europe, le loup, le renard et le chien en mangent volontiers.

i. Quelles "terres" choisissent-ils ?

Les animaux choisissent avec le plus grand soin les sols qu'ils consomment : ils en sélectionnent certains, en rejettent d'autres. Ainsi les éléphants des forêts humides tropicales d'Afrique centrale (*Loxodonta cyclotis*) ne consomment-ils la terre que dans des lieux bien précis^{[26][27]}. En Asie, il en est de même : à Tangkahan, île de Sumatra, Indonésie, les mahouts, soigneurs d'éléphants qui veillent chacun sur un animal particulier, m'ont confirmé que parmi les cinq ou six lieux proches riches en argile, il n'y en avait qu'un dont leurs éléphants étaient friands (communication personnelle de Messieurs Tejo, Katiyo, Feri et Budi, mai 2007).

Les anthropologues et les médecins ont régulièrement signalé que les populations humaines géophages aussi faisaient volontiers des kilomètres pour recueillir des terres à leur goût, dédaignant des gisements bien plus proches de leur lieu d'habitation^[12]. En comparaison avec les terres non consommées, les terres consommées montrent une proportion importante d'argiles^[28].

Le choix des animaux sert souvent d'indice aux humains. Ainsi les gens du voyage ont-ils baptisé les argiles « terre du renard » : persuadés que cet animal est le plus intelligent de la faune sauvage, ils le suivent pour découvrir les gisements les plus intéressants. « C'était toujours à partir de la piste d'un animal blessé que le tzigane découvrait les gisements de glaise (...) Car la terre comme le blé se moissonnent et deviennent tous deux nourriture »^[29].

Récemment, un jeune vétérinaire a pu démontrer que des rats à qui l'on propose ad libitum des

argiles kaoliniques (voir nomenclature des espèces minérales en Annexe) et des argiles smectites en sus de la ration, vont - après une première période de consommation intense de ces produits (jusqu'à 30% de leur nourriture le premier jour) - stabiliser et pérenniser leur prise à 5% en poids de ce qu'ils consomment au bout d'une semaine, malgré une alimentation abondante et quel que soit le régime.

Étonnamment, cette consommation se poursuit sur le long terme : L'expérimentation dura 28 jours, ce qui, pour un humain, équivaldrait à une période de deux à trois ans ! Les quantités ingérées, 1 à deux grammes par jour et par animal - 0,3 à 0,5 de leur masse corporelle – correspondraient, selon l'auteur de l'étude, à une ingestion quotidienne de 150 à 350 grammes pour un homme de 70 kg^[30].

Le rat est-il un animal représentatif vis à vis de la physiologie humaine ? Selon le Professeur Paragon, directeur du service Nutrition Animale de l'École Vétérinaire de Maisons-Alfort (interrogé en octobre 2012), le rat est un bon modèle en ce qui concerne les omnivores, car son système digestif est semblable à celui de l'homme. Les projections vers l'humain doivent toutefois être adaptées au niveau des quantités, en termes de « poids métabolique », sur une base de différences d'énergie et d'échanges thermiques liés au rapport surface/volume. En effet, un animal d'une tonne, un bovin par exemple, ne consomme pas 1000 fois davantage qu'un animal de 1 kg, un chat par exemple, mais seulement 178 fois plus.



Figure 9 : Aras amazoniens consommant des argiles

ii. Les géophages humains

Lorsqu'un groupe humain pratique la géophagie – le phénomène est présent sur les cinq continents - tous les membres du groupe ne sont pas également géophages. Les femmes enceintes sont généralement les plus avides d'argiles : au Kenya, région Ouest, 46 à 73% des femmes en consomment en période de grossesse, pendant les trois premiers mois au minimum^[31].

Certaines en consomment aussi hors de ces périodes. Elles en ingèrent le plus souvent des quantités importantes, de l'ordre de 150 à 300 grammes par jour (la moyenne actuellement chez les femmes Ewe du Ghana, communication personnelle de Nadia Alvaro, anthropologue, octobre 2012). Plus âgées, lorsqu'elles sont ménopausées, beaucoup abandonnent cette pratique.

Devant un observateur occidental ou formé à la culture occidentale, le géophage peut nier ou minimiser sa consommation, car il sait que l'interlocuteur est généralement peu favorable à cette pratique, qu'il estime dangereuse sur le plan sanitaire. Les enquêteurs anciens, peu avertis de ce biais, faisaient état de consommations quotidiennes moyennes de 30 à 60 grammes par jour, voire moins. Or lorsque le géophage ne craint pas la critique, il peut faire état d'ingestions considérables, allant jusqu'à trois ou quatre kilos en une seule journée.

Le 6 juin 1800, Alexandre de Humbolt, grand explorateur, rencontra au cœur des forêts d'Amérique du Sud le Frère Ramon Bueno, qui avait vécu pendant 12 ans avec le peuple Ottomaque sur les rives de l'Orénoque, dans l'actuelle Colombie. Ces autochtones avaient fait des argiles leur « aliment » essentiel pendant les deux à trois mois de disette annuelle, lorsque la rivière était en crue, et qu'ils ne pouvaient pas attraper les tortues d'eau et les poissons qui constituaient l'essentiel de leur nourriture. Pendant cette longue période, leur consommation individuelle était de « 1/4 à 5/4 de livre par jour », soit 375 à 635 grammes^[32].

Même si les argiles sont très recherchées en situation de famine^[12], il est à noter que cette consommation se poursuit aussi lorsque la disette prend fin. Ainsi les Ottomaques décrits par Humbolt mangeaient-ils également des argiles pendant la période où la pêche était fructueuse : ils en entassaient de véritables pyramides à l'intérieur de leurs huttes, dont ils consommaient quelques boulettes, après les avoir humectées, après leur repas.

Les adultes, les hommes en particulier, s'avouent rarement géophages en pays musulman, où le Coran interdit de manger de la terre tout autant que du porc, parce qu'Adam a été formé d'argile (manger celle-ci serait une forme d'anthropophagie). Dommage, car dans l'Égypte des pharaons, l'ingestion de « terres » était réputée « viriliser l'homme et fortifier l'enfant »!.. Les bébés en sevrage n'ont pas ces scrupules, et la plupart des tout petits, tous sexes confondus, grattent le sol autour d'eux ou s'attaquent aux murs de la maison, qu'ils trouvent de leurs doigts.

Dans la palmeraie de Figuiez au Maroc, en 1927, on pouvait observer la géophagie chez 80% des enfants de 0 à 5 ans^[33]. Récemment, une étude sur un groupe d'enfants kenyans scolarisés de 5 à 18 ans a pu montrer que 73% consommaient des « terres » chaque jour^{[34][35]}.

iii. Quelles argiles les humains préfèrent-ils ?

Les argiles recherchées sont celles du sol, celles des murs de la maison, et celles que l'on peut trouver sur les rives des cours d'eau, à flanc de coteau ou sédimentées dans les courbes et méandres.

En Afrique on vous dira : « tu as besoin d'argile ? Va au fleuve ! ». Mais les villageois apprécient aussi les spécialités vendues par les marchands ambulants sur les marchés (au Mali, demandez « la pierre pour les femmes enceintes »). Et cette consommation est loin d'être anecdotique : le village d'Uzalla, au Nigéria, extrait et manufacture quatre à cinq cent tonnes d'argiles chaque année, exportées dans toute l'Afrique de l'Ouest. L'étude de Vermeer ^[36] est devenue une référence incontournable sur le sujet, je vous la joins en annexe.

Sont particulièrement appréciées les argiles constituant les nids de termites – les préférées pour les enfants kenyans précédemment cités - et d'autres insectes. Le plus souvent, les consommateurs les ingèrent crues, telles quelles, (et quantifient leur consommation en terme de « poignées »), mais parfois ils les fument, les rôtissent, les font cuire sous la braise, les torréfient sur une plaque métallique, ou les intègrent dans des préparations culinaires usuelles (pain par exemple), ou festives (friandises).

Pourquoi ces cuissons et autres fumages ? Parce qu'ils considèrent ce produit comme un aliment ? Pour mieux le conserver en les solidifiant davantage ? Pour modifier les propriétés des minéraux ? C'est la coutume, vous diront-ils. Au Mali, j'ai pu voir les bellas, anciens esclaves des touaregs sédentarisés autour de la ville de Mopti, faire frire l'argile dans une poêle avant consommation.

Chez les humains, les plus gros consommateurs d'argile sont les femmes gravides. Nous nous sommes demandés si, dans un contexte non déterminé par de possibles croyances thérapeutiques, le constat serait le même : cette particularité se vérifiait-elle chez les animaux en milieu sauvage, semi-sauvage et domestique qui s'adonnent à cette pratique ? Il faut noter que très peu d'études sur les animaux, deux parmi plusieurs dizaines ^{[37] [38]}, prennent en compte actuellement le sexe et le statut de grossesse des femelles, alors que cet aspect nous semble primordial.

Préciser ces informations permettrait peut-être de mieux cerner l'origine de ce comportement chez l'homme, et l'impact de motivations culturelles éventuelles... quoique l'avancée des connaissances en éthologie atteste désormais de nombreux comportements culturels chez les animaux.

Aussi ai-je fait une requête en ce sens auprès de Marcel Hladik et de Sabrina Krief, spécialistes de la question au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris.

a. Les hypothèses physiopathologiques

Pourquoi les animaux consomment-ils des argiles ? Et pourquoi dans de telles proportions ? La synthèse des différentes publications sur le sujet permet de formuler six hypothèses, non exclusives les unes des autres, pour expliciter le fait :

1. résoudre les problèmes digestifs (gastralgies, affections intestinales);
2. se supplémenter en minéraux ;
3. obtenir une sensation de satiété en cas de famine;
4. lutter contre les parasites intestinaux;
5. ôter certains toxiques de la ration ;
6. se soigner.

Étudions chacune de ces hypothèses en détail :

a. Résoudre les problèmes digestifs

L'étude des chimpanzés montre une forte corrélation entre la consommation d'argiles et les épisodes de diarrhée^[39]. Et l'analyse des terres choisies dans cette circonstance montre la même composition que celle des terres sélectionnées par les guérisseurs locaux pour la même indication : une forte proportion de kaolinite, halloysite et metahalloysite, c'est à dire une composition identique à celle du kaopectate, avec, semble-t-il une efficacité thérapeutique identique ^{[36][40][41]}.

Les peuples humains et les animaux de concert utilisent les silicates d'alumine pour soigner les inconforts digestifs, qu'il s'agisse de problèmes stomacaux ou intestinaux ^[42] et cet usage est largement relayé par la pharmacopée vétérinaire et humaine moderne. Les argiles d'Uzalla précédemment citées font l'objet de dix-neuf préparations spécifiques par les guérisseurs locaux, dont huit sont destinées aux femmes enceintes, et les onze autres aux affections de l'estomac et dysenteries, six de ces dernières étant additionnées de sel. Nous étudierons ce sujet plus en détail dans les deux chapitres suivants.

Lorsqu'il s'agit d'inflammation, les kaolinites, dont le feuillet est constitué d'une couche à base d'alumine et d'une couche à base de silice, peuvent être un très bon choix. En effet elles allient l'action anti-inflammatoire de l'aluminium – qui sera en contact direct avec la muqueuse - à l'action cicatrisante de la silice. De fait, elles sont généralement dominantes dans les argiles que les guérisseurs prescrivent dans cette indication. Mais cela peut être relativisé lorsque l'on sait que les kaolinites sont quantitativement les argiles les plus accessibles.

Muльти-fractionnées, les argiles ajoutent probablement au piégeage des virus et toxines par adsorption une action d'englobage des particules toxiques, de la manière dont autrefois on attrapait les poussières sur le sol du café en jetant des poignées de sable. En effet, les terres choisies par les animaux comportent de préférence des argiles très finement divisées. Il est important de préciser que **l'interface avec un objet – et donc l'efficacité de cette interface - augmente à mesure que le volume de celui-ci diminue**. La surface spécifique des particules ou cristallites argileux augmente donc de façon inversement proportionnelle à leur diamètre, et leur efficacité en bénéficie...

i. Se supplémenter en minéraux

L'hypothèse de la supplémentation minérale semble peu confirmée par l'étude des sols choisis et ingérés^{[43][44][45]}, souvent moins riches en ces éléments que d'autres aliments de la ration. A cette réserve près que certains primates, dont l'homme, préfèrent aux argiles du sol celles travaillées par des insectes ou des oiseaux, par exemple les argiles des termitières ou celles des fourmis coupeuses de feuilles qui cultivent les champignons (*Atta cephalotes*).

Ainsi en est-il de chimpanzés au Gabon, qui non seulement choisissent les terres remaniées par les insectes, mais en outre recherchent particulièrement celles qui ont été **doublement remaniées**, la larve d'un Homoptère, *Muansa clypealis* (une cigale), les ayant reprises de termitières à *Macrotermes muellerii* ! Or ce travail effectué sur les silicates d'alumine par les insectes aboutit à une concentration très augmentée des minéraux. Ainsi, dans le cas présent, le contenu en phosphore se trouve-t-il multiplié par un facteur huit^[46].

Les populations humaines traditionnelles font des choix identiques. Les villageois africains préfèrent toujours l'argile des termitières à celle du sol. Or celle-ci peut contenir quatre fois plus de

magnésium, six fois plus de calcium, et huit fois plus de manganèse que l'argile du sol (voir tableaux ci-dessous). En Sierra Leone, les femmes enceintes prennent la peine de récolter fastidieusement tout en haut des murs les tout petits nids de guêpes *Synagris cornuta flavofasciata*, au risque de subir leurs très douloureuses piqûres ^[47].

Elles éprouvent le besoin impératif de les ajouter à la consommation d'argiles du sol et à celle de nids de termites, pourtant bien plus faciles à récolter. Or les argiles des nids de vespides sont particulièrement riches en zinc, élément essentiel à ... la croissance du fœtus !

Remaniées par les insectes, les argiles contiennent de nombreux éléments utiles, voire essentiels, tels que le cuivre, le zinc, le cobalt, le chrome, le manganèse, le fer, le nickel, le sélénium, le molybdène, le vanadium. Non seulement sont-elles bien plus riches en ces éléments que les argiles du sol, mais en outre s'y trouvent-ils sous une forme bien plus assimilable (tableaux ci-dessous).

Au Sierra Leone, des tests comparatifs sur les argiles de murs de maison, de nids de termites et de nids de guêpes vespides, toutes trois consommées dans les villages du Mano Sewalu et du Pendembu, montrèrent que la dernière apportait bien plus de minéraux – non seulement en absolu mais surtout sous une forme biodisponible pour l'assimilation par les entérocytes - que la deuxième, qui, déjà, apportait bien plus de minéraux biodisponibles que l'argile du sol utilisée pour les constructions (tableaux ci-dessous).

Mineral	Approximate Mineral Content mcg/g			Percent of Mineral Content Available Upon Simulated Human Digestion		
	House Mud	Vespid Mud	Termite Clay	House	Vespid	Termite
1. Magnesium	742	1,489	1,021	6.5	20.8	21.4
2. Phosphorus	299	1,343	415	1.4	30.6	.5
3. Potassium	28,317	34,411	19,379	2.8	6.6	5.9
4. Calcium	2,727	4,505	3,959	6.8	19.1	31.2
5. Chromium	193	122	367	.13	0.0	0.0
6. Manganese	254	401	244	3.2	9.2	29.9
7. Iron	1,710	4,096	3,368	4.5	2.4	1.4
8. Cobalt	--	--	--	--	--	--
9. Nickel	272	465	392	1.3	.75	.9
10. Copper	29	41	62	7.0	4.3	3.3
11. Zinc	38	119	38	5.0	23.3	12.5
12. Selenium	1.02	1.41	1.30	15.7	3.8	.8

Notes: 1) Minerals 1-7, 9-11 were measured courtesy of Dr. Boyd G. Ellis, Professor of Crop and Soil Science, Soil Science Laboratory; Selenium (mineral 12) courtesy of Dr. Duane E. Ullrey, Professor of Animal Science, Animal Husbandry Nutrition Laboratory; Cobalt (mineral 8) courtesy of Dr. W. Emmett Braselton, Professor of Pharmacology, Toxicology Laboratory; all of Michigan State University. 2) Phosphorus was analyzed by molybdenum blue colorimeter; potassium by flame photometer; selenium by fluorimetric procedure; cobalt by inductively coupled plasma emission spectrometer; and the other minerals by atomic absorption spectrometer. 3) Total extraction: 0.5g sample; add 15 ml conc. HNO₃; heat to dryness on sand bath; add 10 ml conc. HF and 1 ml conc. HClO₄; heat to dryness on sand bath; bring to 50 ml total volume 1 N HCl. 4) Simulated human digestion: 5g sample; add 50 ml 0.1 N HCl; rotary shaker 200 rpm for 30 minutes; filter. 5) ppm: parts per million, micrograms per gram.

Tableau 2 : Contenu minéral des argiles utilisées

Mineral	Available Minerals mcg/g			Percentage Comparisons		
	House Mud	Vespid Mud	Termite Clay	Vespid/House	Termite/House	Termite/Vespid
Magnesium	48	309	219	+ 544	+ 353	-29
Phosphorus	4	411	2	+10,175	- 54	-99
Potassium	800	2,263	1,146	+ 183	+ 43	-49
Calcium	185	862	1,234	+ 366	+ 568	+43
Chromium	.25	0.00	0.00	- 100	- 100	
Manganese	8	37	73	+ 363	+ 784	+97
Iron	78	98	48	+ 26	- 38	-51
Cobalt	NDA	.07	.04			-43
Nickel	3.5	3.5	3.5			
Copper	2.1	1.8	2.1	- 14		+ 2
Zinc	1.9	27.6	4.8	+ 1,353	+ 151	-82
Selenium	.16	.05	.01	- 69	- 94	-80

Note: NDA: no detectable amount; less than 10 parts per billion.

Tableau 3 : Contenu minéral biodisponible lors de la digestion humaine

Mineral	House Mud 40g/day	Termite Clay 40g/day	Termite Clay 60g/day	Vespid Mud 60g/day	Termite Clay 80g/day	Termite Clay 140g/day
<u>Milligrams</u>						
Magnesium	2	9	13	19	18	31
Phosphorus	.16	.08	.12	24.7	.16	.28
Potassium	32	46	69	136	92	160
Calcium	7	49	74	52	99	173
Manganese	.3	2.9	4.4	2.2	5.8	10.2
Iron	3.1	1.9	2.9	5.9	3.8	6.7
<u>Micrograms</u>						
Cobalt	NDA	1.6	2.4	4.2	3.2	5.6
Nickel	140	140	210	211	280	490
Copper	84	82	123	106	164	287
Zinc	76	190	285	1,656	380	665
Selenium	6.4	.4	.6	3.2	.8	1.4
Chromium	10					

Tableau 4 : Apport quotidien de minéraux par la géophagie

Mineral	Recommended Pregnancy Supplement	Percentage of Pregnancy Supplement or of RDA					
		House Mud 40g/day	Termite Clay 40g/day	Termite Clay 60g/day	Vespid Mud 60g/day	Termite Clay 80g/day	Termite Clay 140g/day
Magnesium	150 mg	1	6	9	12	12	21
Phosphorus	400 mg	<1	<1	<1	6	<1	<1
Calcium	400 mg	2	12	19	13	25	43
Iron	30-60 mg	5-10	3-6	5-10	10-20	6-13	11-22
Zinc	5 mg	2	4	6	33	8	13
	RDA Adult Female						
Potassium	2000-6000 mg	.5-1.6	.8-2.3	1-3	2-7	2-5	3-8
Manganese	2.5-5 mg	6-12	58-117	88-176	44-88	116-232	204-409
Iron	18 mg	17	11	16	33	21	37
Copper	2-3 mg	3-4	3-4	4-6	4-5	5-8	10-14
Selenium	50-200 mcg	3-13	.2-.8	.3-1.2	2-6	.4-1.6	.7-2.8

Notes: 1) The amounts of iron, calcium, magnesium, and zinc are "recommended daily dietary allowances"; those of copper, potassium, manganese, and selenium are "estimated safe and adequate daily dietary intakes" (p. 178). Source: Committee on Dietary Allowances, Food and Nutrition Board, National Research Council, Recommended Dietary Allowances, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1980. 2) Nickel and cobalt are available (Table 4) but RDA not established. 3) Phosphorus not significantly available. 4) Percentages calculated from amounts of nutrients as indicated in Table 4. 5) Pregnancy supplementation from Committee on Dietary Allowances, note 1. 6) Percentages calculated from amounts of nutrients given in Table 4. 7) mg-milligrams; mcg-micrograms.

Tableau 5 : Apport de minéraux par les argiles durant la grossesse en pourcentage de la ration conseillée (RDA).

Dans cette étude, l'argile des guêpes vespides multiplie par un facteur 7 le taux de magnésium assimilable, par un facteur 3 le taux de potassium, par un facteur 14 le taux de zinc, par un facteur 400 le taux de phosphore, par rapport à l'argile des murs. Quant à l'argile des termitières, elle multiplie par un facteur 6 le calcium assimilable, et par un facteur 4 le manganèse assimilable, par rapport à l'argile des murs de la maison. La question de la supplémentation minérale mérite donc d'être repensée.

ii. Obtenir une sensation de satiété en situation de famine

Lorsque j'eus pour la première fois accès à un peuple « traditionnel », les « Hommes des arbres » des forêts du Sri Lanka, ayant présent à mon esprit le comportement du peuple Ottomaque de l'Amazonie colombienne, je posais à ces messieurs nus, couverts de cicatrices, et à vrai dire plutôt énervés, la question suivante : « Que faites-vous lorsqu'il n'y a rien à manger ? » Ils me répondirent : « Nous mangeons les nids de termites, et nous essayons de trouver un peu de miel sauvage ».

Ils me firent goûter cette argile de termitière, dont ils avaient toujours avec eux une provision. Je dois dire que je fus heureuse de consommer, juste après, mon argile de référence, afin d'enlever le goût âcre resté en bouche et de me prémunir contre des composés secondaires avec lesquels mon corps aurait pu être peu familier...

Alexandre de Humbolt témoignait autrefois d'un usage en cas de famine sur le continent américain, et je recevais aujourd'hui la confirmation de cet usage... en Asie : autre continent, mœurs identiques. En Chine et en Europe également, les « terres » ont été LE recours en temps de famine.

Certains peuples argumentent qu'elles « permettent d'écarter les parois du ventre et de maintenir celui-ci ouvert ». Lors de la récente famine en Haïti, des camions remplis à ras bord de galettes d'argile se sont présentés pour la vente. S'agissait-il d'une escroquerie ou d'un réel service à la population ? Une réponse partielle nous est donnée par une étude de 2011 sur le rat^[48].

Le scientifique a soumis les animaux à un jeûne intégral, pendant lequel ils avaient à disposition des argiles ad libitum. A l'issue de cette période de jeûne intégral, il a pu constater que la consommation de silicates d'alumine n'avait aucunement diminué la perte de masse moyenne pendant le jeûne chez les animaux géophages, par rapport aux animaux non consommateurs.

Classiquement, trois phases physiologiques se succèdent lors d'un jeûne intégral.

- La première phase (phase I) est caractérisée par la consommation des réserves en glycogène, et marquée par une importante néoglucogénèse hépatique et rénale à partir des acides aminés des protéines musculaires catabolisées.
- La deuxième phase (phase II) montre une consommation progressive des réserves de graisse, et une augmentation importante de la concentration plasmatique des corps cétoniques, pendant que la protéolyse se réduit.
- La troisième (phase III), terminale, est marquée par un catabolisme protéique accru et une néoglucogénèse de nouveau augmentée, malgré 20% de réserves lipidiques encore présentes.

Dans l'expérience que nous citons, la durée des différentes phases du jeûne ne fut pas modifiée non plus chez les animaux consommant des silicates d'alumine... Lors d'une deuxième expérience exposée dans la même publication, des rats préalablement soumis à un jeûne intégral sans accès à des argiles furent réalimentés soit avec celles-ci, soit sans. La durée jusqu'au retour de la masse initiale ne fut pas diminuée chez les animaux ayant accès à cette supplémentation. En revanche, ils consommèrent 5,6% de croquettes en moins pour une prise de poids égale à celle des animaux témoins.

Il est regrettable que ces deux expériences aient été dissociées, car il aurait été très instructif d'observer si la complémentation par les argiles lors de la phase de jeûne intégral apportait un quelconque bénéfice au consommateur lors de la réalimentation. Faute d'avoir cette information, on ne peut qu'en déduire que la consommation d'argiles en situation de famine ne permet en aucun cas de se priver d'aliments, mais permet peut-être de tirer un meilleur profit du peu d'aliments accessibles, lorsqu'il y en a. Les silicates d'alumine ingérés pourraient contribuer à optimiser le peu de calories disponibles, mais ne pourraient en aucune manière servir d'« aliment de substitution » (voir l'utilisation des silicates d'alumine en complément alimentaire vétérinaire, partie V).

iii. Lutter contre les parasites intestinaux

Se gaver d'argiles peut signaler la présence de parasites intestinaux : c'était un signe d'appel bien connu en cas d'infestation par les ankylostomes *Ancylostoma duodenale* et *Necator americanus*, vers hématophages qui sont cause d'anémie microcytaire hypochrome hyposidérémique^[49].

De nombreux peuples utilisaient les silicates d'alumine pour lutter contre les parasitoses (carte ci-dessous). S'agit-il de pallier aux conséquences de l'infestation – douleurs intestinales, crampes, diarrhées, saignements, anémie – ? Ou bien les silicates d'alumine ont-ils également un effet direct

ou indirect (humoral) sur le parasite lui-même ?



Figure 10 : Usages traditionnels des argiles lors de parasitoses ^[50]

Des observations sur des macaques rhésus sauvages géophages ont pu montrer qu'en dépit d'une charge parasitaire importante, ces animaux ne semblaient pas souffrir de diarrhée, dysenterie, faiblesse, et même mortalité habituellement liées à ce type d'infestation, contrairement aux macaques rhésus de même espèce (*Macaca mulatta*) détenus dans des zoos, et n'ayant pas accès à ce type de complémentation^[51].

L'étude de 141 membres d'un groupe constitué de trois matrilignages montra des contaminations par *Trichuris trichiura* et *Strongyloides fuelleborni* (nématodes) ainsi que par *Balantidium coli* (protozoaire), les animaux de moins de 5 ans étant les plus parasités, et les moins de 1 an plus encore. Au total, 89% des animaux portaient une ou plusieurs espèces de parasites, mais seuls 2% avaient la diarrhée, symptôme majeur de l'infestation par ces parasites. 76% des animaux étaient géophages. Les femelles mangeaient plus souvent le sol que les mâles ($P = 0,04$), et elles étaient également moins parasitées ($P = 0,04$).

Cela pourrait-il être corrélé à un effet direct d'inhibition ou même de destruction des parasites par les argiles ? On peut mentionner à ce sujet des études anciennes et récentes mettant en évidence le

fait – apparemment paradoxal – que dans une population donnée les consommateurs de « terres » peuvent être moins parasités que les non-consommateurs. Ainsi Al Wardi^[52] constate-t-il que dans la population qu'il étudie, au Maroc, 34% des géophages sont porteurs de parasites, alors que le pourcentage des personnes parasitées parmi les non-géophages est plus du double (78%).

Chez l'homme, l'ingestion d'argiles semble efficace contre certains parasites, tels que les ankylostomes et les bilharzies^{[53][52]}, les oxyures (observation personnelle) et les cryptosporidies (traitement effectué à l'hôpital Necker chez des enfants séropositifs pour le HIV, en collaboration avec le professeur Blanche, sur la base de mes recherches) mais semblent totalement inefficaces contre d'autres (ascaris, trichocéphales, *Taenia saginata*, *Giardia intestinalis*, trichomonas, *Chilomastix*).

Lorsque l'ingestion permet à l'animal d'évacuer des parasites dans les selles, est-ce dû à l'effet « balai » des milliers de particules argileuses qui les auraient englobés et entraînés vers la sortie ? Ou bien faut-il envisager que l'ingestion de silicates d'alumine puisse stimuler certains facteurs antiparasitaires plasmatiques ? En ce qui concerne les bilharzies j'ai pu voir régulièrement, au Mali, l'ingestion d'argiles faire cesser les « urines rouges », symptôme majeur de l'infestation du système urinaire par les bilharzies. Dans la mesure où les argiles n'ont pas de passage systémique et restent cloisonnées dans le système digestif, ce fait m'a interrogée.

Je les ai vues également – et c'est bien plus facile à comprendre – faire disparaître en quelques heures les symptômes d'une invasion intestinale aiguë par l'amibiase (*Entamoeba histolytica*, protozoaire), le syndrome dysentérique bien connu propre à cette maladie : la tétrade épreintes, faux besoins, selles a-fécales (glaires, sang et débris de muqueuse, les fameux « crachats rectals amibiens »), et ténésme. La maladie elle-même ne céda qu'après une semaine de traitement, comme elle l'aurait fait avec le métronidazole, mais pour un coût bien moindre, et surtout sans douleurs, alors qu'elles étaient majeures avant la première prise. La posologie était de 300 mg par kilo toutes les trois heures la première journée, associée au jeûne. Prises à la demande les jours suivants, en fonction des ré-émergences de la douleur, qu'elles faisaient cesser très rapidement. Cette attaque de *novo* ne fut suivie d'aucune aggravation ni de localisation métastatique tissulaire (plusieurs années d'observation).

L'ingestion de silicates d'alumine amène généralement - en une vingtaine de minutes - un soulagement des douleurs, et même le plus souvent leur totale disparition, comme dans le cas précité, par un effet anti-inflammatoire et/ou protecteur de la muqueuse (voir chapitre IV, Les silicates d'alumine en médecine humaine) agressée par les parasites. Je peux vous assurer que cet aspect est considérablement apprécié par les patients – qui désormais leur accordent volontiers leur confiance - en particulier par les enfants, qui par la suite se prêtent volontiers aux soins : dans un hôpital béninois où je travaillais, ils me poursuivaient à travers les couloirs pour en recevoir...

Les silicates d'alumine peuvent également contribuer à réduire certaines conséquences fâcheuses des parasites, telles que les micro-saignements de la paroi. En effet, les argiles kaolinites, smectites et attapulgite stimulent, *in vitro*, les facteurs de coagulation^[54]. En laboratoire, cette propriété hémostatique est utilisée pour tester le sang des patients : le temps de céphaline activé (TCA) est une mesure de la coagulation d'un plasma sanguin recalcifié en présence de céphaline (substitut plaquettaire) et d'un activateur particulière (silice, kaolin, autre...).

Traditionnellement, les argiles étaient préconisées en application externe pour arrêter le saignement des plaies. Nous les avons toujours utilisées avec succès dans cette indication. *In vitro*, la beidellite (une smectite) est un activateur connu des facteurs contacts de la coagulation (facteurs VII et XII), à

la faible concentration de 1 pour 1000^[55]. Il serait intéressant de faire quelques recherches chez les animaux, afin d'explorer et de documenter une action éventuelle sur des saignements de la paroi digestive, car l'usage coutumier de l'antiquité – Dioscoride en particulier, dans son ouvrage *Materia Medica* - préconisait leur utilisation en cas de vomissement de sang.

Au Mali, les nourrissons porteurs de parasites intestinaux grattent le sol et les murs de la maison. Les guérisseurs locaux demandent alors aux parents de donner à l'enfant ad libitum des argiles locales médicinales « propres » achetées sur les marchés. Après une période de consommation assidue, l'enfant se détourne spontanément de cette complémentation.

J'ai pu constater systématiquement une amélioration de la symptomatologie digestive chez les nourrissons infestés par les oxyures. Non seulement semblaient-ils soulagés de leurs crampes et douleurs intestinales une vingtaine de minutes après l'ingestion, mais l'on pouvait observer, 24 à 72 heures après celle-ci, l'évacuation d'oxyures morts dans les selles.

iv. Oter certains toxiques de leurs rations alimentaires

De nombreux travaux documentent l'élimination des toxiques de la nourriture ingérée ^{[56][57][58]}. L'ingestion d'argiles permettrait de réduire la biodisponibilité des alcaloïdes, ainsi que celle des tanins (polyphénols), qui bloquent la digestion des protéines ^{[15] [16]}. Ainsi les perroquets Ara, sur les berges du Rio Manu, au cœur de l'Amazonie péruvienne, volent-ils sur plusieurs kilomètres pour consommer, à certaines périodes de l'année, des argiles. Or ils se nourrissent, à cette période-là, de nombreux fruits et graines encore verts : les plantes, pour se défendre, les ont lourdement chargés en alcaloïdes et autres toxines. Grâce aux silicates d'alumine, les aras peuvent consommer ces aliments, en dépit des poisons amers, voire mortels. Cela leur confère un avantage considérable sur les autres animaux.

Les humains ne sont pas en reste. Pour consommer des glands surchargés en tanins, **les indiens Pomo de Californie et les paysans de Sardaigne ont mis au point la même recette** : ils ajoutent de l'argile à la farine de glands dans une proportion de 10 à 15% ^[24]. Les paysans Quechuas de la région de Puno, près du lac Titicaca, au Pérou, « saucent » leurs pommes de terre dans une pâte d'argile posée sur le bord de l'assiette (observation personnelle), ce qui adsorbe une partie des glyco-alcaloïdes ou solanine ^[59]. Une autre hypothèse, non moins intéressante, peut expliciter la coutume :

La pomme de terre est l'aliment de base de ces peuples. Si ce tubercule possède – étonnamment - un équilibre en acides aminés globalement compatible avec les besoins nutritionnels humains, les éléments soufrés s'y trouvent néanmoins en quantité insuffisante. Lorsque j'eus accès à l'analyse chimique de ces argiles d'origine volcanique, je constatais avec intérêt qu'elles étaient riches en ... soufre.

J'ai pu de nombreuses fois expérimenter les capacités antipoison des argiles sur des animaux. Sur un petit singe macaque long-tail (queue longue), par exemple, attaché sur le perron par une famille indonésienne, comme cela se fait fréquemment dans les villages de Sumatra. Lassés des incursions de l'animal, les voisins l'ont empoisonné. Lorsque je l'appris, il était couché par terre sur le flanc, yeux fermés, bouche verrouillée, immobile, en position fœtale. Je lui ai forcé de la pâte d'argile à travers les dents, recommandant aux propriétaires de lui en administrer de nouveau chaque demi-heure. Il fut rapidement sur pied, et n'eut pour séquelle qu'un léger handicap moteur.

Même expérience avec un lapin ayant mangé des plantes toxiques et totalement inerte, yeux fermés, lorsque l'administration des silicates fut commencée... Bien sûr, lorsque je dus faire face, sans le moindre anti-venin, à la morsure de mon guide dayak indonésien par un cobra royal (mortalité 50 à 75%), les silicates d'alumine firent partie des médicaments d'urgence que je lui administrais. Il récupéra en l'espace de 24 heures, et nous pûmes reprendre avec plaisir nos échanges concernant l'anthropophagie pratiquée par son grand-père...

Comment expliquer que ce minéral puisse aller capter dans les intestins un poison étranger au corps, plutôt que de s'attaquer aux innombrables autres molécules ? Pour moi, cela demeure incompréhensible, même après en avoir été régulièrement témoin...

v. Se soigner

En ce qui concerne cette dernière hypothèse, celle de la pharmacophagie, des travaux de plus en plus nombreux mettent en évidence des « coïncidences » surprenantes. Ainsi a-t-il été démontré récemment que lorsque les chimpanzés ingèrent des sols contenant de la kaolinite en même temps que les feuilles d'un arbre de la famille de l'acajou, le *Trichilia rubescens*, cela a pour effet de potentialiser les molécules antipaludéennes qu'elles contiennent, inefficaces si elles étaient consommées sans cet ajout ^[60]. Mais nous n'en sommes qu'au tout début de ce type de recherche, et ce nouveau domaine a été baptisé par les experts « zoopharmacognosie ». La persistance de la géophagie lors de l'évolution est sans doute corrélée au fait que cette pratique contribue à la santé ^[60].

La capacité qu'ont les animaux à aller vers les remèdes dont ils ont besoin permet d'ailleurs aux équipes scientifiques de tester de nouveaux médicaments destinés aux humains, en particulier des médicaments anti-vertigineux. De nombreux patients cancéreux sont traités actuellement en chimiothérapie par la cisplatine associée à d'autres antinéoplasiques (cancers du testicule, de l'ovaire, de la sphère ORL, de l'œsophage, du col utérin, de l'endomètre, de la vessie, et cancers épidermoïdes). Or la cisplatine a un effet secondaire très désagréable et bien difficile à supporter : elle induit de fortes nausées avec vomissements.

Pour soulager efficacement ces symptômes, de nombreuses molécules sont expérimentées. Voici comment l'on procède à Chicago, à Londres, à Osaka, et à Hong-Kong : on choisit comme animal d'expérience le rat, car il n'a pas la capacité de vomir ; il est donc contraint de trouver d'autres solutions pour gérer les toxiques ^[61]. On fait prendre à ces animaux de la cisplatine, et aussitôt ces pauvres bêtes, en proie aux nausées, se ruent sur... les silicates d'alumine.

Plus surprenant encore : les rats de l'expérience se sont avérés capables d'adapter les doses d'argiles aux doses de toxiques administrées ! En effet, plus on leur donne de toxique, ou plus les toxiques testés sont puissants et inducteurs de nausées, et plus les rats vont manger d'argiles ! Ils savent adapter très précisément les doses d'argiles ingérées à la quantité de poison à neutraliser et/ou au vertige induit ^[62].

Alors pour tester de nouveaux médicaments anti-nauséux, les scientifiques procèdent ainsi : en tout premier lieu ils administrent aux rats la molécule qu'ils désirent évaluer. Ensuite ils injectent de la cisplatine : si les rats se précipitent sur les argiles, c'est que le nouveau médicament anti-nauséux est inefficace... En revanche, si les rats ne s'intéressent pas aux argiles, c'est qu'il est efficace !

vi. Le plaisir gustatif..

A la liste d'hypothèses envisagées par les scientifiques, nous nous permettrons d'en ajouter une septième. En effet, lorsque les anthropologues et les médecins demandent aux géophages humains pourquoi ils consomment des « terres », ceux-ci répondent systématiquement : « parce que c'est bon ! », et Laufer, le grand spécialiste de la question, note avec surprise que cette consommation est tout à fait indépendante des pratiques ou rites religieux. D'ailleurs, lorsqu'un peuple utilise des argiles pour ses rituels, il n'en consomme pas nécessairement (Cheyenne ^[12], par exemple).

Pour satisfaire l'enquêteur trop curieux – qui, ne l'oublions pas, les paye souvent en proportion de la quantité d'informations qu'ils donnent- les géophages vont souvent, dans un deuxième temps, justifier leur plaisir en lui trouvant toutes sortes de raisons aptes à satisfaire ... l'interlocuteur.

On recommandait parfois aux parents indigènes d'attacher leurs enfants dès qu'il pleuvait, au risque qu'ils ne se précipitent dehors pour manger de la boue ! Pour un géophage, l'odeur de l'argile humide est irrésistible, et le goût en bouche tout à fait délicieux : il est assez cocasse de lire dans les comptes-rendus que lorsque l'observateur, alléché par la perspective de régals exquis, goûte ces terres à son tour, il se trouve fort dépité lorsqu'il doit constater que pour lui le goût n'est... qu'insipide.

En ce qui concerne la grossesse, les femmes avancent une batterie d'arguments plus élaborés, que l'on retrouve plus ou moins un peu partout : devant des enquêteurs supposés sceptiques ou réticents elles avancent qu'elles consomment les « pierres » pour tomber enceintes, puis pour que la grossesse se passe bien - en particulier pour éviter sialorrhée, pyrosis et vomissements - également pour que « le fils d'Adam ne tombe pas » (accouchement prématuré) - , ou pour que le bébé ne dorme pas lors de l'accouchement, mais soit éveillé et actif afin que celui-ci se passe sans encombre. Enfin elles disent qu'elles en consomment pour que le bébé soit fort, et pour qu'il ait les os du crâne solide (ce qui n'est sans doute pas étranger avec l'apport en calcium, phosphore et fluor), ou pour que sa peau soit plus blanche. Un argument fréquent – et imparable – est que c'est le bébé lui-même qui veut de la terre et, depuis le ventre de la maman, exige qu'elle en consomme...

b. Survivances coutumières en Europe et Amérique du Nord

La naturopathie et la naturothérapie, techniques de soins visant à rétablir le fonctionnement de l'organisme par des moyens jugés « naturels », ainsi que l'hygiénisme - une conception de la santé née aux Etats-Unis au début du 19ème siècle à l'initiative de médecins prônant l'idée que notre organisme possède la prérogative de nous sortir de la maladie par son propre pouvoir - ont relayé les usages coutumiers traditionnels des argiles par voie interne.

Les affections pour lesquelles l'ingestion d'argiles est recommandée sont

- sphère digestive : gastrites, dyspepsies, œsophagites, ulcères gastroduodénaux, hernie hiatale avec ou sans reflux, gastro-entérites infectieuses, migraines d'origine digestive, entérites, colites, diarrhées, dysenterie, parasitoses et mycoses digestives, intoxications gastro-intestinales non infectieuses (toxiques, champignons et mycotoxines, iatrogénie), colopathie fonctionnelle, colite ulcéreuse et maladie de Crohn (symptomatique),

- constipation (argiles riches en magnésium) ;
- épilepsie ;
- nervosisme, insomnie ;
- asthénie ;
- cystite (selon le témoignage des utilisatrices, la prise par voie orale ôte les douleurs, raccourcit la durée de la crise, et espace les crises) ;
- dermatoses (associé à des applications externes) ;
- rhumatismes (associé à des applications externes) ;
- empoisonnements aux métaux lourds, alcaloïdes, autres poisons

Le pasteur Emanuel Felke, Adolf Just, et l'abbé Sébastien Kneipp furent de célèbres spécialistes des argiles en Allemagne au siècle dernier. Malheureusement je ne maîtrise pas suffisamment la langue allemande pour vous faire bénéficier de leurs apports.

c. Quelques survivances coutumières en Afrique, Asie, Amérique Centrale et Amérique du Sud

Témoignages d'utilisations actuelles recueillis lors de mes voyages :

Asie

- Sri Lanka : morsures de serpents mortels (en externe), vaccination, famine
- Inde : maladies du cœur (utilisation spécifique d'argiles de vers de vase), hémorroïdes (ingestion d'argile)
- Vietnam : il était recommandé de faire remonter l'argile du fond de la rivière afin de la troubler avant de la boire, pour « chasser les diables » (décontaminer l'eau).

Amérique Centrale

- Guatemala : médaillons d'argile vendus sur le marché à Chinique (fabriqués à Esquipulhas), On recommande de les faire rôtir sous la cendre, puis de les consommer en cas de gastrite due aux abus de piment.

Amérique du Sud

Pérou, à Puno, région du lac Titicaca : Les familles pauvres mélangeaient leur urine avec de l'argile, en faisaient une boule que l'on laissait sécher dehors à l'ombre d'un muret. Ils en consommaient un morceau en cas de maladie, et cela s'avérait – selon leur témoignage – efficace. *Afrique du Nord* :

- touaregs de la région Nord du Mali : écrasement de chairs (usage externe)

Afrique Noire

- sporadique : maladies de l'estomac et des intestins, gastrites, nausées, diarrhées, colites
- sporadique : grossesse
- sporadique : syphilis et gonorrhée, avec des argiles naturelles contenant des traces de mercure (voir carte d'Afrique ci-dessous)

- Mali : épilepsie, lèpre (ingestion)
- Rwanda : lorsqu'un enfant se blessait, il grattait le sol argileux, additionnait la poudre avec son urine fraîchement émise, et posait le tout sur la plaie.

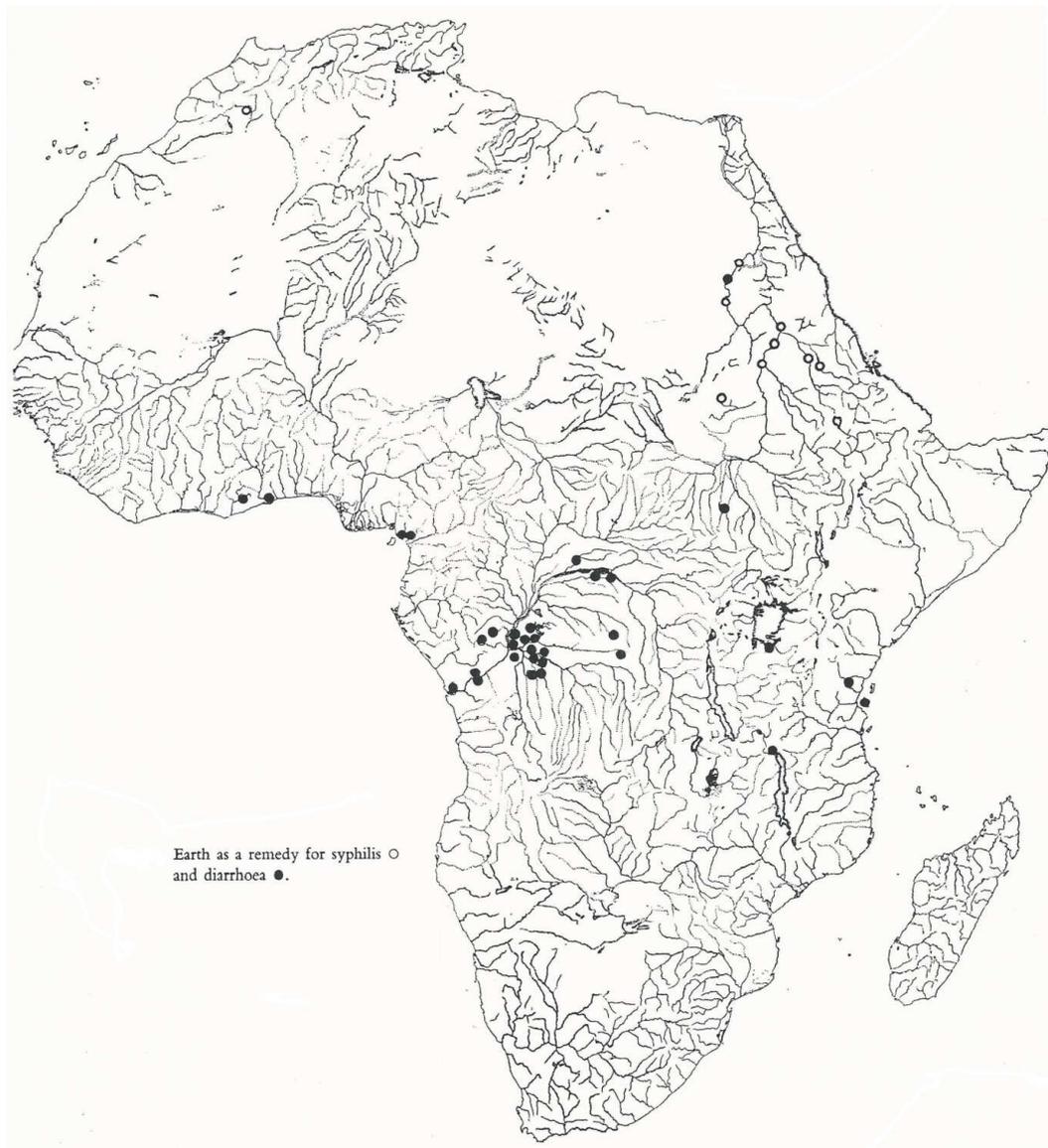


Figure 11 : Consommation d'argiles pour traiter la syphilis (ronds blancs) et la diarrhée (ronds noirs) ^[50]

Sans pouvoir forcément adhérer à la méthodologie de cet ethnologue, je présente néanmoins ses cartes pour l'intérêt de cette géographie de la santé et des pratiques soignantes. Mais je reste sceptique quant à son abord, qui présuppose que les peuples locaux auraient, pour désigner la maladie, des descriptifs proches de, ou superposables à, nos propres catégorisations.

V. LES SILICATES D'ALUMINE EN MÉDECINE VÉTÉRINAIRE

D'innombrables composés alimentaires et spécialités thérapeutiques contiennent désormais des argiles ; en fait il est devenu relativement rare de ne pas en trouver dans un composé destiné à l'ingestion par les animaux d'élevage, car **elles diminuent la morbi-mortalité**.

Indications : pathologies digestives, accroissement de l'efficacité alimentaire, apport de substances minérales, détoxifiants de la ration.

Spécialité	Laboratoires	Formes	Composition			Cible	Indications
			Minéral argileux	Antibiotique	Autres composants		
ALUMINAL	Coophavet	Poudre orale	Kaolin		Salicylate d'aluminium	Eq, Bv, Ov, Pc	Syndrome diarrhéique
BOVIFERM PlusSID	Biové	Poudre soluble	Bentonite et montmorillonite		Lactosérum...	Veaux	Régulateur digestif
DIARCAP	Novartis	Gélules	Attapulgite	Néomycine		Cn, Ct	Antidiarrhéique oral
ENTEROGEL	Virbac	Gel oral	Kaolin	Sulfaguani- ne, colistine	Bromure de N- butyl Scopolamine	Bv, Ov, Cp, Pc, Eq	Antidiarrhéique
ENTEROLACTIC	Vétoquinol	Poudre lactodispersible	Attapulgite		Lactobacillus	Bv, Ov, Cp, Pc, Eq	Ferments lactiques pour jeunes animaux
KAOPECTATE	Pharmacia	Suspension buvable	Kaolin		Pectine, acide sorbique	Bv, Ov, . Pc, Eq, Cn,Ct	Antidiarrhéique
KAOMYCIN	Pharmacia	Suspension buvable	Kaolin	Néomycine	Pectine	Bv, Ov, Pc, Eq, Cn, Ct	Diarrhées des jeunes
OLIGOVET FLORE	Vet diffusion	Poudre orale soluble	Montmorillonite		Bactéries lactiques	Bv, Ov, Pc, Cp	Supplément nutritionnel
OPODIARRHEE	Thékan	Comprimés	Kaolin	Phtalylsulfa- thiazol	Pectine	Cn,Ct	Antidiarrhéique
PEPSIVO	Virbac	Suspension orale	Attapulgite		Sorbitol, presure...	Bv, Ov, Pc, Cp	Complément alimentaire
STAYSOUND	S.E.A.O	Pâte externe	Montmorillonite		Glycérine...	Cv	Confort des articulations
TANO-PATT	Véto-centre	Lotion	Attapulgite		Zinc	Cn	Pour les coussinets

Tableau 6 : Médicaments vétérinaires à base d'argiles [54]

1. Pathologies digestives

Prévention et traitement de la maladie diarrhéique (argiles bentonites dans le traitement de la diarrhée des veaux [63] [64])

- par un effet anti-inflammatoire,
- par l'adsorption de toxines bactériennes et de virus (tableau ci-dessous)
- par la cicatrisation de la muqueuse stomacale et intestinale [22], l'amélioration du mucus, l'arrêt des micro-saignements,
- par l'éviction de certains parasites.

Cautérisation d'ulcérations digestives par les kaolinites (dont l'aluminium est en contact avec la paroi).

Adsorption de la toxine diphtérique	
Suspension	Toxine adsorbée par mL de suspension
Suspension contenant 10% de palygorskite	89%
Suspension contenant 10% de kaolinite	37%
Suspension seule	11%

Adsorption de la toxine diphtérique en fonction de la concentration de différentes argiles

Adsorption de la toxine staphylococcique	
Pouvoir hémolytique de la toxine: toxine (en mL) nécessaire pour obtenir l'hémolyse dans 2 mL	
Témoin	0.6 de toxine au 1/100
Sous-nitrate de bismuth -10 mg/mL -5 mg/mL -2.5 mg/mL	0.6 de toxine au 1/100 0.6 de toxine au 1/100 0.6 de toxine au 1/100
Beidellite -10 mg/mL -5 mg/mL -2.5 mg/mL -1.5 mg/mL	>2 g de toxine pure >2 g de toxine pure >2 g de toxine pure 0.3 g de toxine au 1/100

Mise en évidence de l'adsorption de la toxine staphylococcique par la beidellite à travers le pouvoir hémolytique de la toxine

Adsorption de la toxine staphylococcique	
Concentration cytotoxique de la toxine (en mL) par mL de milieu de culture donnant naissance à des cellules anormales	
Toxine témoin	0.0125
Sous-nitrate de bismuth -10 mg/mL -5 mg/mL -2.5 mg/mL	0.0125 0.0125 0.0125
Beidellite -10 mg/mL -5 mg/mL -2.5 mg/mL -1.5 mg/mL	0.05 0.05 0.05 0.0125

Mise en évidence de l'adsorption de la toxine staphylococcique par la beidellite à travers le pouvoir cytotoxique de la toxine.

Tableau 7. Adsorption de toxines par des argiles beidellite (smectite), palygorskite (attapulgite) et kaolinite ^[54]

2. Accroissement de l'efficacité alimentaire

La complémentation de la ration (généralement entre 1 et 5%, que l'on peut augmenter à 6 à 8% temporairement, en cas d'épisode diarrhéique intercurrent) avec des argiles permet une meilleure utilisation des nutriments et une croissance meilleure, et parfois un engraissement meilleur, pour une ration égale ou parfois moindre. Kaolinites, bentonites et sépiolites permettent, le plus souvent,

un gain moyen quotidien (G.M.Q.) augmenté. Elles améliorent le coefficient d'utilisation digestif (C.U.D.) et donc abaissent l'Indice de Consommation (I.C.). Elles sont donc incorporées à l'aliment en vue de l'obtention de meilleures performances zootechniques autant que dans un but hygiénique.

Un exemple typique : 40 vaches laitières reçoivent 400 grammes de bentonite par jour pendant 28 jours (2% en poids de leur ration alimentaire). A la fin de cette période, pas de réduction de la production laitière – avec les silicates d'alumine, une augmentation est fréquente, surtout pendant les deux premiers mois de lactation - mais une réduction significative des ingérats. Pas de modification des paramètres sanguins (insuline, glucose, cortisol, alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), hormis une légère augmentation des acides gras non estérifiés^[65].

L'utilisation de ce complément est particulièrement bénéfique lors de changements d'alimentation, auxquels il permet une meilleure adaptation : l'apport d'argiles est essentiel lors du sevrage.

L'adjonction de silicates d'alumine à la ration diminue sensiblement la mortalité dans les élevages de différentes espèces, en particulier chez le lapin, animal fragile par excellence. La mortalité des porcelets diminue de 53% avec l'adjonction de zéolites^[66], un minéral naturel de structure similaire.

a. Modalités d'action

- Expérimentée sur le rat, la consommation d'argiles kaoliniques augmente la capacité enzymatique de la **lipase pancréatique**, et la production de l'**apolipoprotéine A-I**, d'où une absorption lipidique accrue^[30].
- La consommation d'argiles par le rat entraîne également la sur-expression de l'**apolipoprotéine A-IV, facteur de satiété**, et permet une baisse de 7% de la prise alimentaire pour une croissance identique, ce qui, pour les éleveurs, signifie un profit accru^[67].
- Le **ralentissement du transit**, augmentant le temps de contact de la ration alimentaire avec les entérocytes, permet également d'augmenter l'assimilation des nutriments^[68].
- L'**absorption des gaz intestinaux** permet une décompression dans l'appareil digestif, suivie d'un transit moins rapide des ingestats.
- Expérimenté sur les ruminants, l'ajout aux aliments protéinés a un effet positif sur l'**assimilation de l'azote**^[69], une bentonite - dans le cas cité - adsorbe l'ammoniaque lorsque sa concentration est élevée, le relâche lorsque cette concentration est faible (restitution graduelle d'ions NH₄⁺ à la flore du rumen).
- Expérimenté sur le rat, pour un même apport azoté, l'argile **abaisse la digestibilité de l'azote et en rehausse le rendement métabolique**. Il est vraisemblable qu'elle piège une part de l'azote dégradé non métabolisable (ammoniac, amines) et l'évacue directement dans les matières fécales, au lieu qu'il ne soit éliminé par voie urinaire. Par ce fait, il y a soulagement des fonctions de détoxification hépatique et d'élimination rénale^[70].

En tant que liants pour l'aliment, les argiles adsorbent les liquides et maintiennent l'aliment bien au sec, réfractaire aux moisissures. Elles prolongent la bonne conservation de la ration. Elles ont aussi un effet anti-mottant.

3. Apport de substances minérales

Selon certains fabricants, des smectites bentonites pourraient fournir un apport non négligeable en SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , et des traces de Sc, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Nb, Ni, Rb, Sr, V, Zn, Mn, P.

En revanche, pour certains scientifiques, l'ajout de smectites dans une ration faible en calcium et en phosphore pourrait avoir un effet indésirable sur l'équilibre de ces minéraux chez la vache ^[71]. Pourtant chez les poules pondeuses, on observe une meilleure qualité des coquilles lors d'ingestion d'argiles. C'est précisément ce critère qui a guidé le principal producteur d'argiles français pour magasins diététiques vers le choix d'argiles illites, au départ de son entreprise (communication personnelle de Mr Heiz, Argiletz, Lizy sur Ourcq, 77).

Une argile kaolinite peut-elle être partiellement détruite lors de son parcours digestif ? Dans ce cas, l'alumine libérée serait certainement en grande partie complexée par l'acide silicique libéré concomitamment. Cette réaction empêcherait la formation dans le tube digestif de phosphates d'alumine insolubles. En conséquence, il y a peu de risques de déplétion en phosphore ^[72], d'autant que les argiles consommées en apportent souvent une quantité conséquente.

En ce qui concerne le calcium, une déplétion semble improbable avec des argiles naturelles, souvent riches en cet ion. Les apports en Mg, P, Mo, Se, Co, Cu, Fe, I et Mn sont confirmés par les études ^[73].

Attention, des surcharges en Fluor, et/ou en K sont possibles si les reins sont déficients, et des surcharges en plomb, en arsenic ou en cadmium si les argiles ont été contaminées par des déchets de l'activité humaine. L'évaluation de ces risques est difficile. Dans le cas du plomb par exemple, les procédures d'IVBA (In Vitro Bio Accessibility tests) ont montré que celui-ci, solubilisé dans l'estomac, tend à précipiter dans l'intestin lorsque le pH remonte, ou à se fixer sur des particules solides présentes dans la lumière intestinale. En conséquence la fraction réellement assimilable est fortement réduite, se limitant à 7 à 29% de la fraction ingérée. ^{[74] [75]}

4. Détoxifiants de la ration

- toxines bactériennes, dont la toxine cholérique
- toxines produites par les fermentations digestives
- métaux, par exemple aluminium issu des techniques de pressage des fourrages,
- radionucléides : le césium¹³⁷ et le césium¹³⁴ se lient fortement avec les argiles, et ressortent du tube digestif avec elles ^{[76] [77] [78]}. La question du strontium est plus complexe ^[79]. La fixation de l'iode radioactive est peu efficace ^[80].
- mycotoxines telles que les aflatoxines cancérigènes qui contaminent les arachides mal séchées ^[54] (tableau ci-dessous)
- contaminants chimiques, alcaloïdes, tanins, strychnine, paraquat ^[81], et autres composants toxiques issus de plantes, avec une efficacité comparable à celle du charbon activé, mais pour un coût bien inférieur ^[82].
- ammoniacque : les argiles, et plus encore les zéolites, pourraient supprimer l'effet toxique du fort taux d'ammoniacque de la nourriture, dû aux nitrates non protéiques utilisés comme engrais dans les cultures.

Types d'argiles testées	Aflatoxine B1 en % de la quantité initiale	
	Fixée	Désorbée
Bentonite	100	57
Montmorillonite	95	42
Attapulgite	86	57
Sépiolite	87	33
Illite	95	74
Kaolinite	87	77
Vermiculite	100	26

Tableau 8 : Argiles et aflatoxine B1 en solution de Sorensen pH 6,5^[54]

5. Quelques spécialités en France

a. Contenant des Smectites (dont Montmorillonites, Bentonites, Bedeillites)

- Smectivet®: Traitement symptomatique des diarrhées aiguës et chroniques chez le chien, et des gastro-entérites néonatales et diarrhées d'adaptation chez le veau
- Enterocyl® : Aide à la restauration de l'équilibre de la fonction digestive lorsqu'elle est perturbée par des phénomènes diarrhéiques. Facilite la digestibilité des nutriments et évite ainsi l'accumulation de molécules dont l'effet osmotique aggrave le syndrome diarrhéique (chiens et chats). Contient une argile naturelle à fort pouvoir couvrant : la surface de la muqueuse intestinale est tapissée, mise au repos et protégée des substances toxiques ou irritantes. Cette argile possède également un grand pouvoir d'absorption des liquides (jusqu'à 3 fois son volume), ce qui diminue la quantité de fluides dans la lumière intestinale. Capte les gaz issus des fermentations et adsorbe les toxines bactériennes.
- CanicurPro® : Protège l'intestin des toxines.
- Diarsanyl® : Aliment complémentaire de soutien pour chiens et chats en cas de diarrhée. Agit en formant un film protecteur au niveau intestinal

i. Contenant des Kaolinites

- Kaopectate® : Traitement adjuvant des diarrhées, quelle que soit leur origine (deux fois par jour pendant 3 à 5 jours). Espèces cibles : Equins, bovins, ovins, porcs, chiens et chats. Contre-indications : non connues. Pharmacologie : le kaolin adsorbe les toxines d'origine bactérienne et les acides organiques résultant d'une maldigestion. Il prévient ainsi le flux d'eau et d'électrolytes dans la lumière intestinale. La pectine protège la muqueuse intestinale et ralentit le transit digestif.

V. USAGE DES SILICATES D'ALUMINE EN MÉDECINE HUMAINE

1. Historique

a. Préhistoire

Il se pourrait que l'homme consomme des argiles depuis toujours : l'usure des prémolaires de la première dentition d'*Homo erectus* et *Homo neanderthalensis* est en tout point superposable à celle des enfants géophages actuels ^[83]. La découverte sur les sites habités de dépôts d'argiles en poudre en tous points semblables à celles recherchées par les peuples traditionnels actuels incite à le penser également. Mais en ce qui concerne leur usage médical, il ne peut, bien sûr, y avoir de preuves en des temps aussi reculés.

En revanche, dès que l'écriture existe les témoignages affluent, que ce soit en Egypte, à Sumer, en Chine ^[84], ou chez les grecs et les romains.

Antiquité

Au VIII^{ème} siècle avant J-Christ, les silicates d'alumine figurent en bonne place dans la pharmacopée du Proche Orient, et le paysan mésopotamien les utilise couramment. En Egypte, le papyrus Ebers (1.600 avant J.C., copie d'un document de 2.500 avant J.C.) décrit des traitements utilisant les argiles, en particulier pour soigner l'acidité gastrique.

Les argiles thérapeutiques sont présentes dans la mythologie gréco-romaine : chassé de l'Olympe par Zeus, Héphestos (Vulcain) tomba sur l'île de Lemnos (voir plus loin) et se fractura un membre qu'il guérit avec des argiles.

Chez les Grecs antiques, Aristote (384-322 avant J.C.) rend compte de l'utilisation des argiles médicinales. Dioscoride, médecin, pharmacologue et botaniste de renom, expose les thérapies minérales dans son ouvrage « *De Materia Medica* » (60 après J.C.)^[85], un ouvrage qui fera référence jusqu'au XVI^{ème} siècle. Il différencie les argiles selon leur provenance et précise leurs indications spécifiques : il recommande

- l'argile de Lemnos (probablement une kaolinite ou un mélange illite/smectite) comme antidote contre les morsures d'animaux venimeux et piqûres ;
- la Cimoléenne (probablement une smectite calcique) associée au vinaigre pour résoudre les gonflements et stopper les écoulements purulents ;
- l'argile de Morochtos (composition non connue) pour vider les ulcères et arrêter les saignements

Il est intéressant de signaler que l'adjonction de vinaigre à une argile a pour effet de produire de l'acétate d'alumine, substance bien connue des pharmaciens, contribuant au traitement des inflammations. Elle permet aussi de dissoudre le calcium naturellement associé aux argiles, et par là

d'augmenter la concentration du produit en particules argileuses vraies et son efficacité.

Chez les Romains, Pline l'Ancien (23–79 après J.C.) porte ce médicament en haute estime, affirmant qu'il est le deuxième élément le plus important de la pharmacopée, après le cinabre (sulfure de mercure). Il décrit l'ingestion de boues argileuses d'origine volcanique pour traiter les maux d'estomac et d'intestins ^[86]. Il évoque également leur bonne renommée en usage externe dans les cas de douleurs aux yeux et larmolements, ainsi que pour enrayer les hémorragies (en mélange avec du vinaigre), guérir les morsures de serpents, soigner les reins et la rate, et normaliser les menstruations trop abondantes. Pline détaille ainsi les usages :

- de Samos on obtient deux argiles thérapeutiques, dont l'une soigne en externe le larmolement et les ulcères ophtalmiques, et en interne les maux d'estomac, les sensations vertigineuses et l'instabilité mentale. Toutes deux sont efficaces contre les vomissements de sang et servent, en externe, à fabriquer des onguents pour les yeux ;
- de Chios une argile qui « embellit la peau », utilisée comme cosmétique par les femmes ;
- d'Erétrie, sur la côte occidentale de l'île d'Ebée, une argile efficace pour la cicatrisation des plaies, le traitement des céphalées, et la détection des suppurations internes ;
- de Cimolée : une argile qui, associée au vinaigre, résout tous les gonflements, arrête les suppurations, réduit les tumeurs de l'aîne et celles de la parotide ainsi que le gonflement de la rate, et enlève les boutons. En dispersion dans le bain, elle prévient la transpiration excessive. Associée au cuivre et au fer elle permet de nettoyer les blessures et les fistules, et d'enlever les callosités.
- de Lemnos : cette argile annihile les poisons, non seulement avant leur absorption mais même après celle-ci (en usage interne), et guérit les blessures anciennes se cicatrisant difficilement, les morsures de vipères et de bêtes sauvages et les piqûres (par voie externe).

Traductions de Dioscoride et de Pline et estimations minéralogiques effectuées par Robert H.S. Robertson ^[8].

Très impressionné par les écrits de Dioscoride, Galien (131-201 après J.C.) effectue deux voyages en bateau jusqu'à Lemnos (relatés dans son ouvrage *Vertus des Simples*), une île grecque du Nord-Est de la mer Egée, dont les argiles étaient réputées dans tout le monde antique sous le nom de *terra sigillata*, « terre sigillée », « terre marquée d'un sceau », car elle était estampillée par un sceau représentant la déesse Diane. C'était une célébrisime panacée, dont la production annuelle était réservée en priorité aux monarques et notables. Il en acheta vingt mille médaillons (galettes circulaires épaisses, d'un « pouce » de diamètre) à fin d'expérimentation, et les utilisa avec succès pour soigner les affections stomacales et intestinales, mais aussi contre les fièvres de la malaria.

Marco Polo, bien plus tard, sera témoin de cet usage antipaludéen chez les pèlerins musulmans de Nishapur, au Nord-Est du Khorasan, en Iran ^[87].

Selon les indications qui lui en avaient été données par les îliens, Galien les mélangea avec du genévrier (vomitif) pour décontaminer un patient intoxiqué par des cantharides et du lièvre de mer (*Aplysia depilans*, mollusque) et commenta ainsi les résultats : « le patient ne présenta aucun des symptômes consécutifs à cette consommation, bien que l'absorption de substances mortifères n'ait fait aucun doute ». Galien témoigna également de leur efficacité, mélangées à du vinaigre fort, pour traiter par voie externe les morsures (en particulier les morsures de chiens) et piqûres d'animaux venimeux, les ulcères malins et les plaies torpides ^[88]. La renommée de la terre sigillée persistera en Europe jusqu'au 19^{ème} siècle.

✂✂✂📖 Moyen Age

Avicenne (980–1037 après J.C.) décrit douze types d'argiles dans son livre *Qânün* (Le Canon) et Averroès (1126–1198 après J.C.) classe également les différentes argiles d'intérêt thérapeutique. Tous deux en recommandent l'utilisation. Au XII^{ème} siècle, en Europe, apparaissent les Lapidaires, des ouvrages spécialisés dans le traitement par les minéraux, et l'un des plus fameux, le Lapidaire du roi Alphonse Le Sage (1221–1284 AD) reprend sur ce sujet des sources chaldéennes, elles-mêmes issues de documents plus anciens dont la source n'est pas connue.

En 1348, lors d'une épidémie de peste pulmonaire, dont la contamination était infiniment plus rapide que celle de la forme bubonique - il suffisait d'écouter le malade parler pour être contaminé - Philippe de Valois demanda à la faculté de médecine de Paris de rédiger un traité de prophylaxie : le bol arménien (argile ferrugineuse) et la terre sigillée y figuraient en bonne place.

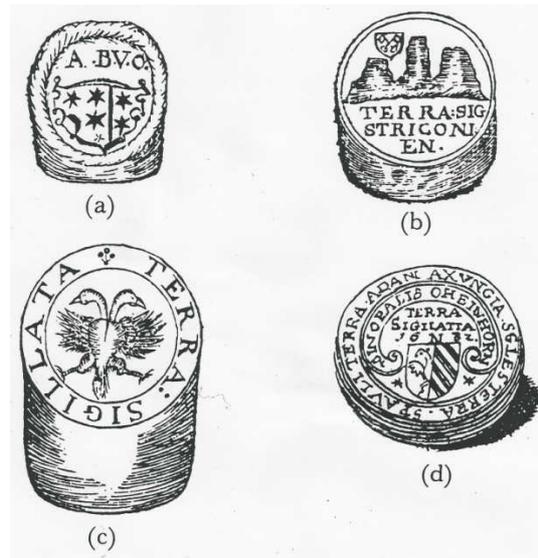
A la fin du Moyen Age apparaît une nouvelle forme galénique : la Pierre, constituée exclusivement de substances minérales. La Pierre de Salut, dont on disait à l'époque « sans Pierre de Salut point de salut », contenait 12,5% d'argiles. La Pierre Médicamenteuse, qui guérissait les ulcères et fistules rebelles, en contenait quant à elle 41,38%.

✂✂✂📖 Renaissance

Les médecins d'autrefois étaient aussi demandeurs de preuves expérimentales que ceux d'aujourd'hui : en 1581 en Allemagne, à Langenburg, région de Hohenloe, un voleur multirécidiviste condamné à la pendaison, Wendel Thumblardt, se propose comme cobaye pour tester in vivo les qualités antipoison des argiles. Les médecins lui administrent, devant huissier, une drachme (environ 4,3 grammes) et demi de mercure (chlorure de mercure) - soit plus de onze fois la dose mortelle - puis une drachme de *Terra Sigillata* dans du vin vieux. Le pauvre homme en fut « fort vexé et tourmenté », mais rendu à ses amis en bonne santé^[89]...

En 1598, Pierre-Richer de Belleval, doyen de la faculté de médecine de Montpellier - l'université la plus réputée d'Europe à l'époque - et l'un des plus célèbres botanistes de son temps, écrit au roi de France Henri IV pour le prier d'envisager la mise en exploitation de carrières d'argiles dans la région de Blois : « *Advis utile et profitable d'une terre qui se trouve au terroir de Blois, semblable en vertu à la terre de Lemnos. Elle a la propriété de la lemnienne tât es dissenteries et autres flux de ventre, crachements de sang, vomissements, catharres, poisons, piqueures de serpens, ulcères envieillis comme en autres maladies* »^[90]. Sa quête fut certainement agréée car il y eut désormais en pharmacie le « bol de Blois » (bol = bouchée). A cette époque, les monarques ingéraient des argiles chaque jour, afin de se prémunir contre d'éventuelles tentatives d'empoisonnement.

La Renaissance voit aussi apparaître les Pharmacopées, qui classent les minéraux utilisés pour les soins, et réglementent leur mode d'obtention et leur usage. On procède aux premières réelles classifications minéralogiques.



Seventeenth century sealed earths.
 (a) Probably Terra Sigillata Silesiaca from Prussian Silesia between 1587 and 1655 (Reproduced from *Museum Wormianum*, 1655). (b) Terra Sigillata Silesiaca from Striegau, Prussian Silesia before 1655 (Reproduced from *Museum Wormianum*, 1655). (c) Terra Sigillata Silesiaca from Germany before 1655 (Reproduced from *Museum Wormianum* 1655). (d) St Paul's Earth or Axungia Solis from Prussia Silesia, 1632 (Reproduced from M. B. Valentin, *Museum Museorum*, 1704).

Figure 12. Médaillons de terra sigillata du XVIIème siècle^[8]

✦❖📖 Époque moderne

Un dictionnaire botanique et pharmaceutique français de 1716 témoigne des usages habituels des silicates d'alumine à cette époque : il y est écrit « leur principal usage est dans la fièvre maligne, la peste, la diarrhée, la dysenterie, les morsures de bêtes venimeuses, les hémorragies, les gonorrhées (N.B. : à mettre en parallèle avec l'usage actuel d'argiles contenant des traces de mercure en Afrique sub-saharienne), les fleurs blanches (pertes vaginales) et le vomissement. On s'en sert aussi extérieurement pour arrêter le sang, pour dessécher les plaies, pour modifier (nettoyer, déterger) les plaies empoisonnées et les piqûres de bêtes venimeuses, pour purifier et consolider les ulcères chancreux et malins (...) l'expérience a fait voir que donnée toute crue comme elle sort de la mine, elle guérissait l'épilepsie et les philtres». ^[91]

Aussi surprenante que paraisse cette assertion concernant l'épilepsie, il semble qu'elle puisse parfois se vérifier : j'ai pu en être témoin à plusieurs reprises.

❖📖 Époque contemporaine

En 1818, le bol d'Arménie et la terre sigillée sont toujours inscrits au Codex. Outre leur utilisation dans les affections digestives, les argiles sont encore conseillées dans les affections cutanées et ophtalmiques.

Dans les années 1900, les petits français, au sortir de l'école, détachaient des carrières à ciel ouvert des parcelles d'argile rouge qu'ils suçaient avec délice, comme ceux d'aujourd'hui le chocolat, et que l'on appelait... la terre « sigillée », à cause de son aspect lisse comme celui d'un liquide gelé ! ^[92]

Il semblerait que, pendant la première guerre mondiale, les silicates d'alumine aient été ajoutés à la moutarde de la ration militaire russe, ce qui permit à ces régiments de se prémunir contre la redoutable dysenterie.

De nos jours, le Dorosz ^[93], guide pratique des médicaments très apprécié de nos internes en médecine, préconise encore l'administration d'argiles montmorillonites calciques (fuller's earth) – ou, à défaut, d'Actapulгите ou de Bedelix - dans le traitement de l'intoxication au paraquat, un herbicide extrêmement corrosif que les désespérés ingèrent pour se suicider.

2. Actuellement en officine

Le sujet de cette thèse n'est pas principalement d'évaluer la rigueur des protocoles et les preuves de l'efficacité des silicates d'alumine actuellement distribués en officine, relayant certains usages des anciens. Cette thèse a pour ambition de proposer une extension des applications des silicates d'alumine, en revisitant les indications traditionnelles et coutumières.

La gastro-entérologie est actuellement le seul domaine de prescription des spécialités destinées à la voie interne. Selon la Haute Autorité de Santé (H.A.S.), dont les commissions de la transparence ont étudié avec rigueur les études cliniques publiées dans les revues de niveau 1, le service rendu par ces spécialités est insuffisant dans leurs indications. Nous avons compilé ces rapports, et les tenons à disposition.

Nous vous proposerons, dans la suite de ce travail, une hypothèse qui permettra peut-être de comprendre pourquoi ces produits, validés par des milliers d'année d'usage coutumier, semblent inefficaces dans leur usage actuel.

α. Spécialités en France

Les silicates d'alumine sont le principe actif de nombreuses spécialités dans le domaine des gastrites, gastro-entérites, et symptomatologies douloureuses et/ou infectieuses du tractus digestif.

Par ordre alphabétique :

- Actapulгите®
argile attapulгите activée

AMM 1962, révisée 2001

Indication :

- traitement symptomatique des manifestations fonctionnelles intestinales, en particulier lorsqu'elles sont accompagnées de météorisme et de diarrhée.

- **Bédélix®**

argile smectite bedeillitique

AMM 1979, révisée 2011

Indication :

- traitement symptomatique du syndrome du colon irritable.

- **Gastropulgite®**

argile attapulgite

AMM 1967, révisée 1996

Indications :

- traitement symptomatique des manifestations digestives fonctionnelles.
- traitement symptomatique de la maladie gastro-œsophagienne.

- **Gélox®**

argile smectite

AMM 1981, révisée 2011

Indication :

- traitement symptomatique des manifestations douloureuses au cours des affections œsophageo-gastro-duodénales.

- **Kaologeais®**

argile kaolinite

AMM 1977, révisée 2008

Indication :

- traitement symptomatique des troubles fonctionnels digestifs s'accompagnant de manifestations d'anxiété (kaolin associé au méprobamate).

- **Karayal®**

argile kaolinite

AMM 1979

Indication :

- traitement des manifestations fonctionnelles des colopathies non organiques.

- **Smecta®**

argile smectite

AMM 1975, révisée 2003

Indications :

- traitement de la diarrhée aiguë et chronique chez l'adulte et chez l'enfant (ne dispensant pas de la réhydratation si elle s'avère nécessaire).
- traitement symptomatique des douleurs liées aux affections oeso-gastro-duodénales et coliques.

Nous axons principalement notre étude sur les médicaments contenant des argiles Te/Oc/Te « trois

couches », en particulier les smectites (montmorillonites et bedeillites), espèces minérales les plus étudiées dans les protocoles récents : **Bedelix, Gelox et Smecta**.

Selon la Haute Autorité de Santé, le service médical rendu par Smecta dans la diarrhée aiguë est modéré, celui rendu dans le traitement symptomatique des douleurs faible, et celui rendu dans la diarrhée chronique insuffisant. Le service médical rendu par Bedelix et Gélox dans leur indication est également insuffisant.

Nous allons vous proposer une hypothèse sur la raison de ce constat.

1. Modalités d'action

L'action des smectites se manifeste sur plusieurs cibles :

Mucus

Les silicates d'alumine s'étalent sur une surface importante de la muqueuse, et les cristallites ou tactoïdes s'incluent dans le mucus et se lient avec lui. Cette action résulte en une amélioration fonctionnelle très rapide, perceptible en une vingtaine de minutes, et très appréciée par les patients.

L'effet obtenu est :

- augmentation de l'épaisseur du mucus, et inhibition de l'action corrosive de la pepsine ^[94] ;
- augmentation des capacités rhéologiques par polymérisation accrue des glycoprotéines ^[95] ;
- augmentation de son adhésion, de sa viscosité et de son hydrophobie, et réduction de sa dégradation ^[96] ;
- stabilisation de la barrière muqueuse ^[97] ;
- en se liant aux glycoprotéines du mucus et en renforçant celui-ci, les silicates d'alumine protègent les cellules intestinales de l'érosion par les acides biliaires ^[98], et par les radicaux libres ^{[99][100]} ;
- ils empêchent la disjonction entre les cellules induite par les cytokines inflammatoires ^[101] ;
- ils protègent des agressions par l'éthanol et par les anti-inflammatoires non stéroïdiens ^[98], et traitent les gastropathies induites par ces derniers ^[102].

Sucs digestifs

PEPSINE

Une smectite peut inhiber totalement les dommages - rupture du film muqueux, lésions hémorragiques, ulcérations - créés ordinairement par une sécrétion pathologique excessive de pepsine ^[102]. Un gramme de kaolinite, une argile pourtant peu adsorbante, capte 0,20 grammes de pepsine.

ACIDITÉ GASTRIQUE

Toutes les argiles sont avides de protons H⁺, et adsorbent l'acide chlorhydrique in vitro.

TRYPSINE

Une smectite peut se lier directement à la trypsine pancréatique en excès ^[103].

Concernant la protection de la muqueuse stomacale, un essai comparé entre des argiles kaolinites et des argiles smectites serait souhaitable, et montrerait peut-être une efficacité importante, voire supérieure, des premières, qui sont un peu tombées dans l'oubli dans les années 80, lorsqu'ont été lancées les nouvelles spécialités à base de smectites.

Germes

bactéries

- La smectite réduit l'adhésion d'*Helicobacter pylori* (*H.p.*) à la surface épithéliale ^[104] ;
- Elle se montre efficace pour soigner la dyspepsie non ulcéreuse *H.p.* positive ^[105] ;
- Certaines argiles, en dilution à 10mg/10ml, tuent de nombreuses bactéries (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*) y compris des **bactéries résistantes** (*E. coli* productrice de β -lactamase à spectre étendu ESBL, et *S. aureus* méthicilline résistant MRSA), d'autres non ^[106].

Les premiers travaux sur cette bactéricidie évoquent un mécanisme lié au fer ferreux et à la production de radicaux hydroxyles, selon la réaction de Fenton. La **réaction de Fenton** est une réaction d'oxydation avancée aboutissant à la formation du radical hydroxyle OH, qui est le deuxième oxydant le plus puissant présent dans la nature après le fluor.

Or, selon Michel Rautureau, toutes les argiles contiendraient également du fluor, en remplacement d'oxygènes ou d'hydroxyles, pour un pourcentage pouvant s'élever à 5%. En effet, le rayon atomique de l'ion fluor, 36 Angströms, est très voisin de celui de l'oxygène et de l'hydroxyle, 40 Angströms (Linus Pauling, Nature de la liaison chimique, Paris, PUF 1949 page 381).

La réaction de Fenton constitue de nos jours une méthode efficace permettant de lutter contre les micropolluants organiques présents dans les effluents industriels et agricoles et, plus généralement, pour le traitement des eaux usées.

Le lixiviat de ces argiles « tueuses » est aussi efficace que le minéral lui-même contre les bactéries, et garde cette efficacité pendant plusieurs mois. La concentration en fer à l'intérieur des bactéries *E.coli* tuées est multipliée par 8 par rapport aux témoins, la concentration en fer globale de la bactérie étant vingt fois plus élevée. Ces études ont été entreprises en vue d'applications d'argiles par voie externe sur plaie infectée. Naturellement la situation intra-luminale est bien plus complexe.

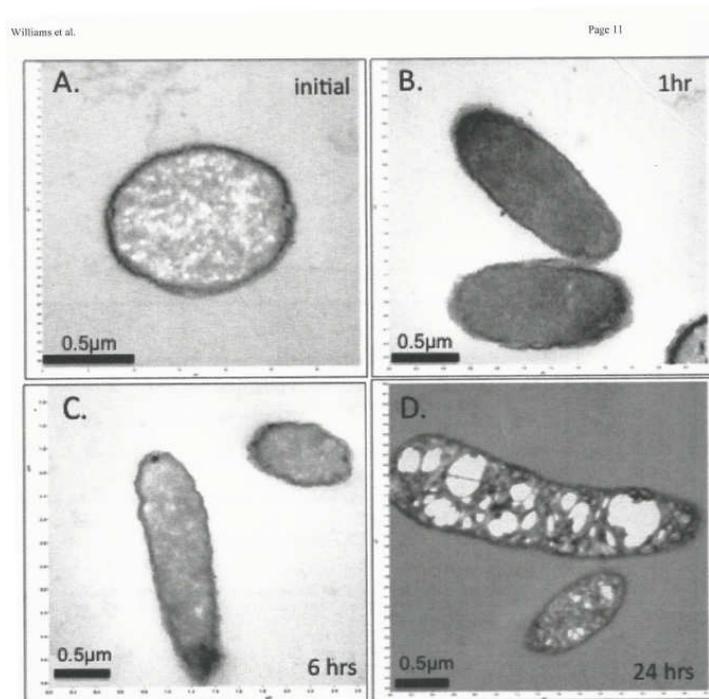


Figure 13 : Stades successifs de la bactéricidie

Image A : en début d'incubation, on peut voir un précipité métallique noir uniforme sur le pourtour de la bactérie E.coli,

Image B : après une heure, le métal migre aux pôles,

Image C : après six heures, le précipité est concentré aux pôles,

Image D : après 24 heures, le métal a pénétré à l'intérieur de la bactérie, des vacuoles apparaissent et la bactérie meurt.

toxines bactériennes

- Les argiles captent facilement les toxines bactériennes, comme cela a été démontré abondamment dans le cas de la toxine cholérique ^[107] ^[108]. C'est avec une simple argile kaolinite, finement divisée, que le professeur Stumpf traita avec succès les malades cholériques lors de la dernière épidémie de choléra en Allemagne en 1906 (voir plus loin)

virus

- Smectites et kaolinites adsorbent aisément et rapidement de nombreux virus ^[109]. Des protocoles en double aveugle avec randomisation sur des adultes ^[110] et des enfants ^[111] ^[112] ont montré le raccourcissement de la durée de la diarrhée, et la diminution de la fréquence des selles.

Gaz intestinaux

- Les smectites se montrent efficaces pour réduire l'hydrogène émis lors de fermentations coliques, et par conséquent la flatulence et les ballonnements intestinaux ^[113].

Toxiques présents dans la lumière intestinale

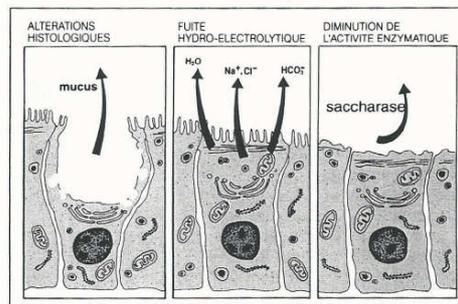
- Les smectites peuvent adsorber dans les intestins un certain nombre de poisons, en particulier le paraquat, un puissant herbicide [114]. Elles adsorbent les toxiques présents dans la lumière colique, mais également – en prise itérative selon la méthode dite de la dialyse intestinale - ceux préalablement absorbés par la muqueuse et engagés dans le cycle entéro-hépatique, les empêchant ainsi de re-circuler. Dans le cas du paraquat, une efficacité a pu être prouvée jusqu'à 10 heures après l'ingestion.

MODELE D'ETUDE

Le modèle de l'anse iléale isolée de lapin est le seul qui permette d'étudier directement l'histologie, les mouvements hydriques et l'activité enzymatique de la muqueuse intestinale.

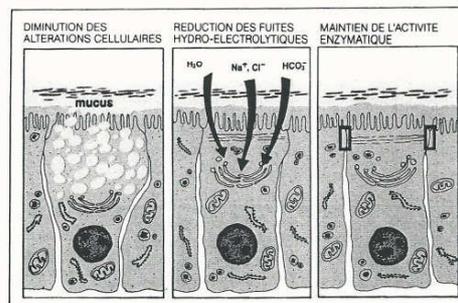
INFECTION PAR UN ESCHERICHIA COLI TOXINOGENE

- 1/3 des cellules caliciformes est dégranulé, la taille du calice des autres cellules est réduite, ce qui traduit une accélération de la dégradation du mucus ;
- On retrouve la classique fuite hydroélectrolytique du plasma vers la lumière. La réabsorption hydrique est d'abord diminuée puis négative.
- Ce sont les enzymes de la bordure en brosse telles que l'invertase qui sont le plus exposées.



ACTION DE LA SMECTITE

- Il existe une différence hautement significative quant au nombre de cellules caliciformes et à leur taille : associée aux germes infectieux, la smectite réduit donc nettement la dégranulation des cellules caliciformes ;
- L'apport de la smectite inverse le flux liquidien et rétablit un bilan positif d'absorption ;
- La smectite augmente le taux des enzymes pariétales et du glycocalyx, ce qui prouve la protection de la membrane apicale.



"Il apparait de façon significative que lorsqu'une anse intestinale est infectée par un colibacille toxigène, la smectite réduit la dégranulation des cellules caliciformes, inverse le flux liquidien et rétablit un bilan positif d'absorption, et protège les enzymes membranaires. Smecta agit en préservant l'intégrité de la muqueuse face à l'agression des germes pathogènes."

Figure 14 : Argiles et bactéries toxigènes^[9]

- Elles s'avèrent efficaces pour piéger certains pesticides [115] et la strychnine [95]. Même lorsque l'on utilise des espèces minérales peu puissantes (argiles à deux couches, ou Te/Oc), on peut avoir d'excellents résultats : Ainsi 480 mg de strychnine, le poison de la fameuse « mort aux rats », sont-ils déjà piégés par un seul gramme de kaolinite.

- Couramment utilisées chez les animaux d'élevage pour adsorber les aflatoxines cancérigènes produites par une mycobactérie parasitant fréquemment les arachides^[116], elles sont envisagées en additif pour les arachides destinées à l'alimentation humaine^[117].

3. Discussion

Compte-tenu des indications habituelles et des modes de prescription, je ferai porter la discussion sur le traitement des gastroentérites et du choléra. Ce sera aussi l'occasion de faire état de mes expériences et propositions.

α. Gastroentérites infectieuses

Les études cliniques publiées concernent pour leur majeure partie le traitement des diarrhées aiguës chez l'enfant par les smectites, en complément de la réhydratation orale.

Une étude de synthèse de 2009^[118], qui reprend extensivement, sans la mentionner semble-t-il, une méta-analyse de 2005^[119], établit sur six essais randomisés en double aveugle une réduction moyenne de la diarrhée de 22.7 heures, pour des posologies de smectite à vrai dire assez disparates d'une étude à l'autre. La dose habituellement recommandée par le laboratoire est de trois grammes par jour en dessous d'un an, et de six grammes par jour pour les enfants plus âgés, la dose pouvant être doublée en début de cure. Or elle est triplée dans une de ces études.

Sur le sujet des diarrhées aiguës chez l'adulte, une étude prospective randomisée est à signaler, celle de Cheung et Hueng^[120], parce que c'est une des rares études non sponsorisées par les laboratoires distributeurs de smectite, et qu'elle conclue à... une inefficacité totale du produit. Je pense que la raison n'en est pas l'inadéquation du minéral dans cette indication, mais sa posologie habituelle (un sachet de 3 grammes 3 fois par jour), qui - de mon avis mais également de celui du laboratoire distributeur - est bien trop faible.

Là où 9 grammes sont prescrits habituellement (3 grammes trois fois par jour), il serait pertinent d'en administrer le double au minimum. Dans une étude organisée par le laboratoire concerné (Ipsen Pharma, Boulogne-Billancourt) concernant les diarrhées associées à l'infection à VIH, le distributeur du Smecta **multiplia la posologie usuelle par un facteur 4**, et administra 12 grammes trois fois par jour^[121]. Le même laboratoire avait publié auparavant dans cette indication avec la dose usuelle de 3 grammes 3 fois par jour^[122].

En 2011, dans une étude sur la diarrhée aiguë chez l'adulte^[110] organisée par Ipsen et portant sur 346 adultes hommes et femmes non gravides en traitement ambulatoire dans le cadre de dispensaires, la posologie est de deux sachets de 3 grammes trois fois par jour, soit 18 grammes par jour (dose doublée), pendant les cinq premiers jours.

Lorsque nous avons travaillé dans les pays à faible PNB, en l'occurrence au Mali, la première demande des familles concernait les gastro-entérites de leurs enfants. La directrice de la consultation de nourrissons de la maternité de Mopti nous confirma qu'en saison chaude, la réhydratation orale - et même la réhydratation sous-cutanée abdominale - étaient parfois prises de

vitesse par la déshydratation, de sorte que les enfants mouraient.

Dans ce contexte, nous avons proposé – **en sus de la réhydratation par les SRO (Sels de Réhydratation Orale)** - un protocole utilisant une mesure anthropomorphique sur la main du patient (voir schéma ci-dessous) équivalant à 300 mg/kilo de poudre d'argiles à dominante Te/Oc/Te, mise en suspension dans un verre d'eau. Lorsqu'un enfant malade était présenté à l'infirmier, celui-ci mesurait la dose à prescrire sur la main du petit patient lui-même, puis préparait immédiatement le produit, que l'enfant ingérait 10 minutes plus tard au sein de la consultation. Puis il donnait à la maman deux doses supplémentaires, à faire prendre à l'enfant en milieu, puis en fin de journée. La maman devait amener l'enfant à la consultation le lendemain, pour contrôle.

Dans 85% des cas, la diarrhée était arrêtée dès le premier jour. Néanmoins, le soignant donnait le lendemain à la maman six doses supplémentaires, lui recommandant de soigner l'enfant pendant deux jours encore, afin d'assurer une totale guérison intestinale. En effet, en Afrique, les patients sont rarement amenés en consultation dès le début de la maladie : on ne fait la démarche (et la dépense) qu'après plusieurs jours, lorsque les médicaments autochtones ont échoué.

DIARRHÉES

Traitement par l'ARGILE

1^o Préparer un verre d'eau
2^o mesurer la quantité d'argile nécessaire au malade pour 1 prise :
la mesure
adéquate pour chacun étant sa propre main, faire plier la main du malade comme indiqué ci-dessous, les doigts bien joints, et lui faire plonger dans l'argile en poudre comme il ferait d'une pelle :
La quantité d'argile que ramène la main, comprise entre le bout des doigts et leur naissance, est à faire tomber en pluie dans le verre d'eau où on la laisse reposer 10 minutes.
3^o Remuer le mélange argile - eau qu'on fait boire au malade.

Recommencer cette opération chaque fois qu'une nouvelle poussée de diarrhée se manifeste, jusqu'à cessation totale de celle-ci.



Traitement des gastro-entérites et de la turista en situation d'urgence.

Figure 15 : Traitement de la gastro-entérite infectieuse (G.E.I.)

Selon le témoignage de la directrice, le résultat de ce nouveau protocole fut excellent. Elle ne perdit plus un seul enfant, les décès furent arrêtés. Par la suite, les infirmiers élargirent le traitement aux gastro-entérites invasives des adultes, car ils ne disposaient que rarement d'antibiotiques en suffisance, à 650 km de la capitale : l'approvisionnement en était bien trop aléatoire. Le protocole s'avéra efficace dans cette nouvelle indication, et les infirmiers prirent l'initiative de le diffuser dans les dispensaires de la région.

Dans les années 80, le SIDA se répandit en Europe, et je fus en contact avec des patients en fin de vie souffrant de diarrhées incontrôlables. Les forts dosages expérimentés au Mali contrôlaient sans difficulté le symptôme. Le service des enfants VIH de l'hôpital Necker de Paris s'avéra intéressé, et me proposa de travailler sur les diarrhées cataclysmiques associées à l'infection par les cryptosporidies. Comme il s'agissait de protozoaires, j'adaptais le protocole mis au point pour les amibiases auparavant, et le traitement d'urgence de quelques enfants en danger vital donna des résultats si étonnants qu'un protocole fut rédigé par le service de recherche de l'Assistance Publique (sous la direction d'Eric Postaire) afin d'objectiver les résultats.

β. Choléra

Les résultats obtenus dans le traitement du choléra sont généralement considérés comme représentatifs vis à vis d'autres diarrhées invasives.

- En 1982 et 83, premières études de la toxine cholérique sur le lapin ^[123].
- En 1987, premiers essais, sur le chien, peu concluants car sa réaction à la toxine différait trop de celle de l'homme. Trois jours de **pré-traitement** par des smectites à la dose de 100mg/kg/j ne le protégeaient que partiellement de ses effets ^[108].
- En 1987 également, une étude sur le rat conclut à une inhibition de l'action sécrétoire de la toxine cholérique lorsqu'elle est administrée **en même temps** qu'une smectite ($p < 0,001$), et documente la non-modification de la solution de réhydratation orale administrée concomitamment ^[124].
- En 1989, une étude in vitro chiffre l'inactivation des entérotoxines TL d'origine cholérique et colibacillaire (bien adsorbées par les argiles), de la toxine TS des ECET (peu fixée par les deux argiles), et de la TC de *Vibrio cholerae*, captée par la smectite et la kaolinite, l'affinité de la première étant la plus forte. Après un temps de contact variable de ces toxines avec les silicates d'alumine à des concentrations variables et dans différentes conditions de pH, l'activité des surnageants est évaluée sur des cultures cellulaires, ainsi que par le test du souriceau nouveau-né. La smectite et la kaolinite agissent par un mécanisme de **ségrégation, ou séparation par adsorption** de molécules en solution sur une phase solide en suspension. ^[107].

Epidémie de Choléra de 1905 en Allemagne : l'héritage du Dr Stumpf

Lors de la dernière épidémie de choléra en Europe en 1905, un médecin professeur en faculté de médecine met au point un protocole spécifique utilisant des argiles. Grâce à un confrère pharmacien

Monsieur Stirnweiss, et avec l'aide du professeur U. Göbel, directeur de l'Institut Für Mikrobiologie und Hygiene, la fameuse Université de la Charité de Berlin, équivalent de notre institut Pasteur, je pus obtenir la traduction de son témoignage, issu d'un livre de 1912 ^[125].

« Depuis environ 5 ans, j'utilise, pour le traitement occasionnel de vomissements chez l'enfant et l'adulte, de la poudre fine d'argile *Bolus alba pulv. officinal* (kaolinite). Pour m'assurer de la sécurité absolue de ce produit, je m'en étais convaincu par des mois d'expérimentation sur moi-même à forte dose... Les résultats sont si favorables qu'ils me poussaient depuis longtemps à essayer ce procédé à la prochaine occasion sur le choléra asiatique. »

« Avec la bienveillance amicale du ministère de la Culture de Berlin et du Gouvernement Royal de Prusse à Bromberg, il m'était possible, le 4 et le 5 septembre, dans la petite ville de Nakel, non loin de Bromberg, de traiter le choléra asiatique, bactériologiquement défini, par le même procédé, et d'observer le déroulement du traitement... Quand il y a une diarrhée sévère avec des vomissements, et aussi dans le cadre du choléra asiatique, nous mettons dans l'estomac vide du malade – la vacuité du tractus intestinal est la condition, et de toutes façons symptôme de la maladie - de grandes quantités de poudre d'argile, 70 à 100 grammes pour les adultes, 30 grammes pour les enfants, 10 à 15 grammes pour les nourrissons. Nous assistons aux résultats suivants :»

« La nausée cesse tout de suite, au plus le patient vomit encore une fois après la première ingestion du médicament : aussitôt apparaît, pour le grand soulagement du malade, l'éructation de flatulences sans vomissement ; s'il y a de la fièvre, on peut observer après déjà une demi-heure et même plus tôt une tombée complète de la fièvre, avec une forte apparition de sueurs, comme dans la crise de pneumonie. Un symptôme particulièrement important survient avant la rémission complète : le besoin de dormir profondément. Il est souvent nécessaire de réveiller le patient à plusieurs reprises, jusqu'à ce que la totalité de la dose soit prise... »

Les 100 grammes de poudre administrés étaient mélangés à 250ml d'eau, de préférence bien froide (le patient préférait cela), et **le tout devait être avalé en 20 à 30 minutes au maximum**, les enfants prenant le médicament par sonde gastrique si nécessaire, les nourrissons par biberon (dose enfants 60 grammes dans 125 ml d'eau, dose nourrissons 50 à 70 grammes dans 100 ml d'eau). La prise pouvait être renouvelée au bout de trois heures. Une règle était essentielle après l'ingestion : l'abstention de nourriture et d'alcool pendant 18 à 24 heures.

La rationnelle de ce traitement était d'inonder les germes avec du matériel inorganique, les empêchant ainsi de produire la toxine. Il visait également à diminuer la quantité d'eau disponible pour les bactéries, entravant ainsi leur croissance. Il était essentiel d'utiliser une argile finement divisée, dont les particules étaient de taille semblable à celle des bactéries elles-mêmes.

Action de terrain au Rwanda

En 1994, lorsque diffusent les informations sur l'hécatombe due à cette maladie au Rwanda, je fournis les études précitées à mes confrères les Drs Duraffourd et Lapraz de la SFEM (Société Française d'Endobiogénie et de Médecine), qui désirent monter une mission sur le terrain. Ministre de la Santé à cette époque, monsieur Douste-Blazy donne son accord, puis se rétracte, prétextant que la France « ne pouvait donner l'image d'un pays offrant de la terre au Rwanda ».

Après avoir fait expédier 200 kilos d'argile illite, offerts par un fournisseur français, à Cyangugu, sur la frontière du Rwanda avec le Zaïre, je m'associe à des médecins de la Loire et à des volontaires du D.I.C.A.F (Détachement d'Intervention contre les Catastrophes et de Formation), des

paramilitaires rompus aux techniques d'urgence qui avaient - bien heureusement - emmené quelques armes. J'embarquais dans un avion Hercules de l'armée française, sanglée aux parois nues par des courroies. C'était ma première mission dans un pays en guerre (et bien heureusement la seule à ce jour), et la situation sur place était si tendue que nous allions être rapatriés avant l'heure, heureux d'être restés vivants.

Responsable de la tente de pédiatrie, j'eus une expérience similaire à celle des médecins de la S.F.E.M : le chef de l'équipe médicale refusa d'adjoindre les silicates d'alumine au traitement habituel, en dépit des études que je lui montrais, et surtout des bons résultats chez les enfants qui marchaient sur les routes devant notre dispensaire, lors de la débâcle. La puissante adsorption de la toxine cholérique par les silicates d'alumine me donna néanmoins un avantage considérable sur mes collègues, car elle permettait de boire sans danger l'eau contaminée par la bactérie.

Dès notre arrivée sur le lieu d'intervention, les canalisations d'eau avaient été coupées par attentat, et mes confrères s'inquiétaient fort en comptant et recomptant notre maigre stock de bouteilles. Alors que personnellement j'étais tout à fait tranquille : je pouvais décontaminer l'eau du lac Kivu en toute sécurité, malgré les cadavres des réfugiés morts du choléra. A vrai dire, je n'avais accepté cette mission que parce que le lieu d'affectation était proche de ressources en eau, en l'occurrence un lac entier !...

Après notre départ, l'un des médecins rwandais avec qui j'avais collaboré utilisa l'argile stockée sur place, et comme il devint plus tard Directeur Régional de la Santé, j'aime penser que le protocole et les études scientifiques ont été transmis et diffusés. Juste de l'autre côté de la frontière, à Pugu en Tanzanie, un confrère minéralogiste avait repéré une des meilleures argiles au monde pour lutter contre le choléra, mais il ne put obtenir à temps le feu vert des autorités permettant de l'amener par train direct jusqu'aux zones proches touchées par l'épidémie, où les patients mouraient par centaines...

Action de terrain à Madagascar

En 1999, épidémie de choléra à Madagascar : première invasion de la bactérie dans ce pays. Cette année-là, 15.000 cas furent recensés officiellement, dont près de 1.200 mortels.

Mes confrères de la S.F.E.M rencontrent le président de la République Son Excellence Didier Ratsiraka, et organisent avec son accord sur l'île de Nosy-Be, où la maladie a commencé, le traitement d'une centaine de malades par un protocole réhydratation + argile, à raison de 90 grammes par jour dans un litre d'eau.

Après six semaines de suivi, le docteur Roland Robinson, responsable du projet dans le cadre du Service pour les Grandes Endémies, fait état de la diminution de durée des vomissements et de la diarrhée, ainsi que de la baisse de létalité (rapport pour le Ministère de la Santé, décembre 99).

Dès janvier 2000, le Ministère de la Santé malgache décide de généraliser ce traitement dans les principaux centres de soins du pays, ainsi que dans le centre de référence, le CHU de Befetana.

- De janvier à mars, dans cet hôpital, 85 patients seront répartis en deux lots (protocole classique versus protocole classique+argile), et selon trois niveaux de gravité (A = cas

légers, B = cas intermédiaires, C = cas les plus graves).

- Dans le groupe complétement avec les argiles, 65 % des vomissements disparaissent en six heures, les diarrhées sont résolues deux fois plus vite, la durée d'hospitalisation est moindre, et aucun patient ne décède (résultats en Annexe) ^[126].

Par ailleurs, les biologistes malgaches purent constater dans les selles des patients du groupe traité une perte rapide et complète de mouvement des vibrions, alors que ceux-ci demeuraient très actifs dans les selles des patients du groupe témoin (communication personnelle du Dr J. C. Charrié).

Cette argile était à dominante illite (Te/Oc/Te). Elle est distribuée dans les magasins diététiques et pharmacies en France, et consommée en auto-prescription par de nombreux patients. Par ailleurs elle est autorisée en tant que complément alimentaire depuis 1996 (courrier de la DGCCRF référencé H2/L_CSHAV3.DOC.)

L'illite est une espèce minérale que l'on peut qualifier d'intermédiaire entre les smectites et les kaolinites. Des analyses effectuées par l'Institut de Recherche Microbiologique de Mitry Mory, dans le 77, ont évalué son interaction avec des bactéries :

- en pâte compacte avec de l'eau, elle est dépourvue d'effet bactéricide sur des souches microbiennes de *Pseudomonas aeruginosa* CIP A 22 et d'*Enterococcus hirae* CIP 5855, après 24 h de contact à 20° ;
- en suspension à raison de 25 grammes de poudre dans 500 ml d'eau (5% en p/v), et mélangée avec une suspension bactérienne titrant 10 puissance 8 bactéries par ml, elle permet une réduction de la flore bactérienne notable : après sédimentation de l'argile il est constaté dans le surnageant une réduction de 92,6 % pour *Escherichia coli*, de 95,5 % pour *Pseudomonas aeruginosa*, de 99,7 % pour *Staphylococcus aureus*, et de 87,3 % pour *Enterococcus hirae* (P.V.N°219/0391 du 25 mars 1991). Document en Annexe.
- d'importantes réductions sont constatées sur les colonies de bactéries *Listeria monocytogenes* et *Yersinia enterocolitica*, les levures *Candida albicans*, ainsi que sur les moisissures *Aspergillus niger* et *Penicillium verrucosum* (P.V.N°350/0192 chapitre A)

Cette argile, dont l'usage n'a pas encore été relayé par les laboratoires, s'avère très intéressante, au minimum en ce qui concerne l'épuration d'eau. Sur le terrain, c'est l'unique méthode que j'aie utilisé pour nettoyer les eaux locales lors des missions : en effet mon optique est toujours de loger, manger et boire avec l'habitant, afin d'être en immersion dans le milieu. Cela permet de mieux connaître la vision particulière de la santé et de la maladie de la population que nous tentons d'aider, et de découvrir quels sont les problèmes sanitaires les plus importants à leurs yeux.

Mon collaborateur hydrologue, Antoine Montiel, qui travaillait pour la SAGEP (Société Anonyme de Gestion des Eaux de Paris), certifie qu'il suffit de parsemer cette poudre à la surface d'un verre contenant une eau contaminée par des germes fécaux pour qu'en tombant au fond elle ait adsorbé déjà la plupart des contaminants.

Pendant les épidémies à Mopti au Mali, nos correspondants recommandaient aux personnes en bonne santé de prendre deux fois par jour une cuillère à café d'argile dans un verre d'eau, afin de se prémunir de la contamination. Aucun malade ne fut à déplorer parmi les personnes ayant suivi ce conseil (témoignage personnel de Sœur Marie-Etienne, infirmière responsable de la consultation de nourrissons de la maternité).

Les essais *in vitro* concernant spécifiquement l'interaction de cette argile avec le vibron cholérique ont montré qu'il n'y avait **pas d'adsorption de la toxine**. En revanche, on assistait à un effet bactériostatique important : ordinairement la concentration du vibron double toutes les 30 à 60 minutes. Mais dans cet essai, aucune augmentation de la flore ne fut constatée pendant les huit heures que dura l'expérience.

4. En conclusion

Pour conclure ce chapitre, je vous donnerai ma proposition de réponse concernant la raison de l'inefficacité ou insuffisance de résultats constatée par la HAS (Haute Autorité de Santé) : il s'agit pour la plus grande partie d'une **insuffisance de dosage**.

C'est un problème extrêmement ancien ! En effet, lorsque la *terra sigillata* bénéficiait d'une réputation considérable, de l'antiquité au dix-huitième siècle, elle était devenue si chère à l'achat que seuls les rois et les notables y avaient accès : les ambassadeurs en apportaient volontiers en tant que présent de prix. Comme il s'agissait d'un médicament rare et précieux, et qu'en outre il venait de pays lointains, il est probable que les illustres patients avaient tendance à n'en prendre que des doses infimes. De sorte qu'à force de diminuer les prises, on en est venu à des posologies insuffisantes... suivies probablement d'un discrédit pour résultats insuffisants.

Au XXe siècle, l'erreur a été reproduite, non pas à cause de la cherté du produit, mais parce que les doses couramment utilisées étaient désormais minimales. Peut-être aussi a-t-on voulu standardiser des quantités du même ordre de grandeur que celles pratiquées avec les médicaments de synthèse.

En ce qui me concerne, les posologies que j'utilise sont bien supérieures, car je me suis toujours basée sur les consommations spontanées des humains et des animaux. Pour le traitement de la gastro-entérite, le protocole préconisé se base sur un dosage anthropométrique sur la main du patient équivalent à 300 mg/kg de poids du patient – rappelez-vous que, dans les conditions où je travaille, aucun matériel de mesure n'est généralement accessible -, ce qui, pour un homme adulte, correspond à 24 grammes en une seule fois, à ne renouveler que si la diarrhée reprend. Au regard des doses pratiquées par le docteur Stumpf (100g par prise pour le choléra), cette posologie est tout à fait modeste.

Avec cette posologie - hors choléra, mais diarrhées invasives incluses- les échecs sont exceptionnels, quel que soit le statut immunitaire du patient. Les résultats sont acquis dans la grande majorité des cas dès la première prise, parfois seulement à la deuxième, exceptionnellement en trois ou quatre prises. Tout est réglé en quelques minutes, voire en quelques heures dans les cas les plus graves.

Nous avons pleinement conscience que les autorités sanitaires ont eu énormément de difficulté à imposer dans le monde entier l'indispensable réhydratation, aux dépens des traitements médicamenteux préconisés au préalable, et nous admirons cette politique qui a sauvé des milliers d'enfants. Mais nous pensons qu'il peut être envisageable aujourd'hui de faire un pas supplémentaire, et d'étudier plus amplement une action complémentaire qui permet... **d'arrêter la déshydratation**, en stoppant rapidement la diarrhée.

D'autant qu'il ne s'agit pas là d'un effet « cosmétique », par masquage des symptômes ou

ralentissement du transit – avec leur corolaire dangereux : la prolongation du portage des germes - mais bien au contraire d'une réelle désinflammation de la muqueuse, accompagnée d'une inhibition de ces mêmes germes, avec souvent une capture de leurs toxines.

Mettez-vous un instant à la place du parent qui doit se mobiliser toute la journée, et le plus souvent pendant plusieurs journées d'affilée, afin de faire boire à tout instant à son enfant une solution de réhydratation orale... pas vraiment gastronomique. A sa place, ne préféreriez-vous pas assister à l'arrêt de la diarrhée ? C'est le choix que font immédiatement les populations qui ont vu agir le traitement, d'autant qu'il soulage en une vingtaine de minutes les douleurs éprouvées par le petit patient. C'est le choix que font nombre de nos pédiatres.

C'était également l'opinion de madame Georgina Dufoix, lorsqu'elle était Présidente de la Croix Rouge Française, et que nous collaborions avec son directeur de cabinet Michel Maurice en juin 91, et envisagions ensemble la distribution de sachets d'argile. Michel Maurice disait : « c'est très dangereux pour madame Dufoix sur le plan politique, mais cela lui correspond si bien sur le plan idéologique - elle aime institutionnaliser ce qui permet aux gens une autonomie – qu'elle appuie ce projet. Gardez ce projet pour nous, n'en parlez plus à personne, et nous nous revoyons en septembre avec un responsable politique et un responsable médical pour en étudier la faisabilité ». Malheureusement le 3 septembre de cette même année, Michel Maurice dût démissionner de son poste (affaire René Trager), et le projet repartit dans les cartons...

Il est temps de l'en ressortir, car chaque pays possède d'excellentes argiles thérapeutiques, en gisements suffisamment abondants pour permettre partout une **autosuffisance sanitaire** sur ce plan.

VI. USAGE PHARMACOLOGIQUE : RISQUES POTENTIELS, PRECAUTIONS D'EMPLOI ET CONTRE INDICATIONS

Bien sûr l'idée d'ingérer cette « membrane échangeuse d'ions » chargée d'éléments qu'elle pourra partiellement désorber (relarguer) dans le milieu intérieur, et susceptible de prendre dans la lumière intestinale d'autres éléments, peut susciter de l'appréhension. Et pourtant l'usage se perpétue en médecine coutumière dans de nombreux pays : en France, une association de plusieurs milliers d'usagers préconise les silicates d'alumine depuis plus de soixante ans, sans qu'aucun dommage n'ait été mis en évidence chez ces personnes. **Les éthologues observant les animaux géophages n'ont pas, eux non plus, noté de conséquences délétères** de cette consommation.

Les smectites (bentonites et montmorillonites) sont autorisées en tant qu'additif (E558) jusqu'à 20g/kg, soit 2%, dans l'alimentation animale, par la législation européenne, l'European Food Safety Authority (E.F.S.A) ^[127]. Les produits alimentaires issus de ces élevages et destinés à la consommation humaine ne sont soumis à aucune réglementation particulière.

Avant d'accorder cet agrément, les autorités sanitaires ont examiné les expertises concernant l'ingestion d'argiles par plusieurs espèces animales, le cochon en particulier, car cet animal est très représentatif de la physiologie humaine. Dans le document ci-dessus est citée une étude où 96 cochonnets sevrés ont été répartis en quatre groupes complétés à 0%, 0,2%, 0,5% et 3% de bentonite, en pourcentage de poids de la ration alimentaire, pendant 35 jours (cela correspondrait à 6 mois de vie pour un humain). Après cette période, **globules blancs et rouges, hémoglobine, phosphatases alcalines, protéines et cholestérol se sont avérés normaux.**

En alimentation humaine, une argile de type illite/kaolinite a reçu un avis favorable en tant que complément alimentaire, par la DGCCRF (la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes, bureau hygiène) ^[128].

En pharmacie, les argiles incluses dans les spécialités (kaolinites, attapulgites, smectites bedeuillitique et montmorillonite) ont dû prouver leur non toxicité. A titre d'exemple, outre les indispensables expertises concernant l'aluminium, le laboratoire Ipsen distributeur du Smecta a administré *per os* 200mg/ kg et 2g/kilo de smectite à des rats et des chiens pendant 6 mois : aucun signe fonctionnel ou organique de toxicité n'a pu être mis en évidence.

1. Quels pourraient être les risques éventuels ?

a. Risque pour le foie ?

Désirant expliciter l'étiologie de la maladie de Banti, une cachexie africaine touchant des patients vivant, par ailleurs, dans des sociétés géophages, le professeur Gallot, gastro-entérologue à l'hôpital Rothschild de Paris, a nourri pendant un an (une période de 30 à 40 ans à l'échelle humaine) un groupe de cent rats avec une alimentation composée pour un tiers d'argile – une dose considérable -

dans l'espoir de prouver une toxicité hépatique.

Des examens anatomo-pathologiques réguliers sur animaux sacrifiés et des sondes sur animaux vivants ne mirent en évidence aucune modification ni *à fortiori* aucune lésion du foie. Malheureusement cette étude n'a pas été publiée, car il s'agissait... d'un « échec »...

b. Risque de passage systémique de l'aluminium ?

Une publication récente, concernant le rat ^[30], m'a préoccupée : les animaux ayant consommé volontairement *ad libitum* des argiles kaolinites « deux couches » pour 5% de leur ration alimentaire, pendant une durée de 28 jours – consommation « sur le long terme », puisque cette période correspondrait, pour un humain, à trois ou quatre ans de vie - montraient un taux d'aluminium dans le sang multiplié par 2,15, le foie x 3,6, le cerveau x 6,8, et les os x 2,53, par rapport aux animaux témoins, ce qui pourrait témoigner d'une hydrolyse – minime mais réelle - de ces argiles dans le parcours digestif.

A l'opposé, les rats de l'expérience qui consommaient des argiles smectites « trois couches » ont vu leur taux d'aluminium dans le sang et les os ... **baisser** (divisé par 3,3 et par 2,5 respectivement), par rapport aux animaux du lot témoin qui n'avaient pas consommé d'argiles, la surcharge cérébrale en cet élément étant néanmoins augmentée (x 2,11). Cette baisse dans le sang et les os se référait peut-être aux capacités d'adsorption importantes des argiles Te/Oc/Te, permettant de décontaminer un consommateur préalablement intoxiqué. Déjà, dans l'antiquité, les informateurs de Galien lui avaient précisé que les silicates d'alumine étaient administrés **après l'intoxication**, pas avant.

Un passage systémique de l'aluminium est à explorer avec soin, car ce métal peut avoir une toxicité cérébrale, des doses nanomolaires en aluminium pouvant induire l'expression de gènes pro-inflammatoires et pro-apoptotiques dans les cellules du cerveau chez l'homme ^{[129] [130] [131]}.

J'ai pu entrer en contact avec l'auteur de cette étude, le docteur François Reichardt (27 novembre 2012). Il m'a assurée que l'on ne pouvait tirer aucune conclusion de ces chiffres, car la méthodologie utilisée n'avait pas été rigoureuse. En outre, **la recherche d'un passage systémique de l'aluminium n'était ni le but premier ni le but second de l'étude**, il ne s'agissait que de résultats annexes peu significatifs sur le plan statistique, mais qu'il considérait néanmoins comme intéressants.

Enfin, la physiologie du rat est malgré tout assez différente de la nôtre, puisqu'il suffit que cet animal consomme la moitié d'une tablette de chocolat noir pour qu'il meure empoisonné par la théobromine. Le chien, quant à lui, peut décéder s'il consomme une plaquette entière de ce produit par 10 kilos de son poids.

Pour approfondir le sujet, j'ai contacté Madame Florence Burenfosse, du CNITV (Centre National d'Informations Toxicologiques Vétérinaires), le centre de référence en la matière (16 novembre 2012) : elle s'élève vigoureusement contre les extrapolations d'une espèce à une autre, rappelant que les AINS provoquent systématiquement des insuffisances rénales chez le chien et le chat, et qu'une délicieuse (pour nous) tarte à l'oignon peut tuer nos animaux familiers par hémolyse, et que le lapin est bien moins sensible que l'humain au poison mortel (pour nous) de l'amanite phalloïde.

Rappelons que **l'aluminium fait partie de la structure** du minéral, elle est un élément constitutif

du cristal argileux. Pour que l'aluminium puisse passer dans le sang, il faudrait que la kaolinite et/ou smectite soit détruite. Pour Madame Burenfosse, les travaux sur le rat sont difficilement transposables à l'humain, car les pH digestifs et les systèmes bactériens diffèrent. Or ils sont déterminants dans cette question. C'est également l'opinion du docteur Lecointre (Saint-Priest, 69) gastro-entérologue vétérinaire interrogé à la même date : jamais dans les publications ou dans les congrès n'a-t-il entendu, de la part de chercheurs ou de ses confrères, le moindre soupçon de toxicité de ce type avec les argiles.

Sur le sujet de l'aluminium, les études publiées par le laboratoire Ipsen, distributeur de Smecta et de Bédélix (argiles smectites) ont donné les résultats suivants :

- *In vitro*, la diosmectite (smectite dioctaédrique) maintenue à un pH de 1 pendant 4 heures libère au maximum une quantité de 0,6 pour mille d'aluminium, à un pH de 9 aucun aluminium n'est libéré. (pour rappel pH estomac de l'homme 1,5 la nuit, à 5 en début de digestion, pH duodénum 7,6, pH intestin grêle 7,1 à 8,2)
- 40 chiens beagle, mâles et femelles, ont été répartis ; lot T (témoin), lot A : 150 mg/kg/jour, lot B : 750 mg/kg/jour, lot C : 1.500 mg/kg/jour, lot D : 2.250 mg/kg/jour de diosmectite, administrée quotidiennement pendant 52 semaines, soit 1 an. Aucune différence d'aluminium plasmatique n'a été notée entre les chiens traités et les témoins en cours et en fin d'essai.
- 16 volontaires humains ont ingéré la dose habituelle de 6 à 9 grammes par jour pendant un mois. Le seul critère de contrôle a été l'aluminémie, non modifiée. Il est dommage que l'excrétion urinaire n'ait pas été notée.

Il serait intéressant d'avoir des études similaires sur les argiles kaolinites (« deux couches »).

De nombreuses études ont exploré la possibilité d'un passage systémique d'aluminium : mais l'aluminémie reste toujours en dessous du seuil de détection, même lorsque les mesures sont faites avec le système INAA (Instrumental Neutron Activation Analysis), ce qui est probablement imputable à sa liaison *de novo* avec la silice, précédemment évoquée.

L'INAA permet de déterminer la concentration en éléments majeurs et éléments traces, en soumettant l'échantillon à un flux de neutrons. Cela produit des radionucléides, qui, en se dégradant, vont émettre des rayons gamma dont les énergies sont caractéristiques de chacun d'eux. La comparaison de l'intensité de ces rayons gamma avec un standard de référence permet alors de mesurer la concentration respective de chacun des différents radionucléides. Cette méthode d'analyse est extrêmement sensible.

c. Risque d'anémie ?

Les capacités d'adsorption des argiles ne pourraient-elles pas entraîner une carence minérale par captation, dans la lumière intestinale, d'éléments minéraux utiles de la ration alimentaire ? Paradoxalement, les géophages, étudiés par les premiers observateurs occidentaux dans des régions d'argiles riches en fer, étaient souvent atteints d'anémie ferriprive. La géophagie pouvait-elle en être l'une des causes ou l'une des conséquences ?

- soit la géophagie était le fait premier, responsable de l'anémie, la consommation de silicates d'alumine ayant entraîné l'adsorption intra-luminale des métaux de la ration,

- soit la carence préalable en fer dans la ration habituelle avait précédé l'ingestion de silicates d'alumine, et quelque appétence alimentaire avait peut-être porté les anémiés vers ces matériaux riches en fer.

La controverse fit rage pendant une vingtaine d'années (des années 1960 aux années 1980).

Les experts conclurent finalement que c'était la carence en fer qui précédait la géophagie. Conclusion portée par le professeur Serge Hercberg, spécialiste reconnu de l'anémie, que j'ai rencontré personnellement sur ce sujet il y a une quinzaine d'années.

L'argumentaire des experts est que l'anémie, très fréquente dans ces populations, induit des modifications des enzymes cérébraux métallo-dépendants, ce qui entraîne un comportement alimentaire aberrant ou pica. Le **pica** est un trouble alimentaire caractérisé par l'ingestion durable (plus d'un mois) de substances non nutritives (terre, craie, sable, papier, etc.).

A contrario, nos observations nous portent à ré-explore l'autre hypothèse : il nous a souvent semblé constater chez certaines personnes carencées un « appétit spécifique » pour des argiles particulièrement riches en fer, ou en calcium. Ce comportement est-il salvateur, car il anticiperait une assimilation permettant de lutter contre la carence ? Ou destructeur dans le cas où cette argile renforcerait cette carence ?

Peut-on véritablement envisager la rémanence chez l'être humain d'une faculté innée à trouver naturellement dans son environnement ses ressources vitales, sous quelque forme qu'elles soient ? Nous ne disposons pas de support scientifique pour étayer cette hypothèse dans le cas humain. Mais les découvertes récentes en zoopharmacognosie chez l'animal nous apportent des éléments qui pourraient peut-être lui donner quelque crédit.

Des études récentes démontrent que le fer des argiles smectites peut être assimilé en partie par l'organisme, puisque l'ingestion de ces minéraux augmente la teneur sanguine en fer du consommateur ^[132]. Pourtant quelques cas d'affaiblissement progressif suivi de décès, chez des personnes présentant un appétit démesuré pour les argiles, ont été décrits. Cette forme de suicide était, paraît-il, pratiquée au siècle dernier par certains esclaves africains, qui ne s'habituèrent pas à leur nouvelle condition de captifs en Amérique. Certains maîtres firent fixer sur le visage de leurs esclaves des masques en métal destinés à empêcher cette pratique ...

« *Sola dosis fecit venenum* » affirmait Paracelse. A forte dose, tout peut tuer, même l'eau. Mais hors ces cas limites, si une destruction de la structure argileuse et un passage sanguin de l'aluminium étaient prouvés, on pourrait envisager que ce dernier se fixe sur la transferrine et entrave son action.

Ce thème mériterait donc, à mon avis, d'être exploré d'avantage, afin de pouvoir disposer de conclusions plus sélectives.

d. Risque de carence en zinc ?

La question du zinc fit également controverse dans les années 60 : elle est exemplaire. L'étude des publications sur le **syndrome anémie, hépatosplénomégalie, retard staturo-pondéral et pubertaire** illustre parfaitement cette controverse :

En 1961, Prasad publie une étude très remarquée sur des cas de nanisme associés à la géophagie en Iran (*Syndrom of iron deficiency, anemia, hepatosplénomégaly, hypogonadism, dwarfism and géophagia*^[133]). Mais deux ans plus tard (1963), il observe en Egypte le même syndrome... sans géophagie ^[134], et dès les premières lignes de cette nouvelle publication cite sa précédente étude, dont il cite le titre *in extenso*, **en omettant tout bonnement le “and geophagia” final - et déterminant - de celle-ci ...**

Quant à Halsted, qui cosignait avec Prasad en 1961 les thèses de chélation du fer, du zinc et du potassium, il retourne examiner les patients iraniens atteints de nanisme sept ans plus tard (1968), et dans cette deuxième observation insiste bien plus sur le phytate du pain comme facteur causal ^[135]. Puis publie en 1972 un troisième travail qui cette fois **innocente la géophagie** ^[136]. En 1968, quatre ans auparavant, cet auteur insistait encore sur un effet pernicieux de l'ingestion d'argiles, influencé probablement en cela par le travail de Minnich ^[137], mais dès 1970 il constate que des rats préalablement carencés en zinc parviennent à prendre celui-ci sur le réseau cristallin des argiles et à l'assimiler ^[138].

Farid et Schulert, qui avaient accompagné Prasad en Egypte en 1962, retournèrent quatre ans plus tard sur place, pour évaluer les jeunes nains étudiés précédemment : ceux-ci, non traités, étaient désormais semblables en tous points aux autres villageois. Leur développement s'était donc simplement avéré être plus lent ^[139].

La encore, les hypothèses sur le rôle de l'argile dans ces pathologies étaient fortement à charge, ce qui a sans doute pollué l'objectivité de l'analyse.

e. **Risque de contamination chimique ?**

En ce qui concerne la géophagie humaine et le prélèvement d'argiles par les peuples coutumiers, il est essentiel, bien entendu, que les gisements utilisés n'aient pas été pollués par l'activité humaine et industrielle. Sinon une contamination partielle (le plus souvent par le plomb, le cadmium ou par l'arsenic, voir plus haut) est possible.

Les fournisseurs d'argiles sont heureusement astreints à des contrôles portant sur :

- la qualité bactériologique
- la présence éventuelle de métaux lourds

2. Contre indications des silicates d'alumine

Les silicates d'alumine **ne doivent pas être utilisés par voie interne en cas d'insuffisance rénale grave**. Dans ce cas, des surcharges en fluor seraient possibles (une quantité non négligeable de fluor peut se substituer aux ions oxygènes et aux hydroxydes), et des surcharges en potassium ont pu être observées ^[140].

Les argiles **ne doivent pas être utilisées en cas d'antécédents d'occlusion, ou de maladie comportant un risque d'occlusion du tube digestif**. En revanche, elles ne provoquent pas

d'occlusion *de novo* ^[141].

3. Interactions avec d'autres substances

Le principal problème posé par la thérapeutique avec les argiles est qu'il est généralement préférable de les ingérer à distance des autres médicaments. Les silicates d'alumine n'altèrent pas l'absorption des drogues acides ni celle des drogues amphotères, mais retardent l'absorption des molécules basiques et leur pic plasmatique. Cependant l'aire sous la courbe demeure identique. Aucune interférence avec la phénylbutazone, l'aspirine, et le diclofénac, mais en revanche une modification de la cinétique avec la cortisone, la rifampicine, et le diazepam. L'action du propranolol est annihilée, car il est adsorbé à 94 % et très peu relargué ^[142].

Comme le praticien n'a pas ce type d'information sur les molécules qu'il prescrit, il est préférable de recommander au patient de **prendre les autres médicaments avant les silicates d'alumine** – une demi-heure suffit, lorsque la prise s'effectue à jeun. Si les autres médicaments sont pris après les silicates d'alumine, un intervalle de deux heures au minimum (quatre heures pour les antibiotiques de la famille des quinolones) est souhaitable.

L'association du traitement argileux à des huiles et corps gras d'origine végétale et animale ne pose aucun problème. Le cas d'un traitement par voie interne associé à l'ingestion d'huile de paraffine (huile minérale) n'est pas tranché à ma connaissance et mériterait un approfondissement.

3. Effets indésirables possibles

Certaines argiles peuvent favoriser la constipation sur terrain prédisposé. Ce problème diminue lorsqu'on les ingère au coucher. On peut préférer réduire la posologie : il est rarement nécessaire de suspendre le traitement pour ce motif. D'autres argiles, riches en magnésium, et/ou gonflantes, peuvent, à l'inverse, favoriser le transit.

Quelques cas de fécalomes ont été décrits chez des malades psychiatriques souffrant de pica.

4. Grossesse et allaitement

La grossesse était l'« indication » principale des ingestions d'argiles en médecine coutumière.

Les scientifiques ont actuellement un regard bien plus favorable sur ces minéraux que celui de leurs prédécesseurs des années 60 : autant on accusait autrefois cette ingestion de tous les vices – et malheureusement la plupart des médecins, faute d'être informés, continuent à colporter ces *apriori* – autant on l'encense aujourd'hui en la gratifiant de toutes les qualités ! Les études récentes documentent abondamment les apports bénéfiques des silicates d'alumine en macro et micro éléments, pendant cette période de la vie génitale où leur présence est si cruciale.

Entre ces deux extrêmes, il faut « raison garder » : les argiles sont très courtisées actuellement en

tant que nanomatériaux pouvant véhiculer médicaments et oligo-éléments tels que cuivre, zinc, argent ou sélénium. Ces recherches seront très certainement accompagnées d'analyses toxicologiques poussées permettant de valider - ou non - l'usage que les peuples traditionnels faisaient de ces minéraux sur le long terme : en effet, certains groupes humains (Amérique Centrale, Océanie) en parsemaient leurs aliments tout au long de l'année. Bien sûr il est essentiel que les argiles choisies soient exemptes de polluants naturels, industriels et environnementaux.

Si leur ingestion à long terme voit son innocuité confirmée, la période de l'allaitement semblerait également favorable à la prise d'argiles, dans la mesure où celles-ci pourraient contribuer à épurer le corps de la mère de nombreux toxiques, qui ne risqueraient plus d'être **éliminés par le lait maternel**, un émonctoire préférentiel chez les mammifères.

Enfin, en médecine vétérinaire, lorsque les animaux doivent faire face à un changement de régime alimentaire, les argiles sont systématiquement utilisées. Une supplémentation de ce type pourrait peut-être aider aussi nos bébés humains en période de sevrage, et contribuer à leur permettre de s'adapter sans encombre aux germes nouvellement rencontrés, ainsi qu'aux contaminants de notre environnement.

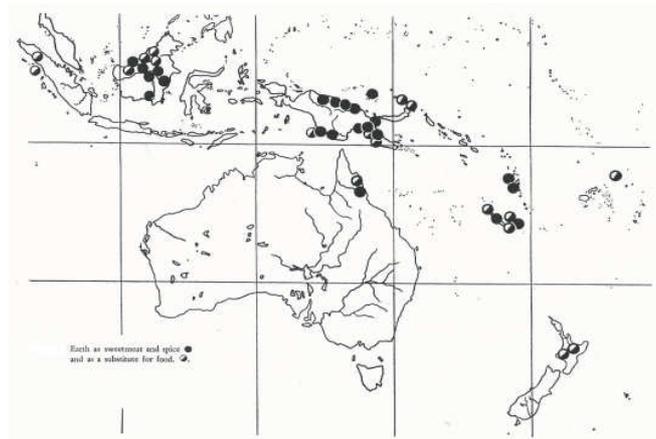


Figure 16 : Les argiles comme condiment (cercle noir) et comme aliment de survie (cercle noir/blanc) en Océanie ^[50]

VII. PROPOSITIONS DE RECHERCHE POUR DE NOUVELLES APPLICATIONS, PROTOCOLES ENVISAGEABLES

A la lumière des utilisations coutumières et modernes des silicates d'alumine, des publications sur le sujet, et de mes quarante années en « close contact » avec ces produits, j'aimerais préconiser pour les années à venir plusieurs voies de recherche, dans des domaines où l'action des argiles semble positive et constante.

Ces propositions se déclinent à plusieurs niveaux :

- En médecine de ville
- En pratique hospitalière
- En situation de voyage
- En situation d'urgence sanitaire avec risque d'épidémie : prévention d'accidents collectifs.

Les espèces minérales à utiliser sont principalement les « trois couches » Te/Oc/Te : smectites de type montmorillonite, bedellite ou bentonite, et illites. En officine, les espèces minérales « trois couches » sont présentes actuellement dans les spécialités Smecta, Bédélix et Gélox (attention : ce dernier contient, en sus des 2,5 grammes de smectite, de l'hydroxyde d'aluminium 425 mg, de l'hydroxyde de magnésium 450 mg, excipient sorbitol à 70% cristallisable, correspondant à 500 mg par sachet, saccharose 2,5 gr, arôme mirabelle et menthol, conservateur, éthanol 230 mg, suspension buvable à 2,4 % d'alcool).

En pharmacie, on peut également acheter des paquets de 300 grammes d'argile en poudre dite « verte ». La couleur d'une argile est le plus souvent conférée par des ions de compensation posés sur la surface (couleur verte à cause du fer ferreux, du cuivre ou du nickel, par exemple) et non par la structure du cristalloïde. Néanmoins, l'expérience nous a montré que ces « argiles vertes » sont toujours des mélanges à forte dominante « trois couches », ce qui correspond à notre objectif.

Dans la pratique, il est nécessaire et suffisant que ces argiles aient **un pourcentage de « trois couches » supérieur ou égal à 20%**. C'est pourquoi il est essentiel d'effectuer des analyses en diffraction de rayons X sur les échantillons issus de gisements dont on envisage l'utilisation.

Les pharmacies vendent aussi des blocs d'argile verte séchée, appelés « cailloux d'argile » ou « argile concassée ». Contrairement aux argiles vendues en poudre, ces blocs n'ont pas subi de procédure physique permettant d'ôter le sable qui leur était associé dans le gisement. Elles sont donc moins appropriées pour l'ingestion.

Les argiles blanches en poudre en paquets de 300 grammes sont des kaolinites en majeure partie (argiles « deux couches » ou Te/Oc). Quant aux argiles rouges en poudre, elles sont trop diverses pour que l'on puisse les catégoriser, mais s'avèrent intéressantes par leur richesse en fer.

Les protocoles que nous donnons à titre indicatif dans ce chapitre sont ceux avec lesquels nous avons pu observer, en situation d'urgence dans les communautés défavorisées, une efficacité et une sécurité constantes. Les patients les plus pauvres ne peuvent que difficilement accéder aux spécialités, trop onéreuses pour eux, ou peu accessibles géographiquement. J'ai donc adapté les

protocoles aux argiles en vrac, et même aux argiles d'extraction locale, sous réserve qu'elles aient été sélectionnées, récoltées et préparées avec soin (voir protocole en Annexe). Nous vous proposerons donc un double protocole (spécialités / argile verte en poudre), tenant compte de cette expérience en milieu défavorisé.

1. En médecine de ville

a. Capacités anti-reflux chez le nouveau-né

Des essais ont été publiés dans les cas du reflux gastro-œsophagien chez le nouveau-né,^{[143][144]} Le deuxième essai référencé, en double aveugle contre placebo et portant sur 20 nouveau-nés, dont 10 prenaient de la smectite (3g par jour de Smecta), a montré chez les patients traités une diminution des reflux acides à pH<4 (p<0,05) et très acide à pH<3 (p<0,01) ainsi que du temps passé à ces pH (respectivement p<0,05 et p<0,01).

L'indication est encore peu utilisée, et c'est dommage car la pratique semble confirmer une amélioration symptomatique importante et rapide : tout se passe comme si les argiles contribuaient à une maturation plus rapide du cardia.

Protocole envisageable :

Avec les spécialités Smecta et Bedelix :

3 grammes par jour, dans 50 millilitres d'eau, à répartir après les différents repas.

Avec les argiles « vertes » en poudre :

Une cuillère à café rase en dispersion dans 20 ml d'eau (flacon de 30cc avec compte-gouttes à bout rond). Après 10 mn de repos, remuer la préparation et la présenter aux lèvres du bébé pour ingestion, en observant bien ses réactions. Passé l'effet de surprise, il accepte volontiers le mélange. Administrer la préparation après chaque repas, jusqu'à ce qu'il ne désire plus poursuivre. Respecter ce refus. Renouveler l'administration après le repas suivant, en donnant de nouveau jusqu'au refus. Bien entendu cette médication ne dispense pas de la position déclive à 30 degrés.

Symptomatologie fonctionnelle intestinale

Quelques publications récentes, peu connues malheureusement, traitent de l'efficacité de smectites dans le syndrome du colon irritable^{[145] [146]}. Dans la première étude, de phase III randomisée en double aveugle versus placebo portant sur 104 patients, où la posologie était de 3 fois trois grammes par jour – bien trop faible, là encore – les résultats furent patents en ce qui concerne la diminution de la douleur et de l'inconfort (score visuel analogique amélioré de 10%), mais pas en ce qui concerne la fréquence des selles, la diminution de leur urgence ou l'amélioration de leur consistance.

Une diminution des ballonnements fut cependant constatée dans le groupe smectite. Dans la deuxième étude (566 patients), également randomisée en double aveugle versus placebo,

l'amélioration de la douleur et de l'inconfort, évaluée par le test visuel analogique (E.V.A.), montra un résultat significatif en faveur de la smectite chez les patients à constipation prédominante. Pas d'autre différence significative entre le groupe traité et le groupe placebo, même en ce qui concerne les ballonnements.

Protocole envisageable :

Avec les spécialités Smecta et Bedelix : deux sachets de trois grammes, trois fois par jour.

Avec les argiles « vertes » :

Dans le cas de maladie de Crohn, les médecins de la SFEM précédemment cités (choléra à Madagascar) conseillent une cuillère à soupe rase de poudre pour un verre d'eau, trois fois par jour, à visée symptomatique. Cela permet aux patients de réduire les douleurs, normaliser les selles, et retrouver une qualité de vie satisfaisante ^[147]. Cette posologie peut être étendue aux affections fonctionnelles intestinales.

⌘⌘☞ Oxyurose

Les propriétés antiparasitaires semblent pertinentes vis à vis des oxyures et mériteraient de faire l'objet d'essais, car cette pathologie, même si elle ne présente pas de gravité, est source d'inconfort pour les jeunes patients. Dans les pays développés de nombreux nourrissons et enfants - et parfois aussi des adultes - souffrent d'oxyuroses, qui pourraient être soulagées et probablement résolues par l'ingestion de silicates d'alumine.

Protocole envisageable :

Avec les spécialités : les laboratoires n'ayant pas encore exploré les capacités antiparasitaires de leurs spécialités, nous ne pouvons pas indiquer de posologie dans cette indication.

Avec les argiles « vertes », on peut envisager, en période de crise (scotch-test positif, démangeaisons à l'anus, toux nocturne, onychophagie, nervosisme, agitation) la prise au coucher d'une à deux cuillères à café de poudre mise en suspension 10 mn dans un verre d'eau, à mélanger avant de boire, pour les enfants. Une à deux cuillères à soupe pour les adultes.

Pour le nourrisson, le protocole décrit précédemment (1 cuillère à café rase dans 30 ml d'eau, le mélange étant donné *ad libitum*) donne d'excellents résultats. 24 à 48 heures après la prise, il y a évacuation de parasites morts.

⌘⌘☞ Prophylaxie

Nos organismes subissent quotidiennement l'assaut de multiples additifs alimentaires : conservateurs, rehausseurs de goût, émulsifiants, et autres édulcorants inclus dans nos produits alimentaires. On peut envisager d'effectuer plusieurs fois par an une détoxification prophylactique, pendant une dizaine de jours (à distance d'autres médicaments éventuelles).

Protocole envisageable :

Pour les adultes : un sachet des spécialités Smecta ou Bedelix, ou une cuillère à café d'argile « verte » préalablement mise en suspension dans l'eau, dix minutes au minimum, une douzaine d'heures de préférence. Boire au moment du coucher si l'on est prédisposé à la constipation. Bien mélanger pour remettre la poudre en suspension avant d'ingérer. Pour les enfants de moins de 6 ans, demi-dose, pour les moins de deux ans, quart de dose.

2. En pratique hospitalière : Centre Antipoison

D'innombrables poisons peuvent être ôtés de notre tractus digestif par les argiles. Dans le cas de l'intoxication au paraquat, on a pu prouver que bentonite et montmorillonite calcique (terre à foulon) sont encore efficaces trois heures après la prise, et même jusqu'à dix heures ^[81].

L'efficacité des argiles « trois couches » est semblable à celle du charbon activé, mais à bien moindre coût, et avec une meilleure disponibilité. Il serait souhaitable de promouvoir leur utilisation systématique – avec ou sans le charbon, avec qui elles peuvent être associées - dans les services d'urgence, notamment en cas de manque d'information sur le toxique incriminé.

Lorsque l'on cherche à évacuer un toxique préalablement ingéré, on peut administrer du charbon activé, et/ou un silicate d'alumine en dose unique, afin de diminuer l'absorption digestive dans l'intestin grêle en fixant ces substances par adsorption, ce qui a pour effet de minimiser leur passage systémique (interrompt le cycle entéro-hépatique). Mais depuis quelques années on s'intéresse également à **l'administration itérative d'adsorbants, dénommée dialyse intestinale ou entéro-dialyse** :

Ce processus permet de limiter le phénomène de désorption de substances initialement captées, et de fixer les molécules à cycle entéro-hépatique ou entéro-entérique. La colonne d'adsorbant présente dans l'intestin grêle réalise une dialyse intestinale rétrograde des molécules présentes dans le sang, grâce à la création d'un gradient de concentration de la substance entre le sang et la lumière digestive. L'administration de doses répétées peut révéler toute son importance en cas d'insuffisance hépatique ou rénale.

Protocole envisageable :

Avec l'argile attapulgite (palygorskite) ou avec la zéolite :

- L'actapulgite est une spécialité dont l'argile, de l'espèce minérale attapulgite, a été activée par un processus spécifique. La forme en « fibres » de ce silicate d'alumine lui confère des capacités d'adsorption très puissantes (usage déconseillé en cas de mégacolon et de facteurs favorisants et/ou antécédents d'occlusion).
- La zéolite est un minéral proche des argiles, à fort pouvoir décontaminant.

Ces deux produits seraient les plus indiqués dans cette indication, car ils possèdent des capacités d'adsorption considérables, mais ne gonflent pas dans le tube digestif. Des études seraient souhaitables afin de valider cette indication, car ces produits s'avèreraient très utiles en situation d'urgence (empoisonnement, volontaire ou non). Nous ne les préconisons pas en usage régulier, car

leur innocuité sur le long terme présente encore quelques incertitudes.

Comme avec le charbon activé, le mode de prescription le plus intéressant est la prise itérative.

Chez l'adulte, on peut envisager :

- avec l'actapulgite une dose de charge de 150 grammes pour l'adulte (50 sachets)
- avec les argiles en poudre, une dose de charge d'un gramme par kilo d'argile, en préférant cette fois une argile « blanche » de type kaolinite, mais très finement divisée. Elle sera donnée en une fois, ou divisé en quatre doses, une pour chaque heure. Après ces quatre heures : administration horaire de 12,5 grammes (doses itératives = effet cinétique supérieur et meilleure tolérance). Le ratio souhaité dose d'adsorbant/ dose de toxique est de 10 :1.

Chez l'enfant, la dose de charge d'un gramme par kilo habituellement préconisée peut s'avérer insuffisante. Administrer plutôt 10 à 20 grammes chez l'enfant pesant moins de 10 kg, 20 grammes chez l'enfant de 10 à 15 kilos, 20 à 30 grammes chez l'enfant de 15 à 20 kilos, 30 à 50 grammes pour les enfant de plus de 20 kg (donner dans un récipient opaque à bec verseur).

Pour des utilisations de silicates d'alumine en grande quantité, il est déconseillé d'utiliser des argiles de type smectite (bentonite, montmorillonite ou bedellite) : certes leur fort pouvoir d'adsorption est un argument en leur faveur, mais leur capacité de gonflement nous porte à leur préférer d'autres espèces minérales. Nous émettons donc quelques réserves quant à leur préconisation en doses conséquentes dans l'intoxication au paraquat (Dorosz 2013).

3. En situation de voyage

Le tourisme de masse se développe à travers le monde : nous voyageons de plus en plus. Qui ne saute sur l'occasion de passer quelques jours au soleil à l'autre bout du monde ? Or ces opportunités nous mettent en contact avec des germes vis-à-vis desquels nous n'avons aucune immunité personnelle, et le voyage sera bien trop souvent gâché, voire interrompu par un rapatriement.

Depuis vingt ans je vis dans les endroits les plus insalubres de la planète : avec les populations locales en contact direct (immersion), je mange le maïs avarié, je bois l'eau polluée. Et pourtant, pas de problème sanitaire... sauf si j'oublie d'ingérer plusieurs fois par jour de la poudre d'argile.

Double bénéfice : d'abord elle rend l'eau locale potable. Puis ses milliards de particules s'incluent dans le mucus intestinal, où elles piègent à mesure les contaminants dangereux présents dans la nourriture que je consomme par ailleurs. Pas moyen de tomber malade. En revanche, lorsque je me déplace avec un groupe de touristes, pourtant suréquipés en antiseptiques et antibiotiques, je suis régulièrement sollicitée par mes compagnons, en proie à la turista ou pire... Dans ce cas :

Protocole envisageable :

En cas de turista déclarée, 300 milligrammes de poudre d'argile « verte » par kilo de poids du patient (voir mesure anthropométrique), parsemés en pluie à la surface d'un verre d'eau : laisser la poudre tomber au fond, sans remuer, et attendre 10 minutes. Passé ce délai, mélanger avec un instrument en plastique alimentaire ou bois naturel (pas de métal, ni de bois peint, traité, et/ou vernis), et boire le tout. Cette posologie est à renouveler si la diarrhée reprend. A défaut

d'instrument de mesure, voir mesure anthropométrique.

Avec les spécialités : Smecta 3 sachets 3 fois par jour. Suspendre dès résolution du symptôme.

4. En situation d'urgence sanitaire avec risque d'épidémie : prévention d'accidents collectifs

En cas de catastrophe, l'approvisionnement en eau potable est un problème urgent et crucial pour les populations, qu'il s'agisse de situations de conflits, d'accidents climatiques, d'épidémies, ou même de contaminations nucléaires.

Ces événements peuvent précipiter des populations entières sur les routes, et/ou les priver d'accès à l'eau potable en quelques heures, comme on a pu en être témoin en France lors des grandes tempêtes de 1999, ou à New York récemment. Car dans les pays développés les châteaux d'eau se remplissent la nuit grâce à l'électricité. En conséquence, une seule nuit sans courant suffit à nous priver totalement d'eau potable.

Les distributions de bouteilles et la mise à disposition de réservoirs et camions citerne peinent souvent à se mettre en place, d'autant que les routes peuvent avoir été endommagées.

Il est essentiel désormais que chaque pays prévoie de pouvoir répondre dans l'urgence aux besoins d'eau salubre de sa population, et les argiles peuvent répondre massivement à ces besoins.

- a) eau
- b) épidémies
- c) nourriture
- d) décontamination

a. Eau

Dans le cas de déplacement de population et de risque d'épidémie : traitement systématique des eaux disponibles, au niveau individuel d'abord (protocole ci-dessous), puis relayé par de petites unités mobiles qui nécessiteraient d'être étudiées : l'ingénierie de tels systèmes devrait faire l'objet de recherches en vue de solutions adaptées pouvant être mises en place en urgence. Des stocks d'argiles « trois couches » devraient être constitués par les autorités gouvernementales.

A titre individuel : En prévision de situations d'urgence, se procurer une gourde dont l'intérieur est en vitrocéramique (le contact des silicates d'alumine avec le métal est à éviter). Remplir avec l'eau disponible, en filtrant à travers plusieurs épaisseurs de tissus s'il y a des particules en suspension ou si l'on suspecte des parasites (œufs), puis ajouter un bloc d'argile verte (argile en « cailloux », ou « concassée ») de la taille du goulot. Laisser reposer 10 minutes avant la première ingestion, et par la suite remuer systématiquement avant de boire. Prendre soin d'emmener cette gourde avec soi en cours de journée, afin de pouvoir « ré-ensemencer » régulièrement le tractus digestif avec la préparation. Faire une nouvelle préparation une fois par 24 heures.

A défaut de gourde, prendre une bouteille en plastique, et mettre un caillou d'argile de la taille du

goulot pour 1 litre d'eau locale, ou 4 cuillères à soupe d'argile « trois couches ». (smectites, illites).

i. Epidémies

Prévention du choléra, et autres infestations et intoxications intestinales. Pour un adulte, 1 cuillère à café de poudre d' « argile verte » (ou un sachet de spécialités à base de smectites) quatre fois par jour, mise en suspension 10 minutes, puis ingérée après mélange. Pour un enfant ½ cuillère à café. Si l'on ne dispose que d' « argile blanche » ou kaolinite : multiplier les doses par quatre.

A Mopti, au Mali, ce protocole préventif a été diffusé par mes correspondants infirmiers pendant les périodes d'épidémie de choléra, et aucune des personnes traitées ainsi n'a été atteinte par la maladie. Au Rwanda, dans les camps de réfugiés, une personne atteinte de choléra était volontiers jetée hors du groupe, emportée au loin et abandonnée dans un fossé par ses parents et compagnons d'infortune, qui cherchaient, par ce moyen radical, à se protéger de la contagion ...

ii. Pénurie alimentaire

Comme nous l'avons vu :

- l'ingestion d'argiles ne nourrit pas, mais elle permet une assimilation accrue des nutriments, en particulier de leurs composants lipidiques (voir études vétérinaires) ;
- les silicates d'alumine ingérés en grande quantité ralentissent le transit, ce qui favorise également l'assimilation ;
- si l'on est amené à consommer des aliments auxquels notre flore intestinale n'est pas accoutumée, ou des aliments de mauvaise qualité, contenant des germes, toxines, mycobactéries, ou composés secondaires toxiques, les milliers de particules de silicates d'alumine pourront contribuer à la décontamination de la ration.

iii. Décontamination

Dans le cas de risque nucléaire, la décontamination radioactive par chélation des radionucléides - déjà largement pratiquée dans les élevages - doit être mise à disposition des populations civiles. Les argiles captent facilement le césium radioactif, et peuvent aussi aider vis-à-vis du strontium radioactif, l'efficacité vis à vis de l'iode radioactif (électronégative) étant moindre.

Trois expériences notables sur ce dernier sujet :

- des rats à qui l'on a donné du césium¹³⁴ par injection et par voie orale (10% de la ration) ont pu doubler l'élimination du contaminant par les selles grâce à des argiles^[147].
- des vaches, moutons et rennes, bénéficiant de l'ajout de 500 mg de bentonite par kilo de poids de leur ration alimentaire, ont montré une réduction de 50% du césium dans leur lait et viande. L'ajout de 2 grammes par kilo de poids amenait une réduction de 80%^[78].
- des brebis, à qui l'on a fait ingérer un sol contaminé artificiellement avec du césium radioactif, pour reproduire les conditions d'un accident nucléaire, ont pu montrer que le césium consommé restait lié aux argiles incluses naturellement dans le sol, puis ressortait sans encombre avec les selles^[76].

L'application à l'humain doit faire l'objet d'études en vue de potentielles - et malheureusement de plus en plus probables - situations d'urgence et accidents contaminants (cf. Japon). C'est un domaine qu'il paraît impératif et urgent de développer.

Comme nous venons de le voir, les argiles peuvent apporter une réponse efficace et reproductible dans ces domaines, dont l'enjeu est vital. Elles présentent encore, dans ces contextes, un **avantage supplémentaire : elles n'ont pas de date de péremption**, et restent actives pendant de nombreuses années, à condition d'avoir été stockées sous forme sèche, à l'abri de l'humidité.

VIII. CONCLUSION

Cette thèse a pour objectif de faire le point sur les usages thérapeutiques occidentaux des argiles, de faire le rapprochement avec leur usage dans de multiples cultures traditionnelles, et de relever les pistes pertinentes qui permettraient d'élargir les indications dans notre pharmacopée.

L'argile fait partie de mon parcours professionnel depuis quarante ans, j'ai pu en éprouver l'efficacité dans de nombreux contextes humanitaires, environnement qui m'a aussi permis d'être témoin de leurs indications traditionnelles à travers le monde. Ces expériences ont contribué à la matière de cette thèse en tant qu'expérience de terrain, et me servent de support pour les propositions thérapeutiques.

Les argiles sont notoirement efficaces pour toute une série d'affections, mais la compréhension de leur mode d'action est encore embryonnaire : les mécanismes explicitant l'effet des silicates d'alumine sur la santé sont complexes, et certains résultats demeurent actuellement peu explicités.

Nous avons proposé pour chaque pathologie des hypothèses de mécanismes, notamment :

- effet de barrage vis-à-vis de molécules toxiques, par inclusion de particules argileuses dans le gel muqueux du tube digestif
- action anti-inflammatoire et cicatrisante par les propriétés combinées du silicium et de l'aluminium
- englobage des germes par l' « effet sable » des milliers de particules
- captation par adsorption et absorption, suivie ou non de désorption
- effet d'adhérence
- modification des échanges hydriques, hydratation et déshydratation
- modifications de pH
- action spécifique des cations accompagnateurs (naturels ou modifiés)

Bien avant l'apparition des premiers hommes, c'est bel et bien la vie sur la planète que les argiles auraient contribué à créer : catalyseurs et matrices protectrices, ces rassembleurs et sélectionneurs d'atomes ont pu mettre les premières molécules à l'abri des mortels ultra-violets. Les silicates d'alumine ont la propriété de prendre l'énergie dans l'environnement, la stocker et la transférer, grâce à la capture d'électrons dans les irrégularités de leur structure cristalline.

Une nouvelle branche de recherche a vu le jour récemment, la géologie médicale, qui étudie spécifiquement l'impact des matériaux géologiques sur la santé de l'homme et de l'animal. D'abord davantage orientée sur les aspects négatifs du sujet (arsenic, uranium, amiante, plomb, mercure, etc.), elle s'est enrichie avec l'étude des effets positifs et bénéfiques des minéraux, dont les argiles, sur notre santé, des apports de macro et micro-éléments à leurs contributions structurales.

Partout dans le monde, les documents écrits les plus anciens témoignent de l'usage des silicates d'alumine pour favoriser ou retrouver la santé. L'investigation des ingestions spontanées ou géophagies, et des usages médicaux coutumiers sur les cinq continents nous a conduit à des recoupements prometteurs qui pourraient faire l'objet de protocoles de recherche en vue de leur usage dans la pharmacopée moderne. Nous avons plus spécialement exploré leur efficacité avec des

protocoles simples, particulièrement adaptés à des contextes d'urgence, dans des cas d'épidémies de cholera, d'empoisonnements, et de symptomatologie gastrique et intestinale.

Un domaine naissant est leur utilisation dans des protocoles contre l'un de nos poisons les plus modernes, les radionucléides.

L'éthologie nous a montré que de nombreuses espèces animales ingèrent spontanément des silicates d'alumine en liaison avec un panel de pathologies plus large qu'actuellement pratiqué en médecine humaine, ce qui nous a permis de suggérer d'autres pistes de recherche.

Les silicates d'alumine font partie de notre futur : ils sont plus que jamais sous les feux de l'actualité de la recherche, en tant que nanoparticules.

Ils sont disponibles, financièrement et géographiquement, pour les populations pauvres et/ou isolées et aussi pour les pays émergents, qui ont le souci d'autogérer leurs besoins de santé. Ils sont « culturellement compatibles » avec ces peuples, qui portent, dans leur histoire ancienne et/ou récente, les mémoires d'un compagnonnage heureux avec ce minéral.

Nous pouvons tous profiter de cette mémoire collective : sur notre planète, la vie n'aurait pu naître sans l'aide des argiles : des milliers d'années plus tard, ces minéraux peuvent encore contribuer à la nourrir et à la protéger...

IX. BIBLIOGRAPHIE

1. Cairns-Smith A.G., (1990), L'énigme de la vie, éd. Odile Jacob
2. Ferris J.P., (1996), Synthesis of long prebiotic oligomers on mineral surfaces, *Nature*, **381** : 65-77
3. Berger A., Selinus O., Skinner C., (2001), Medical Geology – an emerging discipline. *Episodes* **24**, n°1
4. Finkelman R.B., (2006), Health Benefits of Geologic Materials and Geologic Processes, *Int.J. Environ. Res. Public Health* **3**(4) : 338-342
5. **Rautureau M., Liewig N., Gomes Celso, Katouzian-Safadi M. (2010), Argiles et santé, éd. Médicales Internationales, Lavoisier, Paris**
6. Dictionnaire Historique de la Langue Française, Le Robert
7. Skawinska V., (1985), Le livre de l'argile, éd. Michel Lafon
8. **Robertson, R.H.S., (1986), Fuller'earth, a history, éd. Volturna Press**
9. Ipsen Beaufour, 65 Quai Georges Gorse, Boulogne Billancourt
10. Stumpf J., (1906), Über ein zuverlässiges Heilverfahren bei der asiatischen Cholera sowie beim schweren infektiösen Brechdurchfällen und über die Bedeutung des *Bolus Alba* (Kaolins) bei der Behandlung gewisser Bakterienkrankheiten, éd. A.Stuber's Verlag, Würzburg.
11. Trkova M., Matlova L., Dvorska L., Pavlik I., (2004), Kaolin, bentonite, and zéolites as feed supplements for animals : health advantages and risks, *Vet. Med. – Czech*, **49** : 389-399
12. **Laufer B., (1930), Geophagy, Field Museum of Natural History, Publication 280, Anthropological Series 18 (2) : 98-198**
13. Shashak E.A., Chapman Y., Steinberger Y. (1976), Feeding, energy flow and soil turnover in the desert isipod, *Hemilepistus reaumuri*. *Oecologia* **24** : 57-69
14. Marlow R.W., Tollestrup K., (1982), Mining and natural exploitation of mineral deposits by the desert tortoise, *Anim. Behav.*, **30** : 475-478
15. **Diamond J., Bishop K.D., Gilardi J.D., (1999), Geophagy in New Guinea bird, Nature, 401 : 181-193**
16. **Gilardi J.D., Duffey S.S., Munn C.A., Tell C.A., (1999), Biochemical functions of geophagy in parrots : detoxification of dietary toxins and cytoprotective effects, J. Chem. Ecol. 25 : 897-922**
17. Wilson M.J., (2003), Clay mineralogy and related characteristics of geophagic materials, *Journal of Chemical Ecology*, **29** (7) : 1525-47
18. Pages G., Llyod E., Suarez S.A. (2005), The impact of geophagy on ranging behaviour in Phayre's leaf monkeys, *Folia Primatol.*, **76** : 342-346
19. Aufreiter S, Mahaney W.C., Milner M.W., Huffmann M.A., Hancock R.G., Wink M., Reich M. (2001), Mineralogical and chemical interactions of soil eaten by chimpanzees of the Mahale mountains and Gombe Stream National Parks, Tanzania, *J. Chem. Ecol.* **27** : 285-311
20. Mahaney W.C., Watts D.P., Hancock R.G.V. (1990) Geophagia by mountain gorillas (*Gorilla gorilla beringei*) in the Virunga mountains, Rwanda. *Primates* **31** : 113-120
21. Krishnamani R., Mahaney W.C. (2000), Geophagy among primates : adaptive significance and ecological consequences, *Anim. Behav.* **59** : 899-91
22. Simon S.L. (1998), Soil ingestion by humans : a review of history, data and etiology with application to risk assessment of radioactively contaminates soil, *Health Phy* **74** : 647-72
23. Aufreiter S. Hancock R.G.V., Mahaney W.C., Stambolic-Robb A., Sanmugadas K., (1997), Geochemistry and mineralogy of soils eaten by humans, *Int. J. Food Sci. Nutr.* **8** : 293- 305

24. **Johns T., Duquette M. (1991), Detoxification and mineral supplementation as functions of geophagy, *Am. J. Clin. Nutr.* 53 : 448-56**
25. Stambolic-Robb A., 1997, Geophagy among free-ranging Sumatran orang-utans (*Pongo pygmaeus abelii*) of Gunung Leuser National Park and ex-captive bornean orang-utans (*Pongo pygmaeus pygmaeus*) of Sungai Wain Forest, Indonesia. Thesis for the degree of Master of Science, New York, Ontario
26. Klaus G, Schmidt B., 1998, Geophagy at natural licks and mammal ecology : a review, *Mammalia* 62 : 481-497
27. Wilson M.J., 2003, Clay mineralogical and related characteristics of geophagic materials. *J. Chem. Ecology* 29 : 1525-47
28. Mahaney W.C., Krishnamani R., 2003, Understanding Geophagy in Animals : Standard Procedures for Sampling Soils. *J. Chem. Ecology* 29 : 1503-23
29. Derlon P. (1978) La médecine secrète des gens du voyage, éd. Robert Laffont
30. **Reichardt F. (2008) Ingestion spontanée d'argiles chez le rat : rôle dans la physiologie intestinale. Thèse en Sciences du Vivant, domaine Physiologie et Biologie des organismes. Strasbourg**
31. Luoba A.I. (2004) Geophagy among pregnant and lactating in Bondo District, Western Kenya. *Trans. R. Soc Trop Med Hyg* 98 : 734-41
32. Alexander von Humbolt (1848) Tableaux de la Nature, traduction Eyriès, I, p 191-211
33. Feuillet G. (1946) La géophagie au Maroc. Thèse de pharmacie, Paris
34. Geissler P.W. (1997) Geophagy among school children in Western Kenya, *Tropical Medicine and International Health* 2 : 6624-30
35. Ziegler J.L. (1997) Geophagy : a vestige of paleonutrition ? Editorial in *Tropical Medicine and International Health* 2, (7) : 609-11
36. **Vermeer D.E., Ferrell R.E.Jr, (1985) Nigerian Geophagical Clay : A Traditional Anti-diarrheal Pharmaceutical, *Science*, 227 : 634-36**
37. **Pebsworth P.A., Bardi M., Huffman M.A. (2012), Geophagy in Chacma Baboons : Patterns of Soil Consumption by Age Class, Sex, and Reproductive State. *American Journal of Primatology* 74 : 48-57**
38. Holdo R.M., Dudley J.P. McDowell L.R. (2002), Geophagy in the African Elephant in relation to availability of dietary sodium. *Journal of Mammalogy* 83 (3) : 652-64
39. Mahaney W.C., Aufreiter S., Hancock R.G.V., (1995) Mountain Gorilla Geophagy : A Possible Seasonal Behavior for Dealing with the Effects of Dietary Changes. *International Journal of Primatology* 16 (3) : 475-87
40. Mahaney W.C., Milner M.W., Aufreiter S., Hancock R.G.V., Wrangham R., Campbell S. (2005) Soils Consumed by Chimpanzees of the Kanyawara Community in the Kibale Forest, Uganda. *International Journal of Primatology* 26 (6) : 1375-98
41. Ketch L.A., Malloch D., Mahaney W.C., Huffmann M.A. (2001) Comparative microbial analysis and clay mineralogy of soils eaten by chimpanzees (*Pan troglodytes schweinfurthii*) in Tanzania. *Soil Biology and Chemistry* 33 : 199-203
42. **Huffmann M.A. (1997), Current Evidence for Self-Medication in Primates : A Multidisciplinary Perspective. *Yearbook of Physical Anthropology* 40 : 171-200**
43. Heymann E., Hartmann G. (1991), Geophagy in Moustached Tamarins, *Saguinus mystax* (*Platyrrhini : Callitrichidae*), at the Rio Blanco, Peruvian Amazonia. *Primates* 32 : 523-37
44. Wakibara J.V., Huffmann M.A., Wink M., Reich S., Aufreiter S., Hancock R.G.V., Sodhi R., Mahaney W.C., Russel S. (2001), The adaptative significance of geophagy for Japanese Macaques (*Macaca fuscate*) at Arashiyama, Japan. *Int. J. Primatol.* 22 : 495-520
45. De Souza L.L., Ferrari S.F., Da Costa M.L., Kern D.C. (2002), Geophagy as a correlate of folivory in red-handed howler monkeys (*Alouatta belzebul*) from eastern brazilian Amazonia. *J.Chem. Ecol.* 28 : 1613-21

46. **Hladik C.M., Guégen L., 1974, Geophagie et nutrition minérale chez les Primates sauvages, C.R. Acad. Sc. Paris, 279 : série D, 1393-1396**
47. **Hunter J.M. (1984), Insect Clay Geophagy in Sierra Leone. *Journal of Cultural Geography* 4 (2) : 2-12**
48. Reichardt F., Chaumande B., Habold C., Robin J.P., Ehret-Sabatier L., Le Maho Y., Liewig N., Angel F., Lignot J.H. (2011), Kaolinite ingestion facilitates restoration of body energy reserves during refeeding after prolonged fasting. *Fundamental and Clinical Pharmacology* 26 : 577-88
49. Prowe H. (1900) Zeitschrift für Ethnologie, p.354
50. Anell B., Lagercrantz S. (1958), Geophagical Customs, *Studia Ethnographica Upsaliensia*, tome XVII.
51. **Knezevich M. (1998), Geophagy as a Therapeutic Mediator of Endoparasitism in a Free-Ranging group of Rhesus Macaques (*Macaca mulatta*). *American Journal of Primatology* 44 : 71-82**
52. Al Wardi (1958), Contribution à l'étude de l'anémie des mangeurs de terre. Thèse de Médecine, Bordeaux.
53. Le Muet G. (1956), Aspect actuel du géophagisme au Maroc. Thèse de Médecine, Paris.
54. Long D. (2002), Les argiles en thérapeutique vétérinaire. Thèse de Médecine Vétérinaire, Lyon.
55. Soulier J.P., Prou-Wartelle O., Halle L. (1975), Etude des propriétés adsorbantes de la beidellite. *Nouvelle Revue Française d'Hématologie* 15 (2) : 183-194
56. Müller K.H. Ahl C., Hartmann G. (1997) Geophagy in Masked Titi Monkeys (*Callicebus personatus melanochir*) in Brazil. *Primates* 38 : 69-77
57. Gurian E., O'Neill P.L., Price C.S. (1992), Geophagy and its relation to tannin ingestion in Rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *AAZPA Regional Proceedings*, 1992 : 152-9
58. Dominy N.J., Davoust E., Minekus M. (2004), Adaptive function of soil consumption : An *in vitro* study modelling the human stomach and small intestine. *J.Exp. Biol.* 207 : 319-24 (biodisponibilité des alcaloïdes et tannins)
59. **Johns T. (1986), Detoxification function of geophagy and domestication of the potato. *Journal of Chemical Ecology* 12 (3) : 635-46**
60. **Klein N., Fröhlich F., Krief S. (2008) Geophagy : soil consumption enhances the bioactivities of plants eaten by chimpanzees. *Naturwissenschaften* 95 : 325-31**
61. Takeda N., Hasegawa S. Morita M., Matsunaga T. (1993), Pica in rats is analogous to emesis : an animal model in emesis research. *Pharmacol Biochem Behav* 45 : 817-21
62. **De Jonghe B.C., Lawler M.P., Horn C.C., Tordoff M.G. (2009), Pica as an adaptive response : kaolin consumption helps rats recover from chemotherapy-induced illness. *Physiol Behav.* 97 (1) : 87-90**
63. Droy-Lefaix M.T., Navetat H., Espinasse J., Parodi A.L.(1986), Rotavirus infection in calves, protective effect of smectite. Mondial Congress of Gastroenterology, Sao Paulo
64. Petkova E., Venkov T., Chushkov P., Encheva I., Poshtakov E. (1981) Biochemical and haematological indices from the use of a bulgarben preparation in digestive disorders in calves. *Vet. Med. Nauki.* 18 : 28-33
65. European Food Safety Authority (2010) *efsa Journal* ;10 (7): 2787
66. Wolter and al, (1990) *Rec. Méd. Vét.* 166 (1) 21-27
67. **Reichardt et al., 4 Juillet 2011, Etude I - Kaolinite ingestion facilitates restoration of body energy reserves during refeeding after prolonged fasting, in *Fundamental and Fundam. Clinical Pharmacology* 26 : 577-88**
68. Almquist H.J., Christensen H.L., Maurer S. (1967), The effect of bentonites on nutrient retention by turkeys. *Feedstuffs* 39 (20) : 54

69. Britton R.A., Colling D.P., Klopfenstein T.J. (1978) Effect of complexing sodium bentonite with soybean meal or urea on *in vitro* ruminal ammonia release and nitrogen utilisation in ruminants. *Journal of Animal Science* **46** (6) : 1738-47
70. Wolter et al. (1990), *Rec. Méd. Vét.* **166** (5) : 487-499
71. Martin L.C., Clifford A.J., Tillman A.D. (1969) Studies on sodium bentonite in ruminant diets containing urea. *Journal of Animal Science* **29** : 777-782
72. Refitt D.M., Jugdaohsingh R., Thompson R.P.H., Powell J.J. (1999) Silicic acid : its gastrointestinal uptake and urinary excretion in man and effects on aluminium excretion, *Journal of Inorganic Biochemistry* **76**, 141-7
73. Abrahams P.W. (2012), Involuntary soil ingestion and geophagia : a source and sink of mineral nutrients and potentially harmful elements to consumers of earth materials. *Applied Chemistry* **27** : 954-68
74. Bosso S.T., Ensweiler J. (2008), Bioaccessible lead in soils, slag, and mine wastes from an abandoned mining district in Brazil. *Environm. Geochem. Health* **30** : 219-29
75. Ruby M.V., Schoof R., Brattin R., Goldade M., Post G., Harnois M., Mosby D.E., Casteel S.W., Berti W., Carpenter M., Edwards D., Cragin D., Chappell W., (1999), Advances in evaluating the oral bioavailability of inorganics in soil for use in human health risk assessment. *Environ. Sci. Technol.* **33** : 3697-3705
76. **Belli M., Blasi M., Capra E., Drigo A., Menegon S., Piasentier E., Sansone U. (1993) Ingested soil as a source of Cesium 137 for ruminants. *The Science of the Total Environment* **136** : 243-9**
77. Green N., Johnson D., Wilkins B.T. (1996), Factors affecting the transfer of radionuclides to sheep grazing on pastures reclaimed from the sea. *J. Environ. Radioactiv* **30** : 173-83
78. **Hove K. (1993), Chemical methods for reduction of the transfer of radionuclides to farm animals in semi-natural environments. *The Science of the Total Environment* **137** : 235-48**
79. Assimakopoulos P.A., Divanes K., Pakou A.A., Stamoulis K.C., Mantzios A.Q., Nikolaou E. (1995), Radiostrontium transfer to sheep's milk as a result of soil ingestion. *Sci. Total Environ.* **172** : 17-20
80. Beresford N.A., Mayes R.W., Cooke A.J., Barnett C.L., Howard B.J., Lamb C.S., Naylor G.P.S. (2000), The importance of source dependent bioavailability in determining the transfer of ingested radionuclides to ruminant-derived food products. *Environ. Sc. Technol.* **34** : 4455-62
81. **Clark D.G. (1971) Inhibition of the absorption of paraquat from the gastrointestinal tract by adsorbents. *Br. J. Ind Med* **28** (2) : 186-8**
82. Okonek S., Setyadharma H., Borchert A., Krienke E.G., Activated charcoal is as effective as fuller's earth or bentonite in paraquat poisoning. *Klin Wochenschr.* **60** (4) : 207-10
83. Baudouin M (1911), *Bull. et Mém. de la Soc. d'Anthr. de Paris*, 1er juin
84. Carratero M.I., Gomes C.S.F., Tatéo F., (2006) Developments in Clay Science, vol I, éd. Elsevier Ltd.
85. Dioscoride, « De Materia Medica », 60 après J.C., (V, 97 (113))
86. Plin l'Ancien, Histoire Naturelle, chapitre XXXV, 16, 53-56 et 33-34
87. Marco Polo, Le devisement du monde, 1298
88. Galien, XII De simpl.med. IX
89. **Thompson C.J.S (1913), Terra Sigillata, a famous medicament of ancient times. *History of Medicine, section XXIII, London.***
90. R.de Belleval, (1598) Paris, E. Prevosteau. BNF, document manuscript.
91. Le Conte L., (1716) Dictionnaire botanique et pharmaceutique, Paris
92. Leclerc G. (1947), Les mangeurs de Terre ou la géophagie au Maroc... et ailleurs. *La Libre Pharmacie*, **23** : 13-14

93. Dorosz Ph., Vital Durand D, Le Jeune Cl. (2012), Guide pratique des médicaments 2013. Ed. Maloine
94. Leonard A., Droy-Lefaix M.T., Allen A. (1994), Pepsin hydrolysis of the adherent mucus barrier and subsequent gastric mucosal damage in the rat : effect of diosmectite and 16 dimethyl prostaglandin E2. *Gastroenterol Clin Biol* **18** (6-7) : 609-16
95. Droy-Lefaix M.T., Drouet Y., Geraud G., Schatz B. (1985), Cytoprotection intestinale. *Gastroenterol. Clin. Biol.* **9** : 37-44
96. Droy-Lefaix M.T. (1987), Smectite et barrière muqueuse intestinale. *Revue Med.Vet.* **138** : 411- 21
97. Gwozdinski K., Jedrzejewska A., Janocka M., Droy-Lefaix M.T. (1997), Effect of diosmectite on the physico-chemical properties of gastric mucus *in vivo* and *in vitro*. *Gastroenterology* **12** : Abstract 136
98. Droy-Lefaix M.T., Schatz B., Drouet Y. (1986) Altération de la barrière muqueuse digestive par les sels biliaries : effet de la smectite. 8^{ème} Congrès Mondial de Gastroentérologie, Sao Paulo, Brésil.
99. Pearson J.P., Ayre D., Droy-Lefaix M.T., Alle A. (1996), Mucolysis of the colonic mucus barrier by oxygen free radicals : implication for ulcerative colitis. *Gastroenterology* **110** : Abstract 988
100. Knight J., Pearson J.P., Droy-Lefaix M.T., Alle A. (1998), Could the discontinuous and structurally weaker colonic mucus gel in ulcerative colites be a result of free radical damage ? *Digestive Disease Week*, 99th Annual Meeting of AGA, New Orleans, LA.
101. Mahraoui L., Heyman M., Plique O., Droy-Lefaix M.T., Desjeux J.F., (1997), Apical effect of diosmectite on damage to the intestinal barrier induced by basal tumour necrosis factor alpha. *Gut* **40** : 339-43
102. Leonard A., Droy-Lefaix M.T., Allen A. (1994), Pepsin hydrolysis of the adherent mucus barrier and subsequent gastric mucosal damage in the rat : effect of diosmectite and 16 dimethyl prostaglandin E2. *Gastroenterol Clin Biol* **18** (6-7) : 609-16
103. Samson H.J., Pearson J.P., Srivastava E.D., Droy-Lefaix M.T., Allen A. (1995), Increased serine dependant proteinases in ulcerative colitis : mucolysis and inhibition by diosmectite. *Gastroenterology* **108** : Abstract 909
104. Bonneville F., Moyen E.N., Droy –Lefaix M.T., Fauchère J.L. (1990), In vitro effect of smectite on *Campylobacter pylori* adhesion upon epithelial cells. *Gastroentérologie Clinique et Biologique* **14** : Abstract 123
105. De Korwin J.D., Forestia B., Plique O. (1993) Symptomatic improvement of patients with non ulcer dyspepsia and *Helicobacter pylori* after treatment with diosmectite. Randomized double-blind study versus placebo. *Acta Gastroenterologica Belgica* **56** : Abstract 149
106. **Williams L.B., Haydel S.E. 2010, Evaluation of the medicinal use of clay minerals as antibacterial agents. *Int Geol Rev* **52** (7-8) : 745-70**
107. Brouillard M.Y, Rateau J.G. (1989), Pouvoir d'adsorption de deux argiles, la smectite et le kaolin sur des entérotoxines bactériennes. *Gastroenterolog. Clin. Biol.* **13** : 18-24
108. Fioramonti J., Droy-Lefaix M.T., Buéno L. (1987) Changes in gastrointestinal motility induced by cholera toxin and experimental osmotic diarrhea in dog. Effect of treatment with argillaceous compound clay. *Digestion* **36** : 230-7
109. Lipson S.M., Stotzky G. (1984) Effect of proteins on reovirus adsorption to clay minerals. *Applied Environmental Microbiology* **8** : 525-30
110. Khediri F., Mrad A.I., Azzouz M., Doughi H., Najjar T., Mathiex-Fortunet H., Garnier P., Cortot A. (2011), Efficacy of Diosmectite (Smecta) in the Treatment of Acute Watery Diarrhoea in Adults : A Multicentre, Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled, Parallel Group Study. *Gastroenterology Research and Practice* 2011

111. Guarino A., Bisceglia M., Castellucci G., et al (2011), Smectite in the treatment of acute diarrhea : a nationwide randomized controlled study of the Italian Society of Pediatric Gastroenterology and Hepatology (SIGEP) in collaboration with primary care pediatricians. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* **32** : 71-5
112. Dupont C., Foo J.L.K., Garnier P., Moore N., Mathiex-Fortunet H., Slazar-Lindo E. (2009), Oral Diosmectite Reduces Stool Output and Diarrhea Duration in Children With Acute Watery Diarrhea. *Clinical Gastroenterology and Hepatology* **7** : 456-62
113. Meknini B., Bernades P., (1994), Etude comparative de l'effet de Bedelix sur la surproduction de gaz intestinaux induite par un repas riche en hydrates de carbone fermentescibles. *Médecine et Chirurgie Digestives* **23** (7) : 442-4
114. Theodorou V., Chrestian B., Fioramonti J., Droy-Lefaix M.T., Bueno M.T. (1994) Protective action of diosmectite treatment on digestive disturbances induced by intestinal anaphylaxis in the guinea pig. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics* **8** : 295-9
115. Meredith T.J., Vale J.A. (1987), Treatment of paraquat poisoning in man : methods to prevent absorption, a review. *Human Toxicol.* **6** (1) : 49-55
116. **Schell T.C., Lindemann M.D., Kornegay E.T., Blodgett D.J., (1993) Effects of feeding aflatoxin-contaminated diets with and without clay to weaning and growing pigs on performance, liver function, and mineral metabolism. *J. Anim. Sci.* **71** : 1209-18**
117. Wu F., et Khlangwiset P. (2010) Evaluating the technical feasibility of aflatoxin risk reduction strategies in Africa. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* **27** (5) : 658-76
118. Dupont C, Vernisse B. (2009) Anti-Diarrheal Effects of Diosmectite in the Treatment of Acute Diarrhea in Children. *Pediatr Drugs* **11** (2) : 89-
119. Szajewska H., Dziechciarz P., Mrukowicz J., (2005), Meta-analysis : Smectite in the treatment of acute infectious diarrhoea in children. *Aliment Pharmacol Ther* **23** : 217-27
120. Cheung K.H., Yuen W.L., (2006), Treatment of acute diarrhoea in adults with dioctahedral smectite (Smecta) : a prospective randomised study. *Hong Kong J. Emerg. Med.* **13** (2) : 84-89
121. **O.Bouchaud, O.Plique et al, (1993), Efficiency of diosmectite in severe chronic diarrhea in HIV immuno-compromised patients. IX th International Conference on AIDS, Berlin**
122. Phanupak P., Hanvanich M., (1992), La diosmectite dans le traitement des diarrhées associées à l'infection à VIH. *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes* **5** : 954-5
123. Rateau J.G., Morgant G., Droy-Priot M.T., Parier J.L. (1982), A histological, enzymatic and water-electrolyte study of the action of smectite, a mucoprotective clay, on experimental infectious diarrhoea in the rabbit. *Current Medical Research and Opinion* **8** (4) : 233-41
124. Kheroua O., Juteau J., Tomé D., Desjeux J.F. (1987), Action de la smectite en présence de la toxine cholérique et de la solution de réhydratation sur les mouvements d'eau et des électrolytes dans l'intestin du rat, in vivo. *Gastroentérologie Clinique et Biologique* **11** : 240A
125. **Sticker G. (1912) Abhandlungen aus der Seuchengeschichte und Seuchenlehre. Chapitre II. Band : Die Cholera, p.511, éd. Topelman, Giesen, Deutschland.**
126. Charrié J.P. (2007), ABC de l'argile, pp. 80-91, éd. Grancher, Paris
127. EFSA Journal (2012) **10** (7):2787
128. Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (23 décembre 1996), bureau hygiène, référence H2/L_CSHAV3.DOC
129. Fu H.J., Hu Q.S., Lin Z.N., Ren T.L., Song H., Cai C.K., Dong S.Z. (2003) Aluminium-induced apoptosis in cultural cortical neurons and its effect on SAPK/JNK signal transduction pathway. *Brain Res.* **980** : 11-23
130. Johnson V.J., Kim S.H., Sharma R.P. (2004) Aluminium-maltotate induces apoptosis and necrosis in neuro-2a cells: potential role for p53 signalling. *Toxicol. Sci.* **83** : 329-39

131. Lukiw W.J., Percy M.E., Kruck T.P. (2005) Nanomolar aluminium induces pro-inflammatory and pro-apoptic gene expression in human brain cells in primary culture. *J. Inorg. Biochem.* **99** : 1895-8
132. **Grosicki A., Kowalski B. (2003) Influence of bentonite on trace element kinetics in rats. 1. Iron. Bull. Vet. Inst. Pulawy 47 : 555-8**
133. Prasad A.S., Halsted J.A., Manucher N. (1961), Syndrom of iron deficiency, anemia, hepatosplénomégaly, hypogonadism, dwarfism and geophagia. *Am. J. Med.* **31** : 532-46
134. Prasad A.S., Miale A., Farid Z., Sandstead H.H., Schulert A.R., Darby W.J. (1963), Biochemical studies on dwarfism, hypogonadism and anemia. *Archives of Internal Medecine* **111** : 407-28
135. Halsted J.A., (1968), Geophagia in Man : Its nature and nutritional effects. *The American Journal of Clinical Nutrition* **21** (12) : 1393-4
136. Halsted J.A., Ronaghy H.A., Abadi P., Haghshenass M., Amirhakemi G.H., Barakat R.M., Reinhold J.G. (1972), Zinc Deficiency in Man, the Shiraz experiment. *The American Journal of Medecine* **53** : 277-84
137. Minnich V., Okçuoglu A., Tarcon Y., Arcasoy A., Cin S., Yörükoglu O., Renda F., Demirag B. (1968) Pica in Turkey ; Effect of Clay upon Iron Absorption. *Am. Journal of Clinical Nutrition* **21** (1) : 78-97
138. Smith J.C., Halsted J.A.(1970) Clay ingestion (Geophagia) as a Source of Zinc for Rats. *Nutrition* **100** : 973-80
139. Coble Y.D., Schulert A.R., Farid Z. (1966) Growth and sexual development of male subjects in an Egyptian oasis. *Am. J. Clin. Nutr.* **18** : 421-5
140. Gelfand M.C., Zarate A., Knepshield J.H. (1975) Geophagia : a cause of life-threatening hyperkalemia in patients with chronic renal failure. *J.A.M.A.* **234** (7) : 738-40
141. DeBakey M.D., Alton Ochsner M.D. (1939), Bezoars and Concretions, A Comprehensive Review of the Literature. *Surgery* **5** : 132-160
142. Albengres E., Urien S., Tillement J.P., Oury P., Decourt S., Flouvat B., Drieu K. (1985) Interactions Between Smectite, a Mucus Stabilizer, and Acidic and Basic Drugs. *Eur J Clin Pharmacol* **28** : 601-5
143. Le Luyer B., Fieffe S., Ducastelle T., Le Roux P. (1987), Intérêt de la smectite dans le traitement des oesophagites du nourrisson. *Annls Pédiatr.* **34** : 577-81
144. Gouyon J.B., Boggio V., Fantino M., Gillot I., Schatz B., Vallin A. (1989) Smectite Reduces Gastroesophageal Reflux in Newborn Infants. *Dev Pharmacol Ther* **13** : 46-50
145. Chang F-Y, Lu C-L, Chen C-Y, Luo J-C (2007), Efficacy of dioctahedral smectite in treating patients of diarrhea-predominant irritable bowel syndrome. *Journal of Gastroenterology and Hepatology* **22** : 2266-72
146. Ducrotte P., Dapoigny M., Bonaz B., Siproudhis L. (2005), Symptomatic efficacy of beidelitic montmorillonite in irritable bowel syndrome : a randomized, controlled trial. *Aliment. Pharmacol. Ther.* **21** : 435-44
147. Mraz F.R. (1957) Some Factors Influencing the Excretory Pattern of Cesium-134 in rats. *Arch. Bioch. And Biophys.* **71** : 121-5
148. Georges Millot, (1954) Géologie des argiles, Ed. Masson et Cie, Paris

X. ANNEXES

XI. ANNEXES

XII. ANNEXES

CLASSIFICATION DES DIFFÉRENTES ESPÈCES MINÉRALES ARGILEUSES (MILLOT)^[158]

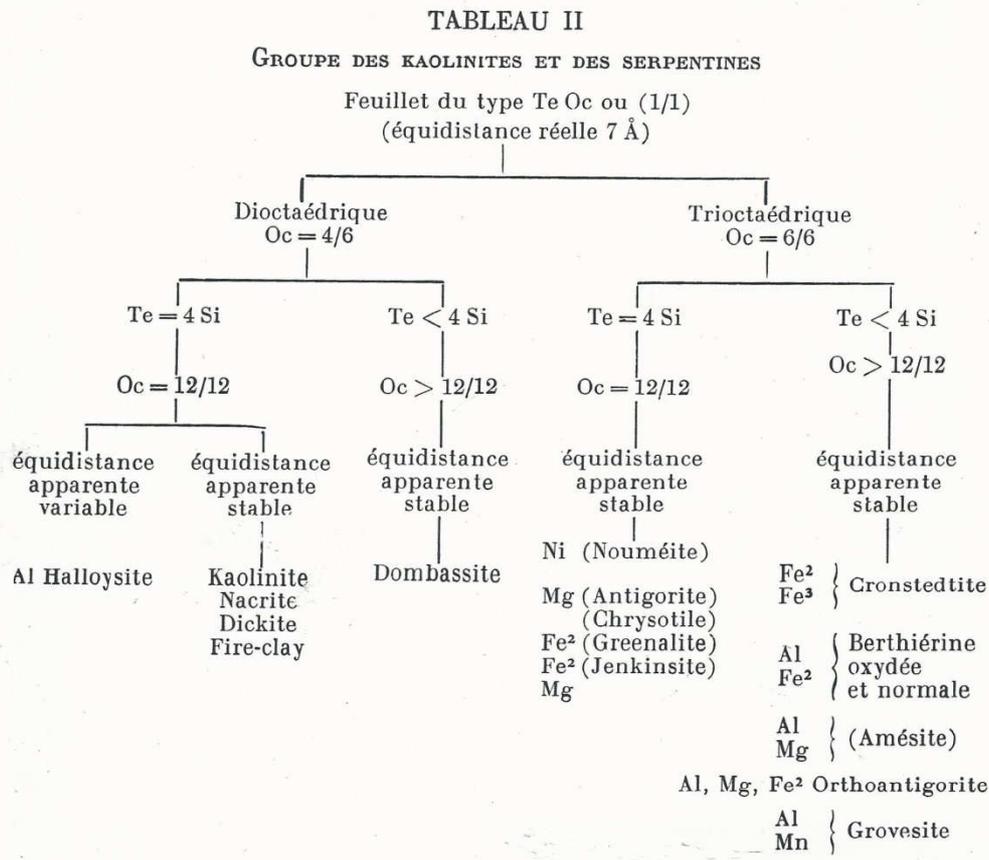
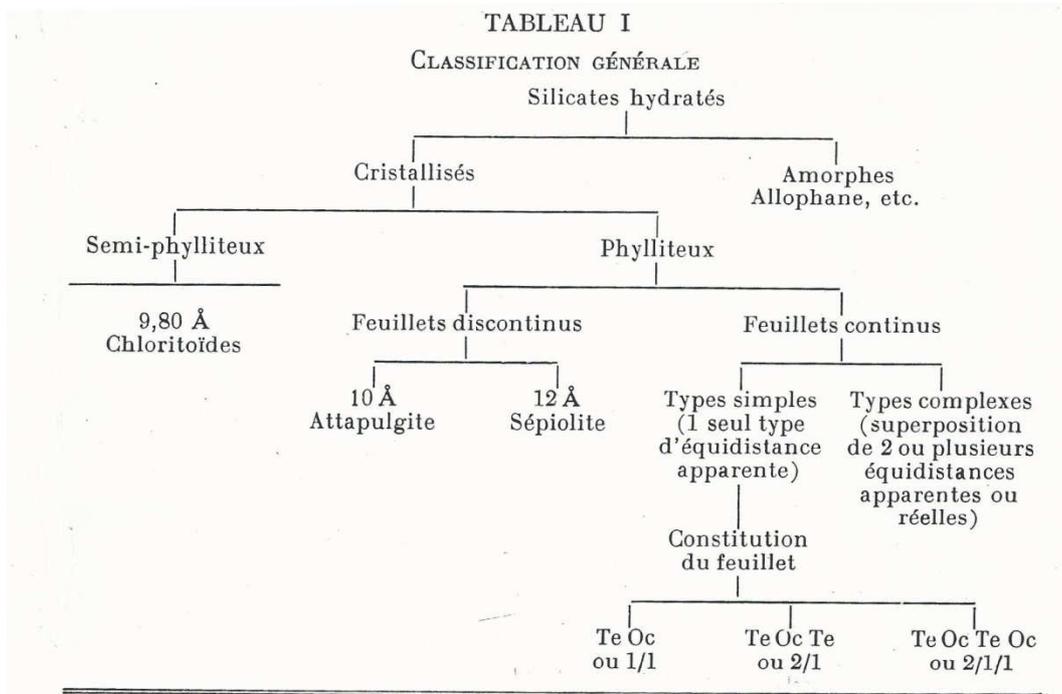


Figure 17 : Classification générale des espèces argileuses (Tableau 1)

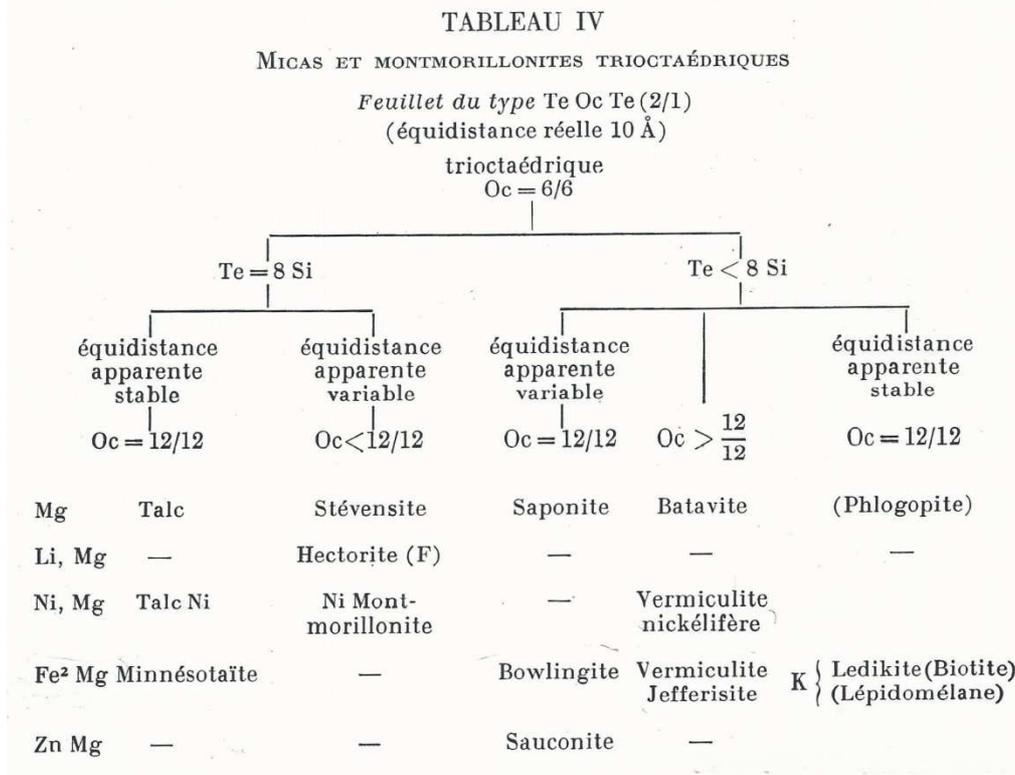
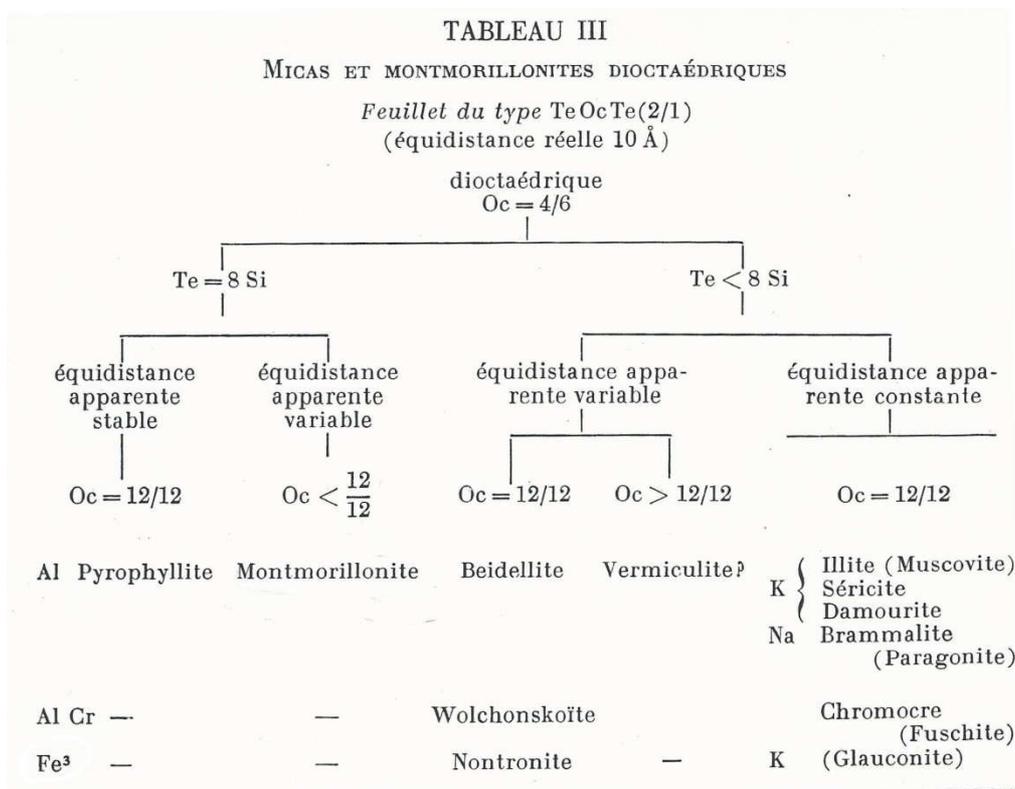


Figure 18 : Classification générale des espèces argileuses (Tableau 2)

1. Médecine coutumière utilisant les silicates d'alumines pour le traitement des problèmes digestifs et de grossesse

Nigerian Geophagical Clay:

A Traditional Antidiarrheal Pharmaceutical

Abstract. The chief geophagical clay entering the West African market system comes from the village of Uzalla, Nigeria. Village inhabitants ascribe antidiarrheal properties to the clay, and they use it in traditional medicinal preparations to counteract intestinal problems. Mineralogical analyses demonstrate a striking similarity between the Uzalla village clay and the clay in the commercial pharmaceutical Kaopectate.

Geophagy, the practice of eating earth, occurs throughout the world (1). In tropical West Africa, the practice appears ubiquitous among the various ethnic groups and it occurs most commonly among pregnant women. One geophagical clay that comes from the village of Uzalla, Nigeria, is widely sold in the markets of West Africa. Although con-

siderable investigation has been devoted to nutritional questions and medical implications of geophagy (2, 3), we are unable to find studies of the pharmaceutical properties of geophagical clays. Our mineralogical analyses of the Uzalla clays indicate a kaolinitic composition strikingly similar to that of the clays in the pharmaceutical Kaopectate.

SCIENCE, VOL. 227

Geophagists in West Africa obtain edible substances either by procuring them from local sources or by purchasing them in the markets. Local sources may be as diverse as red, lateritic clays scraped from the walls of buildings, the interior of termitaria, and in some areas sand (4). Local clays most commonly eaten are those dug from the B soil horizon at depths of 30 to 90 cm (5). Local geophagical clays are used chiefly by those groups not tightly linked to the market system of the region.

Geophagical clays in the West African markets come principally from two production centers. One of these lies east of the Volta River among the Ewe people of Ghana (4); clays from this source are processed to give them a rather uniform egg shape and size, but their penetration into the market network is rather limited. A second source is located in the area occupied by the Beni-speaking peoples of Nigeria. These clays, called *eko* by the villagers who mine and process them, gain wide circulation in the well-articulated West African market system; they have been observed by one of us (D.E.V.) more than 1500 km westward in Liberia. In Ghana and Togo the *eko* clays are known as *Calabar*, a name suggesting connection with the old slave port of Calabar on the Guinea coast and with the transfer of the practice of geophagy via the slave trade to the New World (6).

Eko comes from the village of Uzalla in the Benin area of south-central Nigeria (Fig. 1). North of Uzalla the Aruvbi



Fig. 1. Location of the village of Uzalla in south-central Nigeria.

market held each fourth day. Accumulated purchases often warrant removal by a large truck to regional markets such as Lagos, Ijebu-Ode, and Ibadan for redistribution westward throughout the West African market system. Observations in Uzalla and in its market indicate that 400 to 500 tons are produced and sold each year. The widespread acceptance of *eko* among different ethnic groups many hundreds of kilometers from its source testifies to the antiquity of the trade and use of these clays.

Eko is used in several medicinal preparations in the village of Uzalla. Small chips or scrapings of it plus the liquid extracted by grinding or squeezing the leaves of selected plants are made into a potion. The village medicine man claims that eight of nineteen such preparations are for problems associated with pregnancy; the other eleven concoctions are

used to ease stomach and dysenteric ailments. Salt is added to six of the preparations for stomach and dysenteric problems.

In an effort to assess the scientific basis for these folk practices, we compared the x-ray diffraction patterns of the edible *eko* with those of the clay in Kaopectate (Fig. 2). The three largest peaks for both samples are attributable to kaolinite; the quantities of kaolinite present and the sizes of the particles are very nearly equal, although minor and trace minerals differ. The *eko* clay contains an opaline substance and a trace of quartz, whereas Kaopectate contains the swelling clay mineral smectite, a mica, and some feldspar and quartz.

Broad bands and limited resolution of the peaks in the diffraction angle (2θ) in the range 20° to 22° from the bulk sample of *eko* (Fig. 2c) suggest a kaolinite composed of very small crystallites with a disordered crystal structure. Scanning electron microscopic analyses reveal well-formed mineral flakes $\sim 1 \mu\text{m}$ in diameter. Other peaks in the diffractogram can be attributed to minor quantities (less than 10 percent by weight) of quartz and feldspar. X-ray analysis of an oriented aggregate sample of the fine clay (less than $2 \mu\text{m}$) suggests the presence of two other trace mineral phases (less than 1 percent). The x-ray patterns of the samples after treatment with ethylene glycol exhibit broad bands centered on 14 and 4.1 \AA ; the former is attributable to hydroxy-interlayered vermiculite or swelling chlorite, and the latter is

River cuts through an overburden of Pleistocene coastal sands to expose the gently southward-dipping Emo shales of Paleocene age (53 to 65 million years old). The extent and long history of shale mining in this area are manifest in the remarkable number of excavations that honeycomb the valley bottom and in the widening of the valley from human activity.

Unprocessed *eko* clays are light gray in color and massive in appearance. Bedding planes are faintly distinguished by slight color changes and occasional streaks of coarse particles and organic matter.

Women process the shales for the market by scraping away coarse and gritty materials and sun-drying the irregular blocks. Once dried, the material undergoes smoking and hardening over a smoldering fire for a 2- to 3-day period, a process that transforms the gray shales into *eko* with its characteristic rich chocolate sheen and hardness.

Eko finds outlet chiefly through women merchants who come to the Uzalla

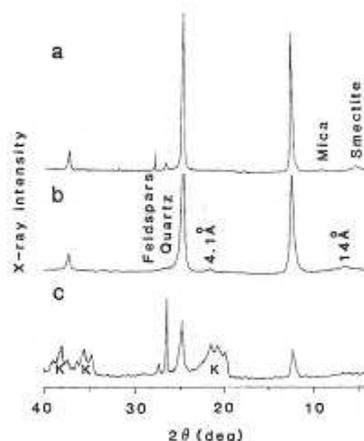


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of (a) Kaopectate clay (oriented sample), (b) *eko* clay (oriented sample), and (c) *eko* clay (random powder). These patterns establish the mineralogical similarity of *eko* and the clay in Kaopectate. Major peaks on the oriented samples are produced by kaolinite; minor mineral peaks are labeled. Broad peaks and bands (K) in (c) are produced by poorly crystallized kaolinite of fine particle size.

associated with opal-A (amorphous silica) or opal-CT (disordered cristobalite and tridymite). Limited amounts of the two minerals preclude more precise identification.

Kaolinitic clays have long been used as a base for pharmaceutical preparations designed to counteract gastric upsets and irritated intestines. Kaolinite adsorbs toxins and bacteria and has been reported to form a protective coat on the mucous membrane of the digestive tract (7). The absence of chemical impurities and other attributes makes kaolinite especially suitable as an ingredient in products for internal consumption. Kaolinite does not usually interfere with the absorption of zinc or iron because its cation-exchange capacity is less than 10 meq per 100 g. Minerals with higher cation-exchange capacities interfere with the absorption of iron (8). A small amount of the kaolinite in *eko* would yield a large number of thin plates having a relatively high surface area; this would result in an enhanced adsorptive capacity and efficacy.

The similarity of the mineral composition for *eko* and Kaopectate suggests that similar purposes are achieved by their consumption. The extent to which the many different ethnic groups in West Africa are aware of the antidiarrheal properties of *eko* is uncertain. The fact that so many medicinal preparations in the village of Uzalla use *eko*, however, supports the notion that the therapeutic qualities of the clay are recognized by those who supply it to the West African market system and possibly by those who purchase it.

DONALD E. VERMEER

*Department of Geography and
Anthropology, Louisiana State
University, Baton Rouge 70803*

RAY E. FERRELL, JR.

*Department of Geology,
Louisiana State University*

References and Notes

1. B. Laufer, *Field Mus. Nat. Hist. Publ.* 18, 99 (1930); B. Anell and S. Lagercrantz, *Swedish Ethnogr. Ups.* 17 (1958).
2. D. E. Danford, *Annu. Rev. Nutr.* 2, 303 (1982); J. A. Halsted, *Am. J. Clin. Nutr.* 21, 1384 (1968).
3. J. R. Amerson and H. Q. Jones, *Bull. Emory Univ. Clinic* 8, 11 (1967); M. C. Gelfand, A. Zarate, J. H. Kneppshield, *J. Am. Med. Assoc.* 234, 738 (1975).
4. D. E. Vermeer, *Ethnology* 9, 59 (1971).
5. ———, *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 56, 199 (1966).
6. ——— and D. A. Frate, *Am. J. Clin. Nutr.* 32, 2129 (1979); *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 65, 434 (1975).
7. E. A. Swinyard, in *The Pharmacological Basis of Therapeutics*, L. S. Goodman and A. Gilman, Eds. (Macmillan, New York, 1965), pp. 976-989.
8. V. Minnich *et al.*, *Am. J. Clin. Nutr.* 21, 78 (1968).
9. Fieldwork support to one of us (D.E.V.) was provided by the National Geographic Society, the American Philosophical Society, and the Council on Research of the Graduate School, Louisiana State University. We thank E. Younathan, F. Hoskins, R. Freel, M. Hitch, and F. Kniffen for review and comments on the manuscript.

8 February 1984; accepted 3 December 1984

2. Protocole argile verte illite et choléra à Madagascar^[126]

Randomisation effectuée sur 85 malades atteints de choléra. Supervision Dr. Robinson

Centre de traitement du choléra, CHU Befelatanana, Madagascar mars 2000
Méthodologie de calcul statistique de la randomisation : logiciel Epi-info.

I- Cadre de l'étude

tableau 1 : répartition des malades

	Répartition	%
Tt classique avec argile illite	40	47.1 %
Tt classique sans argile illite	45	52.9 %
Total	85	100.0 %

85 malades ont été observés, et répartis en deux lots : un lot traité exclusivement par traitement classique, et l'autre avec argile illite en plus du traitement classique.

tableau 2 : répartition des malades selon le tableau clinique

	Tt classique avec argile	Tt classique sans argile	Total
tableau A	0	1	1
tableau B	17	18	35
tableau C	23	26	49
total	40	45	85

Les patients ont été répartis en trois groupes selon la gravité des signes cliniques présentés. Le tableau A correspond aux cas les plus légers ; le B aux cas intermédiaires et le C aux cas les plus graves et à un stade très avancé. La répartition des malades est presque identique sur les deux schémas, selon le tableau de déshydratation présenté.

tableau 3 : répartition des diarrhées à l'entrée

Au total, 84 malades sur les 85 ont présenté des diarrhées.

	Présence de diarrhées	Absence de diarrhée	total
Tt classique et argile illite	39	1	40
Tt classique seul	45	0	45
total	84	1	85

tableau 4 : répartition des vomissements à l'entrée

	Présence de vomissements	Absence de vomissements	total
Tt classique et argile illite	34	6	40
Tt classique seul	36	9	45
total	70	15	85

II- Évolution comparative des signes cliniques

tableau 5 : évolution des diarrhées selon les 2 schémas de traitement

Heure	Malades diarrhéiques Traitement classique et argile illite		Malades diarrhéiques Traitement classique seul	
	0 h	39	100 %	45
6e h	17	43.59 %	39	86.66 %
12e h	13	33.33 %	30	66.66 %
24e h	11	28.20 %	27	60.00 %
48e h	5	12.82 %	24	53.33 %
72e h	3	7.69 %	2	4.44 %
120e h	0	0.00 %	0	0.00 %

Les diarrhées évoluent favorablement 2 fois plus vite avec l'argile illite en appoint.

tableau 6 : évolution comparative des vomissements selon les 2 schémas

Heure	Évolution des vomissements Traitement classique et argile illite		Évolution des vomissements Traitement classique seul	
	0 h	34	100 %	36
6e h	12	35.30 %	26	72.22 %
12e h	6	17.64 %	9	25.00 %
24e h	2	5.88 %	5	13.88 %
48e h	1	2.94 %	1	2.77 %
72e h	1	2.94 %	0	0.00 %
120e h	0	0.00 %	0	0.00 %

65 % des vomissements disparaissent dans les 6 premières heures sous traitement avec l'argile illite.

Le nombre des patients qui vomissent diminue beaucoup plus vite avec l'argile illite en appoint.

tableau 7 : moyenne du temps d'évolution des tableaux de déshydratation selon l'appoint en argile illite ou non

	Moyenne des durées où les malades en tableau « C » évoluent en « B » (en heures)	Moyenne des durées où les malades en tableau « B » évoluent en « A »

		(en heures)
Tt classique et argile illite	14.957	12.641
Tt classique seul	17.652	20.513

L'évolution favorable de la déshydratation semble plus rapide sous argile illite en appoint de traitement.

III- Issue de la maladie selon le traitement

tableau 8 : guérison

	Guéri	Non guéri	Total
Tt classique et argile illite	40	0	40
Tt classique seul	40	5	45
total	80	5	85

RR= 1.13

tableau 9 : durée moyenne de séjour au centre

	1 jour	2 jours	3 jours	4 jours	Total malades	Moyenne (en jour)
Tt classique et argile illite	20 malades	12	7	1	40	1.725
Tt classique seul	11	28	5	1	45	1.911

La durée moyenne de séjour est un peu plus longue sans argile illite.

tableau 10 : décès

	Décès		Non décès		Total
Tt classique et argile illite	0	0 %	40	100 %	40
Tt classique seul	4	9.09 %	40	90.09 %	44
total	4	4.76 %	80	95.24 %	84

Remarque : on a dénombré 4 décès parmi les 5 non guéris du tableau « guérison », le 5e malade ayant été transféré dans un autre service. Le taux de létalité est moindre sous argile illite associée.

3. Epuration d'eau (4 pages)

INSTITUT DE RECHERCHE
MICROBIOLOGIQUE

PROCES-VERBAL D'ESSAI

N° 219/0391

DELIVRE A : ARGILETZ S.A.
Ferme de Maurepas
Chemin des Coches
77290 MITRY-MORY

PRODUIT : ARGILE VERTE SURFINE

N° DU LOT : IRM 188/1090

DEMANDE D'ESSAI DU : 6 mars 1991

ANALYSE REFERENCE : 219/0391

ESSAI : Détermination du pouvoir de rétention des bactéries par une argile en suspension dans l'eau.

Ce procès verbal comporte 4 pages et une annexe

Date d'émission : 25 mars 1991


Christophe NOUGAREDE
Directeur Adjoint
Responsable des Essais


André CHANTEFORT
Directeur
Responsable Qualité

GELOSE POUR LE DENOMBREMENT DES BACTERIES

(Gélose PCA)

1 - COMPOSITION :

Extrait de levure déshydraté	2,5 g
Peptone tryptique de caséine	5,0 g
Glucose	1,0 g
Agar-Agar en poudre	12 à 18 g selon les propriétés gélifiantes du produit.
Eau distillée qsp	1000 ml

2 - PREPARATION :

Dissoudre dans l'eau à ébullition les composants ou le milieu complet déshydraté. Si nécessaire, ajuster le pH à 7,1 de sorte qu'après stérilisation, il soit de 7,0 +/- 0,2 à 20°C (mesure effectuée à 45°C avec une correction de température)

Répartir le milieu dans des tubes à essais à raison de 15ml par tube ou dans des flacons ne dépassant pas 500ml, à raison d'environ la moitié du volume des flacons.

Stériliser à l'autoclave à 121°C +/- 1°C pendant 20 minutes.

3 - REPARTITION EN BOITE DE PETRI :

Couler le milieu gélosé préalablement liquéfié et refroidi vers 40-55°C en boîte de pétri sur une hauteur de 4mm environ. Ne pas sécher à l'étuve.

I - IDENTIFICATION COMPLETE DE L'ECHANTILLON

Nom du produit : ARGILE VERTE SURFINE

* numéro du lot : IRM 188/1090

* fabricant : ARGILETZ S.A.
Ferme de Maurepas
Chemin des Coches
77290 MITRY-MORY

Date de réception à l'I.R.M. : 24 octobre 1990

Conditions de stockage : en chambre froide, + 4 °C.

Période d'analyse : mars 1991

II - CONDITIONS EXPERIMENTALES

Souches bactériennes :

- *Escherichia coli* CIP 54 127 (colibacille)
- *Pseudomonas aeruginosa* CIP A22 (bacille pyocyanique)
- *Staphylococcus aureus* CIP 53 154 (staphylocoque doré)
- *Enterococcus hirae* CIP 58 55 (streptocoque fécal)

Dose d'emploi : recommandée par le fabricant : 6 grammes pour un verre d'eau
utilisée lors des essais : 25 grammes pour 500 ml d'eau (5 % (p/v))

Temps de sédimentation : 1 heure et 30 minutes

Protocole expérimental :

Dans un erlen on mélange 500 ml d'eau distillée stérile, 25 grammes d'argile et 1 ml d'une suspension microbienne titrant 10^8 bactéries par ml.

Un dénombrement témoin du mélange est réalisé à t_0 puis après sédimentation de l'argile les bactéries sont dénombrées à nouveau dans le surnageant et dans l'argile déposée au fond de l'erlen.

III - RESULTATS EXPERIMENTAUX

Souches, collections d'origine et numéros dans la collection	Population initiale dans les 500 ml du mélange	Population après sédimentation	
		dans 500 ml de surnageant	dans 25 g d'argile déposée au fond
<i>Escherichia coli</i> CIP 54 127	17.10^7	$1,3.10^7$	$2,2.10^7$
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> - CIP A22	16.10^7	$0,8.10^7$	1.10^7
<i>Staphylococcus aureus</i> CIP 53 154	9.10^7	$0,03.10^7$	$0,7.10^7$
<i>Enterococcus hirae</i> CIP 58 55	13.10^7	$1,7.10^7$	$3,3.10^7$

Pourcentages de réduction de la flore bactérienne dans le surnageant (d) par rapport à la contamination initiale de la suspension :

- *Escherichia coli* $d_1 = 92,6 \%$
- *Pseudomonas aeruginosa* $d_2 = 95,5 \%$
- *Staphylococcus aureus* $d_3 = 99,7 \%$
- *Enterococcus hirae* $d_4 = 87,3 \%$

IV - COMMENTAIRES ET CONCLUSIONS

Les bactéries de la suspension argile-eau s'adsorbent sur l'argile dans une proportion importante et la contamination initiale se trouve fortement réduite (de 87,3 % à 99,7 %) dans le surnageant.

La somme des bactéries retrouvée dans le surnageant et dans l'argile déposée au fond est inférieure à la quantité mesurée dans la suspension initiale.

On peut supposer que le dénombrement microbien dans l'argile est un résultat par défaut, la population totale adsorbée ne pouvant être récupérée par le traitement d'agitation de l'argile sédimentée.

Il est probable que lors de l'ingestion d'un mélange argile-eau se produisent les mêmes phénomènes d'adsorption et qu'une grande partie de la microflore rencontrée sur le parcours de ce mélange, microflore pathogène ou non, soit éliminée lors du transit de l'argile.

4. Missions humanitaires

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE INTERNATIONALE ET MISSIONS HUMANITAIRES

Indonésie – 2007, 2008 et 2009

Collaboration avec le docteur Grace à Médan, Sumatra

Traitement d'accès graves de chikungunya

Rencontre avec les indigènes traditionnels des îles Mentawai, Sumatra

Contribution à une étude sur la pharmacopragie chez les orang-outans

Bénin – 2005

Collaboration avec le docteur Fiorenzo Priouli, directeur de l'hôpital Saint Jean de Dieu, à Tanguiéta (région nord ouest)

- Création d'un protocole de traitement des escarres infectées (enfants paraplégiques)

- Traitement d'ostéites des membres inférieurs, d'ulcères chroniques purulents, de brûlures électriques, par feu et eau bouillante, de plaies infectées suite à chutes, traumatismes ou accidents de la voie publique, plaies post-opératoires et post dépose de matériel d'ostéosynthèse. Morsures de serpents.

Pérou – 2004

Collaboration avec le docteur José Avendano, ancien directeur et chef du service de chirurgie de l'hôpital de Cusco.

Collaboration avec le Professeur Armando ROBLES, Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingenieria de Procesos, à Arequipa :

- Finalisation de notre protocole d'évaluation des ressources thérapeutiques locales

- Enseignement dans les hameaux de la région d'Andahuylas, à Puno aux abords du lac Titicaca, et dans le bidonville de Huaycan, près de Lima.

Brésil – 2003

Conférences lors d'un congrès international à Belo Horizonte, près de Sao Paulo

Inde – 2003

Collaboration avec le docteur Catalina, dispensaire, région de Madras

- Récolte, préparation et utilisation de minéraux locaux et soins de santé primaire.

Maroc – 2000

Formation aux soins de santé primaire en zone semi-désertique, aux environs de Marrakech. Recueil et évaluation de minéraux locaux

Burkina-Faso - 1997

Collaboration avec l'Association des Tradipraticiens et Herboristes du Kadiogo, regroupant 500 guérisseurs de la région de Ouagadougou :

Recueil de protocoles thérapeutiques coutumiers

Rwanda - 1994

Mission avec le DICAFA (Détachement d'Intervention contre les Catastrophes et de Formation), équipe de secours d'urgence détachée sur la frontière Rwanda-Zaïre lors

des troubles ethniques, relai avec les équipes médicales de l'armée française :
- Hôpital sous tentes pour les populations en déplacement
- Responsable du secteur pédiatrique

Guatemala - 1992

Collaboration avec le docteur Anne Bourgey, Association Medicos Descalzos à Chinique, région de Chichicastelnango : Soins de santé primaire en pays indien Quiche

Mali - 1988-1992

Collaboration avec Sr M. Etienne, directrice de la consultation de nourrissons à la maternité de Mopti et d'un poste de santé en village de sédentarisation touareg :
Création de protocoles de traitement pour les gastro-entérites et pour les affections dermatologiques

Sri Lanka - 1992

Collaboration avec le docteur Jean Pierre Willem, association Médecins Aux Pieds Nus et le Professeur Anton Jayasuruya, professeur de l'hôpital principal de Colombo
- Rencontre avec les aborigènes
- Recherches à la bibliothèque nationale de Colombo

5. Intervention au Guatemala

Une mission s'effectue toujours selon un même schéma standardisé.

1. Je reçois une demande d'une communauté ou de soignants vivant en milieu défavorisé : En l'occurrence, pour le Guatemala, je suis appelée par le docteur Anne Bourgey, jeune médecin généraliste diplômée de la faculté de médecine Paris XIII Léonard de Vinci, qui a soutenu sa thèse avec honneur, sur le thème « EL SUSTO », ou la « perdida del alma », « perte d'âme », pathologie au cours de laquelle le malade trouve inexorablement la mort, dans la culture Maya-K'iche.
2. En France, avant le départ, j'étudie :
 - A l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), les cartes des ressources pédologiques (sols de surface) de la région, donnant quelques présomptions de zones favorables à la recherche de gisements.
 - En bibliothèque d'ETHNOLOGIE, les traditions médicales coutumières locales, en particulier concernant les argiles.
3. Sur place, l'intervention se fait en 3 temps
 - 1^{er} temps (a) : Contact avec la population, vivre dans une famille. Cela permet d'avoir une approche réaliste de leurs besoins, ainsi que de leur regard sur la santé et la maladie, et sur la vie en général (culture)
 - 2^{ème} temps (b) : Enseignement.
 - 3^{ème} temps (c) : Recherche de ressources locales en silicates d'alumine.

Le docteur Anne Bourgey exerce à Chinique, région de Chichicastelango, et dirige l'association locale LOS MEDICOS DESCAZOS, dont l'objectif est la gestion des soins de santé primaire. Cette association enquête sur les usages traditionnels des plantes médicinales locales (ethnobotanique, questionnaires utilisant les dénominations locales des plantes, contact avec les guérisseurs), compare les usages coutumiers avec les connaissances validées sur ces espèces, puis produit des médicaments pour la vente, locale et en exportation. Parallèlement de grandes actions sont entreprises dans le cadre de l'éducation à la santé et de la prévention des épidémies, ainsi que la formation de promoteurs de santé, en collaboration et avec l'appui du ministère de la santé guatémaltèque.

Le contexte : Etat du Quiché. 700.000 habitants environ, dont 90% d'indigènes, à majorité Kiché, Indiens Maya parlant la langue quiché (ou Kiché). Les Quiché habitent les hautes terres tempérées de l'ouest du Guatemala, et constituent le groupe de langue maya le plus important.

Selon l'UNICEF 1990 (notre première mission est en 92), 96% de la population du Quiché vit dans un état de pauvreté, 86% dans un état d'extrême pauvreté. Le taux d'analphabétisme atteint 63% chez les femmes, 45% chez les hommes. La couverture de santé est franchement insuffisante :

- 12.587 habitants pour un médecin
- 14.574 habitants pour un infirmier
- 2.945 habitants pour un auxiliaire de santé.

Mortalité infantile de 56 pour mille de 0 à 1 an, de 102 pour mille jusqu'à 5 ans.

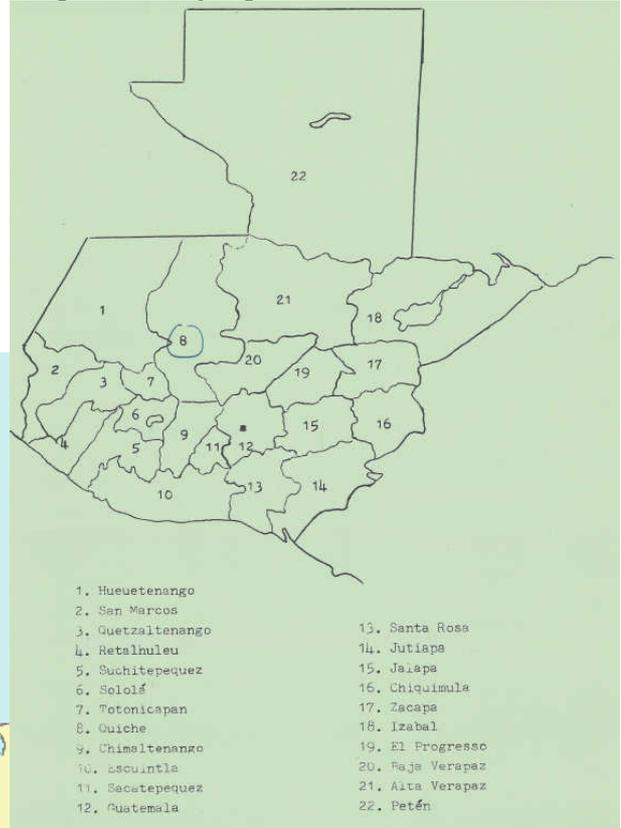


Figure 19 : Le Guatemala et ses 22 départements

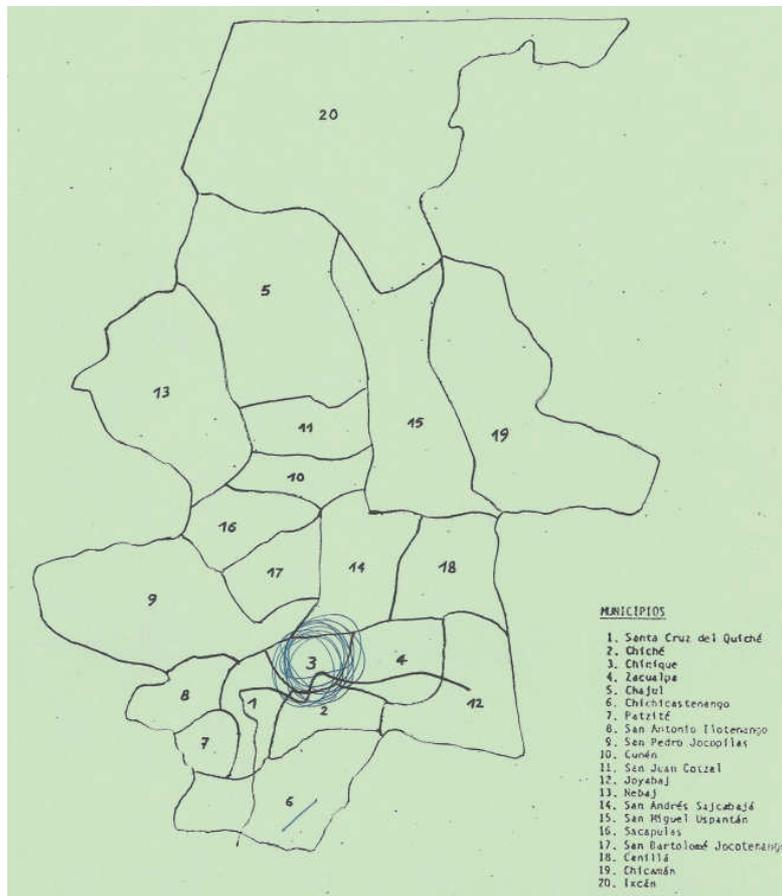


Figure 20 : Département du Quiché (8,378 km²)

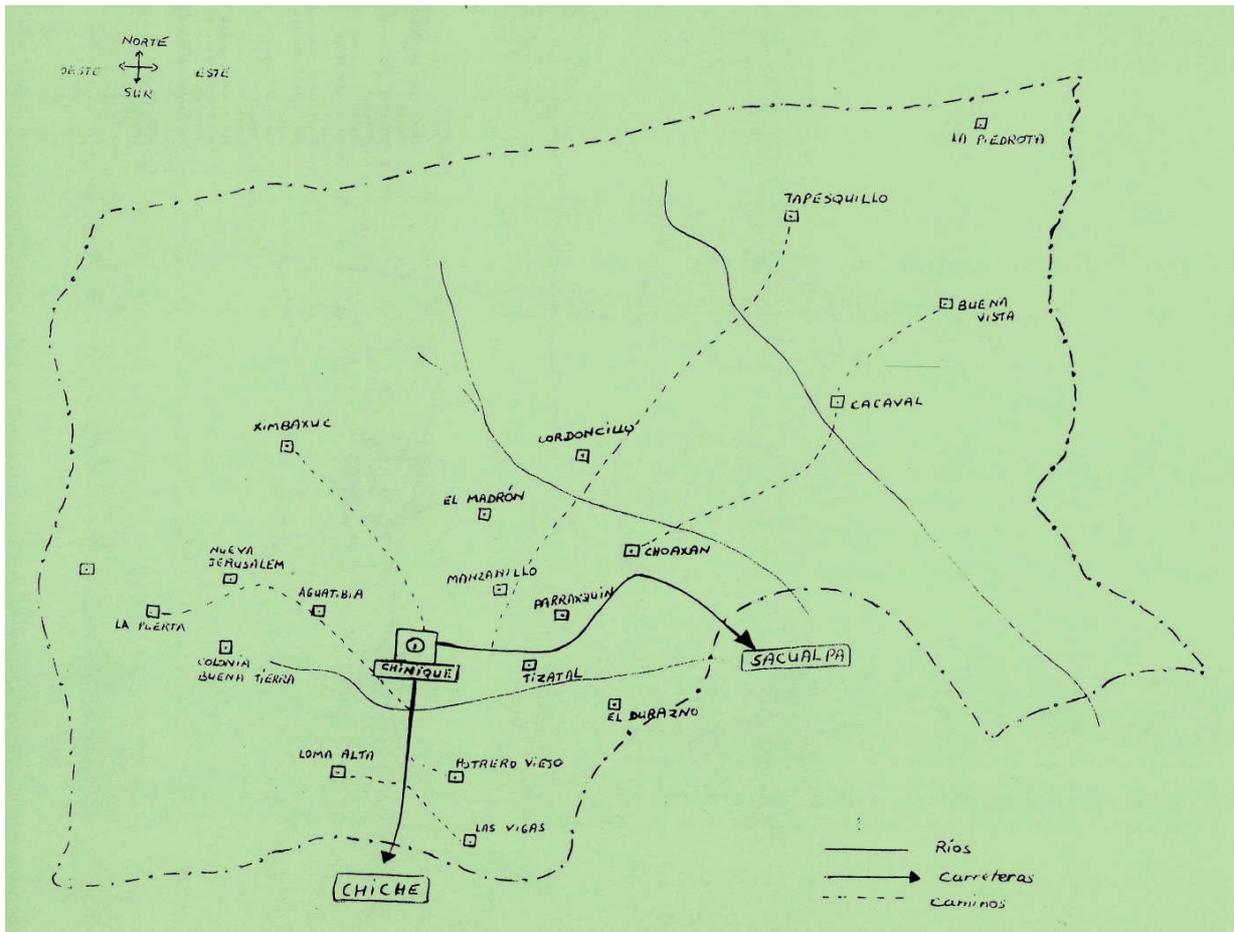


Figure 21 : Carte de la région de Chinique - Tapesquillo au N-E

a. Contact avec la population : vivre dans une famille

C'est la condition sine qua non pour que j'intervienne dans une communauté. Ici je suis hébergée avec mon enfant (la petite « indienne » blonde qui épluche le maïs, de dos sur la droite de la photo) dans la famille de Casimiro, un des membres de l'équipe de Medicos Descalzos. La maison, constituée d'une pièce unique, est isolée au cœur des collines, à deux heures de marche du village.

Le maïs est au centre de la vie, de l'activité, de la nourriture. L'intérieur de la maison est très sombre (remarquez, dans le coin cuisine, deux ouvertures d'une vingtaine de centimètres. Pas de fenêtre). La dernière récolte a été mauvaise, et nous consommons avec la famille le maïs avarié, et buvons avec eux l'eau du puits (« non potable »). Le petit garçon en bleu – Angelito – fera une forte fièvre pendant notre séjour.

Les enfants sont loués à des familles plus riches, les garçons pour le travail des champs, les filles pour faire fonction de bonnes et cuisinières.



Figure 22 : Intégration dans la population - en famille à Tapesquillo

b. Enseignement

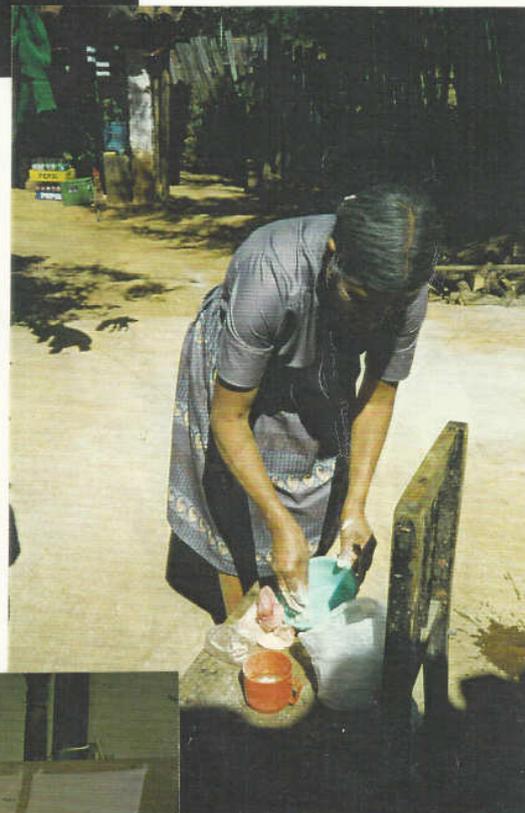


Figure 23 : Enseignement à Chinique

Chaque participant au cours a été prié de ramener un échantillon d'argile de son environnement proche. Les échantillons sont dissous dans de l'eau pour déterminer leur pureté (sable, saletés).

L'enseignement nécessite l'assistance de deux traducteurs : l'un traduit du français à la langue dominante – ici l'espagnol –, le deuxième traduit de l'espagnol vers le dialecte local – ici le Maya Quiché.

Idéalement, les documents pédagogiques seront traduits également dans ces deux langues.

L'enseignement est accompagné de travaux pratiques, indispensables : sur la photo une sage-femme traditionnelle (métis espagnole-indienne) apprend à préparer la pâte pour les soins externes.

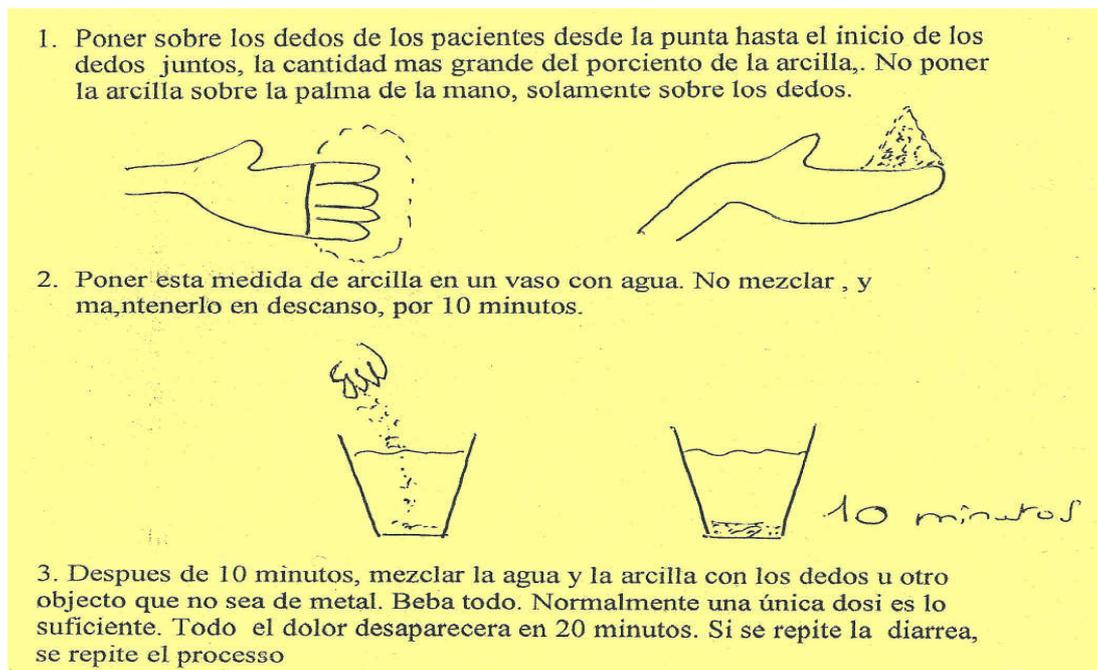


Figure 24 : Préparation de la dose pour le traitement de la gastro-entérite

i. Recherche de ressources locales en silicates d'alumine

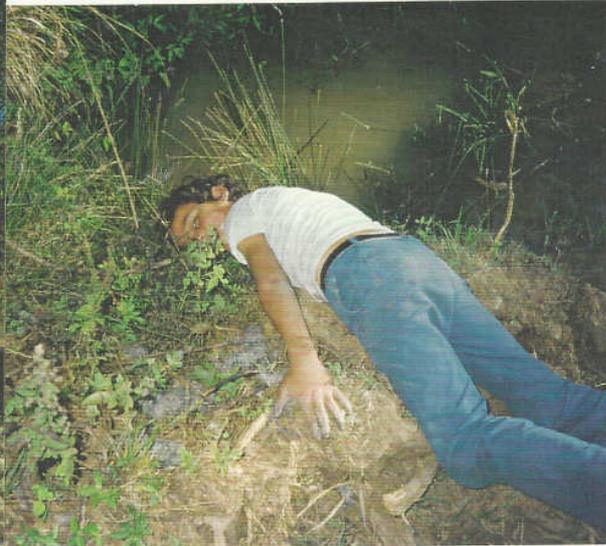
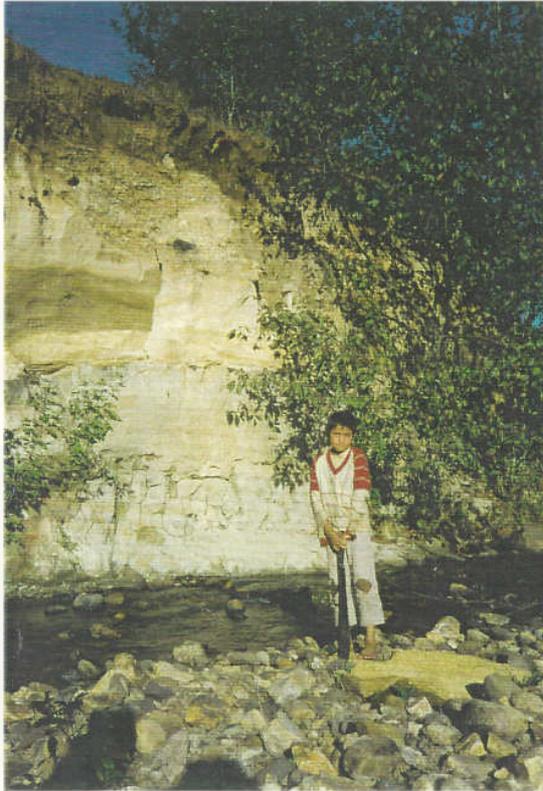


Figure 25 : Premières recherches d'argiles locales

Si la communauté montre un réel intérêt pour les informations que nous partageons avec elle, une deuxième mission est montée avec des géologues bénévoles, dont la fonction est de procéder à la sélection de gisements de silicates d'alumine de l'environnement proche (15 kilomètres).

On peut voir sur les photos une très belle bande d'argile coupée par une rivière. Et notre ami Casimiro nous montre une autre belle argile verte que son fils a retirée du fond d'une source.

Idéalement – et c'est ce qui a été réalisé dans cette mission – on aboutit finalement à une récolte et à un conditionnement des argiles avec ensachage par la communauté elle-même, qui procède ensuite à la vente locale, ce qui permet de bénéficier d'un micro-revenu.

La recherche de bons gisements et la préparation des argiles pour les traitements représentent un travail considérable. Pour vous en donner idée, nous allons vous en exposer quelques éléments.



Figure 26 : Une belle strate d'argile



Figure 27 : Référencement de différents lieux d'extraction



Figure 28 : Séchage naturel

Sur le terrain

- Utilisation de cartes

Des cartes pédologiques, géologiques et topographiques de la région peuvent nous aider à nous orienter. Elles nous permettent dans un premier temps d'éliminer les zones non compatibles avec la présence d'argile, et de définir les zones « possibles ».

- Interroger les personnes locales

Les connaissances et traditions orales des habitants, tant paysans qu'artisans utilisant les argiles (potiers, fabricants de tuiles et de briques, maçons, etc.) sont les premières informations valables. Nous ne recherchons pas nécessairement les mêmes argiles, mais ces professionnels sont capables de décrire le comportement de divers types d'argiles rencontrés sur tel ou tel site.

Par exemple, nous recherchons des argiles gonflantes alors que celles-ci sont gênantes pour certains corps de métier car elles se fendent à la cuisson.

- Signes indicateurs

Sur le terrain, entre les zones indiquées par les personnes locales, les affleurements visibles d'argiles et l'observation des coupes de sol bordant les chemins ou les rivières, il existe des détails qui permettent de prévoir la présence d'argiles gonflantes :

- la présence d'artichauts sauvages dans certaines régions comme en Sardaigne, est souvent signe de présence de smectites à faible profondeur.
- en regardant attentivement le terrain en saison des pluies ou périodes humides, on peut noter la présence de ``bosses`` ou de renflements en ligne, dues au gonflement de l'argile sous-jacente par l'eau.
- une construction qui ``dérape`` sans raison apparente est aussi un signe.
- présence de fentes de retrait en période sèche.

- Tests de terrain

Sur le terrain, quelques tests simples nous permettent de dire si l'on est ou non en présence d'argiles gonflantes :

A - Sur un échantillon sec on peut faire les tests suivants :

A.1. Test de la langue : poser un petit morceau sur la langue pour voir s'il happe la langue. Si le test est positif c'est qu'on est en présence d'argile. Une langue plus experte pourrait même différencier plusieurs types d'argile. En effet si le morceau happe comme une « ventouse » avec une sensation sèche, ce serait plutôt une attapulgite ou une sépiolite. Par contre, s'il happe juste au début et est accompagné d'une sensation de boue, de glissement, ce serait plutôt une smectite.

A.2. Test de l'eau : Mettre une fraction sèche dans de l'eau, et observer le degré de délitement et de gonflement.

A.3. Test du calcaire : Verser du vinaigre ou de l'acide chlorhydrique diluée 10 fois (HCL 0.1N). S'il y a une réaction (pchitttttt + bulles) = présence de calcaire.

B - Sur un échantillon humide prélevé à 20/30 cm de profondeur nous pouvons faire les tests suivants :

B.1. Malaxage : malaxer l'argile pour vérifier sa plasticité. Regardez si votre doigt glisse comme du savon (phénomène de « slikaen side »), si oui présence possible de smectite.

B.2. Test du boudin : essayez de faire un boudin sans qu'il s'effrite, puis faites un nœud avec. Si vous y arrivez, il y a de grandes chances que vous soyez en présence de kaolinite.

B.3. Goûter l'argile : La partie argileuse se sent par son délitage (sensation pâteuse) alors que le crissement entre les dents indique du sable et du mica, et permet d'apprécier son degré de pureté (pourcentage réel d'argiles).

- Prise d'échantillon

Afin d'effectuer des tests ultérieurs, il est nécessaire de prélever des échantillons des sites intéressants rencontrés sur le terrain. Faire un prélèvement à différents endroits surtout s'il y a des variations de couleurs.

Les conserver dans des sacs plastiques (l'idéal étant des sacs congélation), en prenant soin de les nommer et de les situer.

Confirmation de la qualité de l'argile en laboratoire

- Contrôle d'humidité

Peser exactement 100gr d'argile dans une assiette. Mettre à sécher au soleil (s'il y a) ou au séchoir, mais ne pas utiliser de four car la chaleur ne doit pas être trop forte . On détermine que l'argile est sèche de la manière suivante : peser régulièrement l'argile (de 2 à 6 heures suivant la chaleur). Si les chiffres des 3 dernières pesées sont identiques, c'est que l'argile est sèche. On continue le séchage tant qu'il y a des variations. Le taux d'humidité en % est la différence entre le poids sec et humide.

- Test du verre d'eau

Prendre un petit bloc d'argile sèche (voir protocole précédent) et le tremper dans un verre d'eau. Un échantillon qui « éclate » c'est à dire que l'on voit se décomposer par gonflement des petites particules, pour finir par se réduire en « phase » sédiment homogène : ceci indique la présence d'argile gonflante.

Il est à noter que si l'argile n'a pas été séchée au préalable, ce phénomène ne sera pas visible.

- Contrôle de couleur

Il est très important de répertorier la couleur de l'argile, car un changement de couleur peut paraître suspect. On commence par donner la couleur dominante : blanc, jaune, rouge...clair, foncé. Ensuite on note la présence de points ou de « passées » de couleurs différentes. Ex : bleu clair passées roses et jaune.

Après séchage, le plus souvent, les couleurs deviennent plus claires, de même plus on broie fin. La couleur de l'argile humide sera celle d'une suspension ou d'une pâte.

- Contrôle du grit.

Définition : C'est le pourcentage de corps étrangers dans l'argile.

Matériel : un agitateur mixeur (de type mixeur pour faire les soupes), un filtre tissu ou tamis 325 (45 microns).

Méthode : on prélève 20 gr d'argile après séchage, que l'on pile et que l'on met dans un bécher de 500cc avec 200cc d'eau. On agite pendant 3 minutes avec le malaxeur, et on laisse reposer la nuit. Le lendemain on agite à nouveau avec le blender pendant 15 secondes. Puis on passe le produit au tamis . On finit sous l'eau du robinet en faisant attention de ne pas perdre de produit. Lorsqu'il ne reste plus trace de l'argile sur le tamis, mais seulement des particules dures et grossières, on les fait sécher et on les pèse.

On obtient le taux de grit en % , en multipliant par 5 la quantité pesée.

(ex : quantité pesée = 2 gr , le taux de grit = $2*5= 10$ %).

ATTENTION : Si le taux de grit est supérieur, il est nécessaire de faire une décantation de l'argile si l'on a l'intention de l'utiliser pour un usage interne et pour l'utilisation d'une argile fine.

- Contrôle de la capacité d'échange au bleu de méthylène

Ce test permet d'évaluer la capacité d'échange ionique de notre argile, c'est à dire son pouvoir d'adsorption.

La méthode utilisée est une méthode qui nous est spécifique, adaptée à partir de la méthode classique dite « au bleu de méthylène », car c'est celle qui demande le minimum de matériel et reste suffisamment précise. Ne disposant pas d'agitateur magnétique , ni de bain à ultrasons, nous avons dû l'adapter à nos possibilités. Des contrôles faits avec notre méthode sur des échantillons témoins permettent de conclure à sa fiabilité.

Voir document spécifique : cette étape d'évaluation est primordiale lorsque l'on envisage un usage médical.

Évaluation des sites

Après avoir analysé nos différents échantillons, il est nécessaire d'analyser les différents sites en fonction des critères suivants, afin de choisir le site le plus adapté à l'extraction.

1. Exempt de pollution. Contexte sanitaire satisfaisant : Ne jamais prélever en zone cultivée ou urbanisée, le gisement doit être dans une zone sans activités industrielles ni élevage intensif, il doit être éloigné d'habitations, de latrines...
2. Homogénéité du gisement
3. Volume du gisement
4. Proximité de Chiniqué, facilité d'accès
5. Propriété du site, droit d'extraction

Extraction

Cela doit s'effectuer sous les fentes de retrait en saison sèche ou à 80 cm de profondeur.

Innocuité de l'argile : Check list

Nous avons :

- Vérifié que le gisement n'est pas dans une zone à risque de pollution
- Extrait l'argile en profondeur : 80 cm sous le toit horizontal et 40 cm du mur vertical pour les coupes de sol
- Utilisé des sacs propres correctement fermés
- Condamné les ouvertures de l'atelier de traitement de l'argile afin d'en interdire l'accès aux animaux et aux insectes.
- Lavé les mains et le matériel avant toute manipulation
- Effectué des séchages complets du matériau après extraction et après décantation
- Conditionné l'argile décantée dans des sacs en papiers (respirant), fermés, et dans un lieu sec

Analyses complémentaires

Les échantillons présentant les meilleures qualités sont analysés gracieusement par l'Institut de Recherche et Développement (I.R.D.) de Bondy, qui effectue une diffraction de rayons X.

Stérilisation

Si une décantation est indispensable, le choix de faire une stérilisation peut être discuté en fonction du risque de contamination de l'argile lors de sa récolte, en effet le risque de contamination le plus important est le risque de contamination manuportée.

Sur une peau lésée (plaies, brûlures), il est impératif d'utiliser une argile garantie propre.

La méthode retenue pour la stérilisation a été le bain-marie, car la température ne peut excéder les 100 degrés, sinon on va détériorer l'argile par fuite de son eau de constitution.

- Traitement de l'argile/atelier

En fonction du résultat du test de grit et/ou de l'usage qu'on en fera il sera nécessaire d'effectuer une purification de l'argile, c'est à dire d'enlever tous les corps étrangers.

Il existe différentes techniques. Nous avons choisi la décantation. Elle a été utilisée au Guatemala avec les ressources locales.

Le principe est d'utiliser le fait que l'argile mise dans l'eau est plus légère que la plupart des impuretés, et donc qu'elle mettra plus de temps - après agitation - à retomber au fond d'un récipient.

- Technique de la décantation
 - Les sacs contenant la récolte ont été gardés correctement fermés, à l'abri de l'humidité
 - Premier séchage au soleil ou au séchoir à plantes, on en profite pour enlever le maximum d'impuretés (brindilles, cailloux...), et casser les gros morceaux
 - Moudre l'argile à la pierre à meule sur socle de bois ou de pierre
 - Remplir une olla (grand récipient en terre cuite) de moitié d'argile moulue, puis compléter avec de l'eau bouillie et refroidie.
 - Attendre que l'argile ait bu l'eau (environ ½ heure)
 - Remuer : le mélange doit être bien uniforme, sans grumeau et sans pâte adhérente au fond du récipient.
 - Attendre 30 secondes, pour que le sable tombe au fond par gravité.
 - Par siphonnage, transférer le mélange dans une autre olla, en évitant soigneusement le dépôt du fond qui contient beaucoup de sable (mais avec lequel il est possible de ré-effectuer immédiatement une décantation, en reprenant à l'étape 4).
 - Attendre 1 heure, puis enlever l'eau surnageante par siphonnage, en évitant de trop remuer le récipient
 - Récupérer l'argile couche par couche, chacune d'entre elle correspondra a niveau de pureté d'argile différent : types d'argile : de 1 à 4, le type 1 étant le plus clair et exempt de sable, et le 4 le plus foncé et riche en sable.
 - Séchage de la boue dans des tamis recouverts de papiers
 - Une fois sèche, on la pèse et la stocke dans des sacs en papier étiquetés

Écrire les informations sur les fiches de suivi pour chaque lot d'argile traité.

Fabrication de produits finis conditionnés pour la vente aux particuliers : cailloux, poudre brute, poudre fine.

DURANT TOUT LE PROCESSUS IL EST IMPORTANT DE SUIVRE DES RÈGLES STRICTES D'HYGIÈNE : LAVAGE DU MATÉRIEL, LAVAGE DES MAINS.

EN CONCLUSION

Sur ce lieu d'intervention (Guatemala) nous effectuerons 3 missions :

Une première mission de prise de contact et enseignement, suivie de deux interventions avec des géologues professionnels bénévoles, pour évaluer les gisements locaux de silicates d'alumine.

Notre optique est toujours de faire des missions brèves, et former des personnes locales qui vont prendre le relais, et adapter les éléments que nous avons apportés à leur culture et à leurs besoins.



Figure 29 : Broyage manuel des cailloux secs d'argile



Figure 30 : Tamisage



Figure 31 : Ensachage pour vente

Lettre de remerciement après la première intervention

Estimada Doctora:
Florencia
y Mimi flora
Nacionalidad Francesa

Atentamente toda la familia nos dirigimos a usted.
Con el propósito de saludarle con mucho cariño y amor
y Ojalá se encuentre en bien de Salud alado de su
estimada familia amistades, amigas Son nuestros
deseos que nuestro Dios le bendiga en su familia.
Después de nuestro corto Saludo Pasa a lo siguiente:
el barro que nos atraído en Francia hemos tenido
buen resultado con las personas y de mi familia y
astá a los animales como por ejemplo las vacas hemos
curado heridas grandes solo con el barro fite si
a los niños con los granos en la piel y la
calentura haciendo las cataplasma. Yo Casimiro
y mi esposa Nicolasa y el niño Angel queremos que
reforma acá en chimique en las Comunidades
para tener otros cursos o capacitaciones a cerca
del barro acá Guatemala ver los medicinas
las tenemos cerca. Así pues Doctora
Florencia y Mimi flora le esperamos con los brazos
abierto en nuestra casa en la familia en chimique y
en Tapasquillo Solamente: y una feliz Navidad
/93

Atentamente:
Los Esposos: Casimiro Truc C.
Nicolasa Mendoza
Tapasquillo 11 de Noviembre de 1993.

Chère Docteur Florence

Toute la famille et moi-même nous nous adressons à vous avec beaucoup d'affection et amour, et, on espère que vous serez en bonne santé à côté de votre famille et vos amis, on vous souhaite de tout cœur et les bénédictions à votre famille.

Après vous avoir saluer on passe à autre chose. Sa Terre que vous nous avez envoyée de France, on en a eu de bons résultats.

Avec les gens de ma famille, et, même les animaux comme par exemple les vaches (des grandes plaines) simplement avec la Terre.

Imaginez-vous avec les enfants, les boutons sur la peau, et la fièvre. On a fait des cataplasmes mon épouse Nicolax et l'enfant Henri.

on voudrait que vous reveniez ici. à Chimique dans la communauté - pour refaire un autre cours sur la Terre. Ici en Guatemala. Voir les médicaments. on les a à côté. Alors on vous attend Docteur Florence, avec les bras ouverts dans notre maison en famille, à Chimique x - en Tapasquillo

Meilleurs vœux de fin d'année

Affectueusement les Epoux

Casimiro - Nicolax - Mendosa.



SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité.

Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés.

Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leur famille dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; Que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

NOM DE L'AUTEUR : Jade Allègre

TITRE DE THESE :

LES SILICATES D'ALUMINE (ARGILES) EN THERAPEUTIQUE

Une pratique coutumière ancienne relayée dans la médecine moderne

RESUME :

Cette thèse a pour objectif de faire le point sur les usages thérapeutiques actuels des silicates d'alumine, de les mettre en parallèle avec leurs usages traditionnels coutumiers, et de relever les pistes pertinentes qui permettraient d'ouvrir de nouvelles perspectives thérapeutiques.

L'usage des silicates d'alumine en médecine fait partie du patrimoine coutumier de l'humanité depuis ses premiers pas, et les documents manuscrits les plus anciens en portent témoignage, en Europe et ailleurs. Depuis 40 ans, ils font aussi partie de mon parcours professionnel : j'ai pu en apprécier l'efficacité dans le contexte humanitaire, expérience de terrain qui sert de support à ce travail.

Le mode d'action de ces minéraux sur la santé fait l'objet de nombreuses publications, en particulier en ce qui concerne l'effet de barrage de molécules toxiques par inclusion dans le gel muqueux intestinal : captation de germes et toxines par adsorption et absorption, modification du pH et des échanges hydriques, désorption de cations accompagnateurs naturels ou modifiés, etc.

D'autres mécanismes restent à explorer : une nouvelle branche de recherche a vu le jour, la géologie médicale, dont l'objet est d'étudier spécifiquement l'impact des matériaux géologiques sur la santé de l'homme et de l'animal. D'abord principalement orientée sur les aspects négatifs du sujet (arsenic, uranium, amiante, plomb, mercure), cette spécialité a pris un nouvel essor avec l'étude des effets positifs et bénéfiques des minéraux sur notre santé. Les documents les plus anciens témoignent de l'usage des silicates d'alumine en tant qu'antipoisons : leur intérêt semble se confirmer dans la décontamination de radionucléides.

L'éthologie montre également que de nombreuses espèces ingèrent spontanément des silicates d'alumine, en liaison semble-t-il avec un panel d'affections plus large que celui de leur prescription actuelle. L'investigation de ces ingestions spontanées (géophagies), associée à l'exploration des indications de ces minéraux en médecine vétérinaire, conduit à des recoupements prometteurs qui pourraient ouvrir sur un enrichissement de notre pharmacopée humaine. Nous envisageons plus particulièrement des protocoles simples adaptés à des contextes d'urgence individuelle et collective, dans les cas de choléra, d'intoxications, et de diverses symptomatologies gastriques et intestinales.

Les silicates d'alumine font partie de notre futur : ils sont disponibles en grand quantité, peu onéreux et peu toxiques. Pour les populations pauvres et/ou isolées des pays émergents, ils contribuent à l'autonomie de la gestion des besoins de santé. Les argiles sont « culturellement compatibles » avec ces peuples, qui portent, dans leur histoire ancienne et/ou récente, les mémoires d'un compagnonnage heureux avec ce minéral.

Nous pouvons tous profiter de cette mémoire collective : sur notre planète, la vie n'aurait pu naître sans l'aide des argiles. Des milliers d'années plus tard, il semblerait que ces minéraux puissent encore contribuer à la protéger...

MOTS CLES : silicate d'alumine, argile(s), géophagie, choléra, gastro-entérite infectieuse, remède traditionnel, usages coutumiers, pays en voie de développement, humanitaire, vétérinaire, adsorption, absorption.

DATE DE LA SOUTENANCE : 19 Décembre 2012

COORDONNEES DE L'AUTEUR : 41, rue Chapon - 75003 Paris – jade-allegre@orange.fr