

Michel Rautureau, coordonnateur

Argiles et santé

Propriétés et thérapies



antalgique
anti-infectieuse
antimycosique
antiphlogistique
antisérotonine
bioactivatrice
cicatrisante
désinfiltrante
hémolytique
sédative

...

Argiles et santé

Propriétés et thérapies

Argiles et santé

Propriétés et thérapies

Michel Rautureau

coordonnateur

Docteur d'État ès sciences physiques,
Maître de Conférences des universités

Nicole Liewig

Docteur d'État ès sciences naturelles,
Chargée de recherche au CNRS

Celso Gomes

Ph. D in Materials Science,
Professeur, université d'Aveiro (Portugal)

Mehrnaz Katouzian-Safadi

Docteur d'État ès sciences biologiques,
Chargée de recherche au CNRS,
Chargée de cours, université Paris 7

Préface

Yvon Le Maho

ditions
édicales
internationales

Allée de la Croix-Bossée
94234 Cachan cedex

Chez le même éditeur

Encyclopédie des vitamines – Du nutriment au médicament

Guilland J.-C., Lequeu B., 2009

Dictionnaire pharmaceutique – Pharmacologie et chimie des médicaments

Landry Y., Rival Y., 2006

Dictionnaire de science du sol

Lozet J., Mathieu C., 4^e édition, 2002



© LAVOISIER, 2010

ISBN : 978-2-7430-1202-1

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands Augustins - 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code pénal art. 425).

Préface

À la lecture de ce livre, le lecteur sera certainement étonné de l'ancienneté et de l'importance des observations sur le rôle biologique des argiles. Ces connaissances établies empiriquement, comme celles qui nous sont rapportées par un auteur expert de la médecine arabe du Moyen Âge, se sont traduites par le développement d'une pharmacopée simple et peu coûteuse. Face à la pauvreté d'une grande partie de la population mondiale et au problème criant de la faim, il n'est donc pas surprenant de voir des enfants manger de l'argile. Cette « géophagie nutritionnelle » est d'ailleurs probablement restée dans beaucoup de mémoires, suite aux images retransmises dans les médias du monde entier, montrant la confection de galettes d'argile par des populations haïtiennes. La multiplicité des argiles, qui étonnera également le lecteur de cet ouvrage, permet d'envisager une passionnante étude comparative de leur propriétés. Cependant, le rôle biologique des argiles a été encore peu abordé au plan scientifique. l'une des premières raisons de ce désintérêt est probablement le faible rapport financier à escompter avec cette pharmacopée. Une autre explication peut être trouvée dans l'hégémonie de la recherche sur le génome qui a caractérisé l'étude du vivant ces dernières décennies. Il est probable que la prise de conscience des excès d'une vision trop réductionniste de la biologie et le développement d'une recherche plus intégrative favorisera l'approche plus fonctionnelle que nécessite l'étude du rôle biologique des argiles. Mais les équipes de recherche n'obtiendront les moyens humains et financiers nécessaires que si les mentalités de ceux qui attribuent les moyens de recherche évoluent, notamment en considérant plus sérieusement les médecines dites « naturelles ».

Dans ce contexte, l'un des grands mérites de ce livre est de faire le tri entre les nombreuses qualités biologiques des argiles déjà établies empiriquement depuis les débuts de l'Antiquité, d'ailleurs sans pour autant que les mécanismes d'action en soient la plupart du temps parfaitement compris, et celles qui pour

l'instant n'ont aucun fondement réel et correspondent à du charlatanisme. Une meilleure compréhension des divers rôles biologiques des argiles et de leur mécanismes sous jacents ne présenterait donc pas seulement un grand intérêt pour la médecine et la recherche fondamentale, elle permettrait également, face à l'explosion du marché des faux médicaments dans les pays pauvres et à une médecine parallèle en plein essor dans les pays nantis, de mieux discerner les contours et les bénéfices d'une pharmacopée encore une fois facilement accessible.

L'un des autres mérites de ce livre est de faire découvrir au lecteur que la géophagie n'est pas le seul apanage de l'homme. Les animaux ont également appris à tirer profit des bienfaits des argiles, qu'ils sélectionnent d'ailleurs comme ces perroquets d'Amazonie qui ingèrent certaines argiles en tirant profit de leur accessibilité sur les berges érodées par des cours d'eau. Il n'est pas en effet courant que l'on puisse enrichir la compréhension d'une pharmacopée développée par l'homme de celle qui au cours de l'évolution a également été développée chez l'animal dans son milieu naturel. Ainsi, alors que les populations humaines ont particulièrement développé l'usage de l'argile au plan nutritionnel, eu égard à leur bénéfice alimentaire ou à leur efficacité dans le cas de désordres intestinaux, l'ingestion d'argile par certains animaux leur permettrait de se nourrir de graines autrement toxiques.

Face à l'urgence socio-médicale, les compétences regroupées dans cet ouvrage ont permis de traiter le sujet sous ses différentes formes d'actualité et d'utilité scientifique et de fournir au lecteur une vision synthétique, historique et pluridisciplinaire, des rapports entre l'homme et les animaux avec un matériau omniprésent à la surface de la planète. Malgré l'ancienneté de ces rapports, le lecteur devrait entrevoir la modernité qui se dégage grâce aux instruments permettant aujourd'hui aux scientifiques d'aborder l'échelle nano des structures cellulaires et cristallines, cette échelle où se jouent justement de subtils échanges et interactions entre les atomes à la frontière du vivant et du minéral. L'enseignement à en tirer est immense...

Yvon Le Maho

Membre de l'Académie des Sciences, Paris.
Écophysiologiste, directeur de recherche au CNRS,
Institut pluridisciplinaire Hubert Curien, Strasbourg.

Liste des auteurs

Celso Gomes

PhD in Materials Science from the Leeds University
Docteur en science des matériaux
Professor, Departamento de Geociências,
Universidade de Aveiro
Campus Universitário de Santiago
3810-193 Aveiro, Portugal

Mehrnaz Katouzian-Safadi

Docteur d'État ès sciences biologiques
Chargée de recherche au CNRS
Chargée de cours à l'université Paris 7
UMR 7219-CNRS
Université Paris 7 Diderot
Centre d'histoire des sciences et des philosophies arabes et médiévales

Nicole Liewig

Docteur d'État ès sciences naturelles
Chargée de recherche au CNRS
Institut pluridisciplinaire Hubert Curien
Département écologie, physiologie et éthologie
UMR 7178 CNRS-UDS
23, rue Becquerel, 67087 Strasbourg cedex 2

Michel Rautureau, coordonnateur

Docteur d'État ès sciences physiques
Maître de Conférences, retraité,
Université d'Orléans

Remerciements

Les auteurs remercient pour leur participation ou leurs conseils :

Mme Jade Allègre ;	M. André Lingoï ;
Mme Nadia Alem ;	M. Alain Piquard ;
M. Alain Baronnet ;	M. Guy Pierre ;
M. Daniel Beaufort ;	M. Alain Plançon ;
M. Jean-Christophe Charrié ;	Mme Thérèse Rautureau ;
M. Norbert Clauer ;	M. Roshdi Rashed ;
Mme Joëlle Duplay ;	Mme Joëlle Ricordel ;
Mme Françoise Elsass ;	M. Eduardo Ruiz-Hitzky ;
Mme Josiane Francart	M. Henri Van Damme ;
M. Hervé Gaboriau ;	M. Fernando Veniale ;
Mme Khadidja Guellil ;	M. Jacques Yvon.
M. Toshiro Kogure ;	Les sociétés scientifiques :
Mme Anne-Marie Jaunet ;	GFA et AIPEA.
M. Mohamed Khodja ;	

En hommage à : Caillère S, Hénin S et Millot G.

Alors Dieu modela l'homme avec la glaise du sol, insuffla dans ses narines une haleine de vie et l'homme devint un Être vivant,

La Genèse, chapitre 2, verset 7

J'ai toujours pensé que nous sommes faits de glaise, que la vie n'a de cesse de nous modeler. Le plus important reste donc de faire très attention à ce qu'elle ne sèche pas. Sinon, tout est perdu : on devient prétentieux, on s'enferme dans ses certitudes, on se love dans son confortable train-train quotidien, on se construit un rempart nous interdisant pour toujours l'accès à l'émerveillement, à l'enchantement.

Maud Fontenoy, *in* Le Sel de la vie, 2007

Table des matières

Préface	V
Liste des auteurs	VII
Remerciements	VIII
Avant-propos	1
Introduction	7

Chapitre 1

Aspect historique d'une pharmacopée naturelle : l'argile dans le corpus de « la pharmacopée médiévale » écrite en langue arabe

1. Introduction	15
2. Variétés géographiques et propriétés physiques des différentes argiles ...	18
3. Quelles argiles pour quelles thérapies?	21
3.1. Selon Hunayn Ibn Ishâq (804-877)	22
3.2. Selon Râzî (865-925)	23
3.3. Selon Avicenne (980-1037)	26
3.4. Du XI ^e siècle à... ..	27
4. L'argile et la vie quotidienne	28
4.1. Omniprésence de l'argile	28
4.2. L'argile : ingrédient complice des falsifications.....	29
4.3. L'argile : ingrédient de guérisons légendaires.....	29

Chapitre 2

Description des matériaux argileux

1. Définition des argiles	31
2. Contexte géologique : origine des argiles et formation des gisements	33
3. Qualité des gisements et nocivité de certains minéraux argileux	35
4. Caractérisation minéralogique	37
5. Exploitation des argiles	43
5.1. Domaine pédologique	44
5.2. Domaine artisanal et industriel	45
5.3. Domaine chimique.	46

Chapitre 3

Réactivité des argiles en fonction de leurs propriétés structurales

1. Structure des minéraux argileux	49
1.1. Configuration cristalline idéale des minéraux argileux	49
1.2. Configuration des argiles naturelles	54
1.2.1. Substitutions ioniques	55
1.2.2. Distorsions du réseau cristallin et formes des particules	56
1.2.3. Stabilité et fragilité du réseau cristallin et des particules des minéraux argileux	59
2. Propriétés physiques et physicochimiques	60
2.1. Importance de l'état physique des argiles utilisées	60
2.2. Importance du milieu dispersant	62
2.2.1. Milieu continu fluide	62
2.2.2. Milieu continu gazeux	64
2.3. Différents types d'eau	65
2.3.1. Eau libre	65
2.3.2. Eau intégrée à la structure des feuillets	65
2.3.3. Eau complétant la structure des feuillets	66
2.3.4. Eau d'hydratation des cations interfoliaires	66
2.4. Différents états d'hydratation	67
2.4.1. Argile sèche	69
2.4.2. Argile en pâte	70
2.4.3. Argile en suspension	71
2.5. La couleur des argiles	72
2.5.1. Importance de la couleur	73
2.5.2. Origine de la couleur	74
2.5.3. Évolution de la couleur	76

Chapitre 4

Généralités sur l'application des argiles aux domaines de la santé et du bien-être

1. Principaux domaines d'utilisation	77
2. Complexité des interactions	82
3. Réactivité et mode d'action des argiles	84
3.1. Différents types de surfaces réactives liés à la structure	84
3.2. Différentes échelles de réactions	86
3.3. Différents modes d'action	88
3.3.1. Mobilisation et transfert des éléments à partir des argiles	89
3.3.2. Fixation et piégeage d'éléments sur les argiles	89
4. Spécificités des modes d'application	92
4.1. Complexité des relations « besoin-application-effet »	92
4.2. Base de connaissances pour l'application par les praticiens	96
4.3. Temps d'application	97
4.4. Étapes déterminantes pour l'optimisation des effets de l'argile	98
5. Principaux domaines d'action et d'application	99
5.1. Effet de barrière	100
5.2. Apport de matière par l'argile	101
5.3. Échange de matière entre l'argile et l'organisme	102
5.4. Fixation de matière sur l'argile et entraînement	103
5.5. Transport de matière entre les particules argileuses	103
5.6. Action physique — Transfert thermique ou mécanique (pression)	103

Chapitre 5

Thérapies à base d'argiles

1. Thérapies physiques	105
1.1. Kinésithérapie active	106
1.1.1. Échange d'énergie physique. Pression mécanique	106
1.1.2. Échange d'eau	107
1.1.3. Échange de chaleur	108
1.1.4. Régulation du tonus musculaire et de la circulation	109
1.1.5. Effet abrasif, adhérence et gommage	110
1.1.6. Déformation plastique et perception sensorielle	112
1.2. Pélloïdes, emplâtres, cataplasmes et pansements	113
1.3. Esthétique et bien-être	115
1.4. Effet douceur	115
2. Thérapies avec échanges chimiques	115
2.1. Généralités	116

2.2. Nature et position des éléments échangés	117
2.3. Cinétique des échanges de molécules par l'argile	118
2.4. Limites de la capacité d'échange de l'argile	119
2.5. Risques des échanges réciproques entre l'argile et l'organisme	120
2.6. Apports d'oligoéléments par l'argile	120
3. Conditions d'emploi	121

Chapitre 6

Principaux modes d'utilisation

1. Applications externes : contact avec la peau et pélothérapie	123
2. Applications internes	125
2.1. Complément alimentaire	125
2.2. Application aux troubles intestinaux fonctionnels ou temporaires . . .	127
3. Applications en présence d'autres molécules actives	129

Chapitre 7

Approvisionnement, recyclage, commerce

1. Achat, stockage et conservation de l'argile	131
2. Préparation initiale par le fournisseur	133
3. Recyclage.	135
4. Commercialisation	136
5. Impact économique actuel	136

Conclusion	139
-----------------------------	-----

Bibliographie	141
--------------------------------	-----

Lexique	145
--------------------------	-----

Annexe 1 – Résumé des caractères des minéraux argileux importants dans le domaine de la santé	149
--	-----

Annexe 2 – Liste des propriétés reconnues et des pathologies	151
---	-----

Annexe 3 – Liste des oligoéléments	157
---	-----

Annexe 4 – Classification des phyllosilicates	159
--	-----

Annexe 5 – Minéraux argileux et commerciaux utilisés	167
---	-----

Annexe 6 – La surface des argiles	171
--	-----

Annexe 7 – Petit dictionnaire de l’argile	173
Liste des figures	177
Liste des tableaux	179
Crédit photographique et graphique	181
Index	183

Avant-propos

Les hommes ont de tout temps utilisé l'argile. Ce matériau était souvent présent au voisinage de l'eau et parfois même indiquait sa présence sur la quasi-totalité de leurs lieux de résidence. En fait, dans l'histoire de la planète, l'argile a largement précédé les hommes qui ont mis en valeur ses nombreuses et utiles propriétés. Si on considère que la vie a progressivement pris naissance dans les zones humides alors même que l'argile naissait de l'action destructrice de l'eau sur les roches, il est légitime de penser qu'une « relation privilégiée » a pu se développer tout au long de cette histoire commune entre les organismes vivants et le milieu minéral très particulier des argiles. On retrouve là l'origine de l'affinité de nombreux animaux pour l'argile, valable aussi pour les humains. Ces derniers l'ont intégrée progressivement dans les éléments de leurs cultures et de leurs cultes.

L'argile, matériau familier universellement utilisé, est restée scientifiquement très mal connue jusqu'à une époque récente, tout simplement parce qu'elle est formée de particules de très petites dimensions¹. Lors des premières études scientifiques, cette matière minérale s'est avérée être « formée de particules élémentaires dont les dimensions, en règle générale, sont inférieures à deux micromètres² ». Ce critère dimensionnel reste de nos jours une valeur admise et souvent citée bien qu'elle ne soit pas exclusive de la présence d'autres minéraux ayant des dimensions semblables. Contrairement aux minéraux courants, l'argile a rarement une forme caractéristique visible à l'œil nu, ni même un état solide permanent. Mais malgré des particularités *a priori* peu favorables à son

1. Petite dimension qui classe les argiles dans le domaine des particules à propriétés colloïdales. On trouve les argiles sous forme de boue, de pâte, de poussières minérales, c'est-à-dire dans des états qui ont été pendant longtemps peu propices à l'attribution de caractères spécifiques.

2. Le micromètre ou encore millième de millimètre.

emploi, l'argile se reconnaît aisément et son utilisation s'est généralisée alors même que les propriétés de nombreux autres minéraux, pourtant plus faciles à manipuler, n'ont été reconnues que plus tardivement. Sur ce sujet, deux livres récents présentent une excellente synthèse de l'utilisation médicale des minéraux en général^{3,4}. La présence d'argile dans les zones géologiques sédimentaires confère à cette matière un statut particulier par rapport à l'eau : elle est composée par des minéraux qui sont des phyllosilicates hydratés, c'est-à-dire des minéraux souvent issus de l'action dégradante de l'eau sur les roches silicatées des couches terrestres superficielles. De ce fait, il existe dans la nature, différentes espèces de « minéraux argileux ». Nous utilisons donc, dans la suite de cet ouvrage, soit le *singulier* pour désigner indistinctement les minéraux argileux dans leur ensemble, soit le *pluriel* pour permettre, éventuellement, un choix plus précis dans la détermination d'une famille ou d'une espèce particulière.

Les argiles trouvent leurs origines essentiellement dans la dégradation de diverses roches préexistantes. Elles en gardent des traces visibles dans la structure cristalline et la physicochimie des particules : tailles toujours très petites, composition chimique et organisation des atomes toujours influencées par le matériel parental. Ces minéraux sont instables et sensibles à toute situation nouvelle qui a tendance à les modifier, sans toutefois leur conférer un état définitivement stable. Ils réagissent à de très faibles variations d'énergie et constituent un intermédiaire privilégié pour une infinité de réactions naturelles. Grâce aux extraordinaires progrès des méthodes scientifiques, leur étude révèle l'existence de nombreux défauts⁵ (par rapport au modèle idéal). Leurs propriétés physiques et chimiques et leurs spécificités témoignent d'héritages initiaux acquis dans leurs milieux de genèse ou d'adaptations ultérieures liées à l'éventuelle évolution du milieu au cours du temps.

Les argiles sont des composants indispensables de cette « soupe originelle », souvent citée dans la littérature, dont sont également issues toutes les formes de vie. Sans que les argiles soient vraiment à l'origine de la vie, nous pouvons affirmer qu'elles l'ont constamment côtoyée et accompagnée. Elles ont contribué à rendre la vie possible et en sont des acteurs notoires et des complices efficaces. Les civilisations et leurs religions ne se sont pas trompées, elles se réfèrent toutes spontanément à l'argile et à l'eau qui lui est toujours associée.

Actuellement, nous pouvons considérer les argiles comme une famille de minéraux sensibles aux conditions du milieu. Ce sont en quelque sorte des

3. Gomes C, Silva JB, (2006). *Minerals and human health, benefits and risks – Os Minerais e a Saúde Humana : Benefícios e Riscos*, édition bilingue des auteurs, Multipunto, Porto.

4. Carretero León MI, Pozo Rodriguez M (2007). *Mineralogia Aplicada. Salud y Medio Ambiente*. Thomson, Madrid.

5. Ces défauts sont constitués par des substitutions d'atomes et par des limitations de la dimension des particules (microcristallisation).

« *structures en évolution constante* ». En conséquence, les recherches fondamentales dans ce domaine sont particulièrement dynamiques et les perspectives d'applications sont multiples. Cette spécificité est très favorable à une utilisation dans le domaine de la santé où sciences et traditions peuvent enfin se rencontrer.

Pour les décrire, nous retenons deux définitions importantes des argiles :

- l'une granulométrique, ce sont des particules de taille inférieure à 2 micromètres ;
- l'autre minéralogique, ce sont des silicates hydratés phylliteux⁶ ou semi-phylliteux.

Dans le *domaine de la santé humaine (ainsi que celle des animaux et des plantes)* que nous abordons dans cet ouvrage nous devons nous interroger sur l'interaction entre les argiles et de nombreux organismes vivants de tous les règnes. La connaissance des mécanismes d'interactions entre les organismes vivants et les argiles est restée empirique jusqu'au début du XX^e siècle, car aucune étude scientifique solide n'était alors disponible ni même possible. Les médecins ont progressivement acquis, puis transmis, un savoir-faire reconnu mais qui s'est trouvé limité par l'absence de méthodologie analytique efficace. Progressivement la chimie et la physique ont permis des mesures quantitatives qui ont apporté la preuve de la structure minérale cristalline des argiles (organisation des atomes en réseau régulier). Dès lors, la progression des recherches a été très rapide d'abord dans le domaine industriel, puis dans celui des réactions à l'interface biologique, moins aisé à étudier. Toutefois, cette progression scientifique n'a pas été accessible à toutes les personnes concernées par l'utilisation des argiles. Ainsi de trop nombreuses interventions restent encore totalement empiriques, indémontrables et parfois dangereuses.

Cependant, les bases fondamentales scientifiques sont à présent suffisantes pour permettre de donner des explications aux effets positifs de l'usage des argiles constatés dans le domaine de la santé. Parfois l'explication reste incertaine ou même absente et il faut alors admettre la réalité des effets positifs unanimement reconnus et reporter à plus tard la compréhension et l'explication scientifique. La position des médecins évolue, comme le montre un ouvrage récent du docteur Charrié⁷ (clinicien qui s'est attaché avec des confrères, à trouver les explications permettant de conforter l'usage traditionnel de l'argile dans la littérature scientifique et ainsi justifier son usage clinique par l'intégration des données de la tradition dans la science).

Il faut dès à présent exprimer très fortement une réalité : par rapport aux organismes vivants, l'ensemble des argiles n'est pas systématiquement

6. Phylliteux, formé d'un morphème *phullon*, issu du grec φυλλον qui signifie « en forme de feuillet ».

7. Charrié JC (2007). *ABC de l'argile*. Grancher, Paris.

« *curatif* » et ne procure pas uniquement des bienfaits. Même si certaines argiles ont des propriétés utiles dans des cas déterminés, elles peuvent aussi être néfastes voire nuisibles. Quelques-unes sont même extrêmement dangereuses : c'est le cas du chrysotile, phyllosilicate entrant dans la constitution de l'amiante⁸, matériau industriel techniquement très utile mais dont l'action cancérogène sur les plèvres pulmonaires est en rapport avec la forme fibreuse des particules.

Il y a plusieurs façons de présenter les propriétés des argiles ; nous utiliserons deux méthodes fondamentalement distinctes. Elles s'appuient sur les notions d'ordre et de désordre qui sont deux grands états stables fondamentaux de la matière. Les particules d'argiles ayant un caractère microcristallisé, les chercheurs ont rapidement orienté leurs raisonnements en exploitant d'abord l'état cristallisé qui est bâti sur l'ordre. Dans une seconde étape ils ont accordé un rôle plus important à la microparticule elle-même. Ils ont alors entrepris de comprendre les propriétés de certains ensembles regroupant un très grand nombre de particules d'argile : c'est donc l'aspect désordonné qui a été pris en compte. L'argile formée de cristallites microscopiques se prête aux méthodes de modélisation mathématique appliquées à ces deux états physiques d'ordre et de désordre, ce qui ne signifie nullement qu'il s'agit d'une entreprise facile ni que les résultats soient aisément transposables de l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique.

Il est tout à fait remarquable que les argiles répondent simultanément à deux critères relatifs à des domaines dimensionnels bien distincts. L'ordre existe à l'échelle microscopique, le désordre apparent se manifeste à l'échelle macroscopique. La définition de l'échelle de description est donc fondamentale car il existe une zone frontière, une sorte de fracture dimensionnelle, qui fait que de part et d'autre se manifestent des propriétés différentes pour lesquelles il est souvent très délicat de trouver un lien justificatif. Il faut présenter constamment des applications qui peuvent s'exprimer et s'expliquer dans l'un ou l'autre de ces domaines, parfois à l'aide de propriétés spécifiques aux deux domaines. Cette dualité ordre/désordre conduit à distinguer deux grands types de mécanismes qui orientent les applications thérapeutiques des argiles.

Les états d'ordre et de désordre représentent assez bien la réalité de la nature : entre les deux, l'adaptation de la matière permet de faire face à des

8. L'« amiante » désigne un produit fini industriel et commercial constitué de différents minéraux aciculaires (en forme de fibres très fines). Ces minéraux ont un faciès fibreux et résistent au feu, ils sont souvent nommés asbestes par les minéralogistes.

Le chrysotile (ou amiante blanche) $[\text{Mg}_3 \text{Si}_2 \text{O}_5 (\text{OH})_4]$ est le minéral le plus fréquemment employé, c'est un phyllosilicate également classé comme serpentine. On utilise aussi l'amosite (ou amiante brune) $[(\text{Fe}, \text{Mg})_7 \text{Si}_8 \text{O}_{22} (\text{OH})_2]$ et la crocidolite (ou amiante bleue) $[\text{Na}_2 \text{Fe}_5 \text{Si}_8 \text{O}_{22} (\text{OH})_2]$ qui ne sont pas des phyllosilicates, ces minéraux appartiennent à la famille des amphiboles. Rappelons que d'autres minéraux silicatés, également fibreux, tel que l'ériónite qui est un tecto-silicate de la famille des zéolites $(\text{K}_2, \text{Na}_2, \text{Ca}) \text{MgAl}_8 \text{Si}_{28} \text{O}_{72} \cdot 28\text{H}_2\text{O}$, sont cancérogènes et on les confond parfois avec l'amiante, plus particulièrement avec le chrysotile.

situations évolutives intermédiaires, souvent réversibles et instables. Les matériaux naturels ont besoin d'éléments stabilisants pour se maintenir dynamiquement dans la durée, mais pour se renouveler ils doivent aussi disposer de systèmes suffisamment souples et adaptables. Les minéraux argileux présentent ces deux qualités. Bien organisés dans leur squelette atomique, ils peuvent résister aux attaques du temps, parfois durant des millions d'années, même des milliards d'années. Toutefois, leur grande affinité pour l'eau et la présence des défauts hérités de leur genèse leur permet de répondre, en s'adaptant rapidement, à des sollicitations qui seraient sans effet sur d'autres composés. De ce fait, la majorité des propriétés des argiles relève de leurs propriétés physicochimiques particulières, qui favorisent des réactions d'association, par absorption ou adsorption (voir lexique), et d'échange. Leur très fort pouvoir d'absorption leur permet de fixer de nombreuses substances (cations ou molécules) dont certaines sont toxiques, ce qui leur donne un pouvoir thérapeutique, particulièrement dans le domaine gastro-intestinal. La plupart de ces mécanismes ne mettent en jeu que de faibles énergies, avec un état intermédiaire souvent réversible, un peu comme le ferait un catalyseur réutilisable presque à l'infini. Un point fondamental pour comprendre les mécanismes d'action des minéraux argileux est leur constitution ionique et leur association à des ions compensateurs échangeables ou à des molécules mobiles, souvent impliqués dans les principales actions d'échanges requises et utilisées en thérapeutique.

Lorsque les argiles sont mises au contact d'un matériel biologique (éventuellement vivant), ce sont deux mondes et deux modes d'existence complètement différents qui se rencontrent. Il en résulte une grande richesse de propriétés et d'applications. Pour comprendre le fonctionnement des argiles, il faut considérer qu'elles sont toujours prêtes à se modifier et à évoluer pour s'adapter et trouver le meilleur équilibre.

Les organismes ou les êtres vivants sont perceptifs et sensibles, certains sont conscients. Notre propos ne peut pas négliger cet aspect sensoriel et psychosensoriel, si particulier, du contact entre un corps vivant conscient et une argile. Les êtres vivants supérieurs ont en plus la possibilité d'ajuster leur réponse à une perception donnée. La notion de « douce argile » prend ici une dimension bien réelle : *on réagit bien lorsque l'on est bien*. Une sorte de symbiose entre l'argile et l'organisme est réalisée. Associée à l'eau et à une température adaptée, l'argile possède cette propriété complémentaire d'agir aussi sur la perception du bien-être.

Nous connaissons, depuis au moins dix millénaires, de très nombreux usages traditionnels des argiles. Toutes les civilisations qui ont pu avoir accès aux argiles et qui les ont employées en ont été profondément marquées. Depuis le début du XX^e siècle, nous commençons seulement à mieux connaître les propriétés de ces minéraux aux échelles micro et macroscopiques et, en conséquence à apprendre à les maîtriser. Dans le domaine de leur utilisation thérapeutique, nous pouvons dire que les avancées scientifiques apporteront des

développements utiles par le couplage d'une action chimique ou physicochimique classique associée (ou non) à un effet psychothérapeutique complémentaire et efficace.

À une époque où la science et la technologie produisent de merveilleux et utiles matériaux, l'argile réussit toujours une performance notoire malgré l'ancienneté de ses usages. Toutes les échelles d'applications sont concernées depuis les travaux du génie civil jusqu'aux nanotechnologies. C'est en effet à cette échelle que se situe la clef des applications de santé dont nous traitons dans le présent exposé.

Nous allons limiter notre propos aux faits avérés et en relation avec des propriétés reconnues et quantifiables. Bien évidemment, l'absence de connaissances scientifiques amène certains auteurs à établir des relations de causes à effets qui n'ont aucune signification solide. Pour autant cela ne signifie pas, *a priori*, que leurs observations soient dépourvues de fondements : c'est l'attribution qui en est faite, qui doit être plus précise. Nous avons choisi quatre exemples relevés dans la littérature mais il y en a beaucoup d'autres⁹ :

- a) Les propriétés « radioactives » des argiles : les phyllosilicates par eux-mêmes n'ont pas de telles propriétés. Toutefois les argiles, ayant principalement leur origine dans l'altération des roches silicatées, elles sont soumises aux règles du détritisme et, en conséquence, elles peuvent parfois être mélangées à des composés uranifères provenant des mêmes roches et qui possèdent, eux, ces propriétés de radioactivité. Parce que ces composés sont très finement divisés, ils sont difficilement séparables des argiles, en tous les cas pas naturellement. En ce sens, les produits commerciaux peuvent donc être porteurs d'une très faible radioactivité (notons qu'elle est rarement mesurée et indiquée sur les emballages).
- b) Les propriétés « magnétiques » couramment évoquées ne sont le plus souvent pas celles des argiles. Elles résultent en fait de la présence de particules de composés métalliques magnétiques, mélangées à celles-ci.
- c) Les argiles sont souvent citées comme ayant des « propriétés antibiotiques ou antiseptiques ». Elles n'ont pas ces propriétés mais, grâce à leur nature phylliteuse (en feuillet) elles peuvent constituer des barrières étanches en particulier à l'eau et à l'air, il est évident alors qu'elles peuvent préserver l'organisme des contacts avec un milieu pollué et empêcher l'oxygène de parvenir à la surface d'une zone infectée interdisant le développement de certains micro-organismes. Une autre propriété leur permet, par adsorption, de fixer des molécules réellement « antibiotiques », mais qui ne sont qu'associées à l'argile. La confusion dans ces cas résulte toujours de

9. Il convient de noter qu'à l'époque où on parlait pour la première fois de radioactivité de l'argile en thérapeutique, le mot radioactivité n'avait pas encore le sens qu'on lui donne aujourd'hui et qu'il y a eu un glissement sémantique. Il en est de même pour le mot « magnétisme ».

l'ignorance des mécanismes complexes qu'il convient d'analyser cas par cas, sans généraliser.

- d) Les couleurs des argiles sont souvent un argument commercial considéré comme important. Elles ne sont pas systématiquement reliées à des propriétés utilisables et n'en sont jamais la cause exclusive.

Le propos n'est pas de combattre ces formes d'obscurantismes, mais de contribuer à une meilleure interprétation de la réalité afin de mieux utiliser les argiles grâce à la compréhension de leurs mécanismes de formation et donc d'action. Les difficultés proviennent du caractère microscopique des phases minérales mises en cause, sachant que les études scientifiques permettent progressivement une interprétation de plus en plus correcte de leurs propriétés. Dans cette évolution, il ne faut pas négliger la science clinique, trop souvent oubliée de nos jours, mais qui par les effets qu'elle démontre sur le vivant, permet d'orienter la recherche analytique et d'ouvrir des perspectives scientifiques.

En résumé, notre propos n'est pas orienté vers une controverse ciblée sur l'invérifiable, mais vient se placer au niveau d'une connaissance scientifique avérée, bien évidemment susceptible d'évoluer, résolument tournée vers une utilisation élargie de ces minéraux si particuliers. Leur emploi dans les méthodes nouvelles de la biominéralogie est actuellement développé par des laboratoires de recherche.

Introduction

L'emploi de l'argile est très ancien dans les domaines de la santé et de l'équilibre physique ou psychophysiologique de l'homme. La littérature foisonne d'exemples d'utilisations empiriques, soutenues par des traditions coutumières et fréquemment perpétuées sous forme de légendes (relatant souvent des guérisons). De nombreuses pratiques d'ordre culturelles ou cultuelles ont conforté ces utilisations, avec ou sans justifications fondées mais toujours pour des motifs proches de préoccupations vitales. Dans la tradition populaire, c'est de « terre » dont il est question, montrant ainsi une relation puissante au support de la vie. Il reste aux scientifiques modernes la tâche de distinguer parmi les multiples utilisations des argiles, celles qui sont réellement explicables et celles qui sont moins logiques ou même douteuses. C'est tout le travail de l'intégration de la tradition dans la science.

Depuis longtemps les principaux usages des argiles concernent la fonction digestive et ses troubles les plus courants, et également la dermatologie. Pour satisfaire ces pratiques, des quantités importantes d'argiles sont actuellement nécessaires ; elles doivent aussi présenter des propriétés homogènes et constantes dans le temps. Nous savons à présent que sous le terme générique d'argile, se trouvent de nombreuses familles ou typologies basées sur leur description minéralogique. Les argiles les mieux caractérisées et les plus courantes sont recherchées dans des gisements importants non remaniés et non pollués. Historiquement les argiles qui ont été le plus souvent utilisées sont : la kaolinite (blanche), les smectites (souvent vertes), les illites, le talc et quelques minéraux plus particuliers, tels que les palygorskites et la sépiolite. Les gisements étant essentiellement sédimentaires, différentes argiles y sont souvent présentes simultanément. Dans la quasi-totalité des cas, des minéraux non argileux également présents sous forme de très petites particules, leur sont associés

en faibles quantités. Ces traces peuvent avoir un rôle important trop souvent ignoré, comme c'est le cas par exemple de la silice amorphe.

Nous allons donc développer les notions fondamentales essentielles concernant la morphologie et la structure cristalline de ces différents minéraux argileux qui sont nommés plus scientifiquement *phyllosilicates hydratés*¹⁰, ce qui est plus correct d'un point de vue minéralogique. La classification des phyllosilicates sera aussi abordée afin de bien distinguer leurs caractères actifs. Un court chapitre sera consacré aux différents types de gisements et aux méthodes d'extraction et de préparation des argiles, sans oublier leur recyclage. Les minéraux naturels associés seront traités à ce propos ainsi que les préparations plus complexes telles que les classiques « péloïdes »¹¹.

Les propriétés thérapeutiques résultent de différents modes de réactivité entre les minéraux argileux et l'organisme. Elles varient avec la morphologie et avec les structures cristallines propres aux différentes familles de minéraux argileux existantes, ainsi qu'avec leur mode de préparation et d'application. L'argile peut être modifiée, voire détruite, au contact de milieux non adaptés. Par exemple le pH¹⁴⁰ acide du milieu stomacal peut favoriser une attaque acide de l'argile, conduisant à un résidu essentiellement formé à partir des ions situés au centre des octaèdres et des tétraèdres (en particulier de la silice sous différentes formes, et des oxydes ou hydroxydes d'aluminium). De très nombreuses études géochimiques ont été menées pour suivre l'évolution des argiles dans les milieux naturels. On peut profiter des résultats de ces travaux pour comparer ces évolutions à celles des mêmes minéraux placés au contact d'un organisme vivant.

Quand l'argile n'est pas détruite sous l'effet des acides stomacaux, elle peut constituer un excellent protecteur qui peut agir par absorption de molécules toxiques au voisinage des muqueuses et de la peau. On peut citer à ce propos l'action des emplâtres qui sont formés par un très grand nombre de particules argileuses et d'éléments associés. Nous allons ainsi être amenés à distinguer plus en détail les notions d'adsorption, d'absorption et d'échange. Par ailleurs, la propriété de gonflement de certaines argiles est aussi de toute première importance lors de leur utilisation, elle constitue un paramètre fondamental à maîtriser lors des utilisations internes à l'organisme.

10. Les minéraux argileux sont plus correctement décrits par l'expression « *phyllosilicates hydratés* » qui signifie « *silicates composés par des feuillets contenant de l'eau ou des hydroxyles* ».

11. Péloïde, nom masculin, vient du grec « *πηλος* ou *pêlos* », désigne en général une boue thérapeutique constituée par un mélange d'eau minérale ou d'eau de mer associée à des matières minérales ou organiques. Une pâte d'argile peut donc entrer dans la définition d'un péloïde. Ce terme est employé par l'industrie du thermalisme qui évoque par exemple le péloïde de Dax ou le péloïde de Rochefort indiquant ainsi l'origine des composants principaux.

Un autre mot caractérise l'aspect : *pêlodes* qui signifie boueux.

La relation entre argile et eau¹² est fondamentale pour comprendre et expliquer les propriétés variables du mélange des deux. Le minéral peut en effet réagir en permanence avec l'eau pour former des ensembles plus ou moins hydratés (poudre sèche, pâte, boue, suspension) auxquels correspondent des propriétés et des applications spécifiques. Par ailleurs, un mélange pâteux argile-eau est relativement imperméable, ce qui lui confère des propriétés très particulières et importantes.

Le grand nombre de paramètres à maîtriser, tant sur le plan du matériau argileux lui-même que sur celui de l'individu qui l'utilise pour se soigner, conditionne une multitude de méthodes d'application. Ces méthodes ont toutes en commun l'étape essentielle de la préparation initiale de l'argile, suivie ou non, d'une mise en condition couramment nommée « maturation ». Ce terme sera analysé en détail compte tenu de l'importance de cette étape dans le succès de l'emploi thérapeutique de l'argile. On le retrouve pour des utilisations impliquant des mélanges par exemple avec des huiles essentielles. Le principal processus mis en jeu est celui de la diffusion de molécules dans le milieu (air, eau, huile...) qui contient l'argile. Le développement de micro-organismes peut y jouer un rôle déterminant.

L'action des argiles est souvent associée à un effet de barrière. Cet effet est relativement complexe et comprend des aspects directs et indirects. Dans certains cas, les argiles appliquées sur un épiderme, qui est plus ou moins intensément fragilisé, constituent une « barrière mécanique » efficace, imperméable à l'air et à l'eau, capable d'isoler la surface de cet organe affaibli qui, sans cette protection, serait mis au contact direct de composés nocifs. Parfois la simple protection par rapport à l'accès aux germes est déjà bénéfique à elle seule. Dans d'autres cas, comme par exemple dans le domaine des contaminations bactériologiques, les argiles peuvent faire barrière à l'air et donc permettre de lutter efficacement contre le développement de bactéries aérobies (qui nécessitent de l'oxygène). Par ailleurs, les argiles peuvent être considérées comme des réservoirs d'éléments chimiques ou de molécules, ce qui leur permet de participer à des réactions et échanges chimiques tout en continuant de jouer le rôle de barrière physique qui isole la zone traitée du milieu externe. Utilisées en cataplasmes, elles peuvent permettre des échanges d'ions jusqu'aux tissus. Des troubles importants tels que des ulcères profonds ou des ulcères de Buruli peuvent ainsi être traités efficacement par les argiles. Dans des applications, telles que les dysfonctionnements stomacaux, les argiles permettent à la fois d'isoler un organe (muqueuse intestinale) d'un milieu gastrique qui ne lui convient pas et d'éliminer simultanément des toxines.

Dans le domaine de la protection de la santé, on retiendra également que les argiles sont aussi utilisées indirectement, avec un bon succès, pour filtrer des

12. D'autres liquides peuvent être utilisés mais en général l'eau est celui qui est le plus naturellement associé à l'argile, il est de plus le principal composant du corps humain.

eaux bactériologiquement polluées. Dans ce même domaine de santé, axé sur des préoccupations alimentaires, on a constaté que des militaires français de la première guerre mondiale qui avaient reçu dans leur ration alimentaire de la moutarde¹³, dans laquelle le gélifiant était constitué d'argile, étaient moins soumis aux effets de la dysenterie et autres maladies fréquentes dans les armées en campagne. Les paquetages des militaires russes comprenaient d'office de l'argile.

Face à la diversité de ces utilisations, quelle que soit la pathologie considérée, il est nécessaire de consulter un médecin afin de décider de la meilleure procédure thérapeutique. Cet avis médical (ou à la rigueur celui d'un professionnel des soins) est également souhaitable pour les soins d'esthétique ou de bien-être ; les traitements thermaux étant nettement du domaine médical.

L'utilisation des argiles en cosmétologie est très ancienne. Elles y ont un rôle essentiel comme charge minérale active ou interactive. Elles ont un effet abrasif très doux. Leurs propriétés d'adsorption et d'échange permettent de leur associer de nombreux éléments actifs tels que, entre autres, des colorants, des parfums, des huiles essentielles et des oligoéléments¹⁴. La stabilité des argiles permet de les employer en confiance dans des mélanges (crèmes, gels) auxquels elles confèrent des propriétés thixotropiques et rhéologiques¹⁵. Parfois, il est nécessaire de modifier les propriétés de l'argile naturelle en introduisant dans l'espace interfoliaire des ions ou des molécules polaires qui permettent d'agir sur la viscosité du milieu¹⁶. L'argile peut aussi servir de vecteur pour transporter des ions ou des molécules jusqu'à leur cible dans (ou sur) l'organisme. De nombreux onguents, crèmes et shampoings en bénéficient. L'organisation des particules argileuses dans un onguent met en jeu une énergie. Lorsqu'on le dépose sur un épiderme, il génère des tensions en surface qui ont un rôle déterminant et peuvent être utilisées pour régénérer celui-ci (exemple des rides ou du dessèchement).

Lorsque l'argile est employée seule et en quantité importante, une réutilisation du même matériau est parfois possible *pour une même personne* ; on doit alors satisfaire à certaines règles d'hygiène, en particulier dans le respect de la législation. Cette méthode ne devrait pas être encouragée. Après utilisation, et passage en autoclave, un recyclage est possible par réintroduction dans l'environnement sans risque de pollution biologique, la matrice minérale argileuse retrouve ainsi sa place dans le milieu naturel. En cas de nécessité ou de doute

13. La moutarde, condiment de confort, est utilisée en très faibles quantités. Un tel résultat prouve l'efficacité de l'action de l'argile.

14. Le terme « *oligoéléments* » est très couramment employé. Il désigne des éléments chimiques en très faible quantité mais nécessaires à une activité vitale. Ce terme est devenu très populaire. Voir la liste des oligoéléments en annexe 3.

15. Ces deux termes servent à caractériser le comportement de plasticité d'une pâte (rhéologie) et de gélification d'une suspension (thixotropie).

16. Par exemple des chaînes contenant une fonction ammonium (du type alkylammonium) peuvent être utilisées dans ce but.

(viral ou bactériologique par exemple), le passage en autoclave ou l'exposition aux rayons ultraviolets sont en mesure de neutraliser la plupart des micro-organismes et, si cela est nécessaire, la calcination de l'argile détruit définitivement toute la matière organique en produisant une céramique uniquement composée de produits minéraux de haute température (entre 600 °C et 1 200 °C). Il y a donc toujours une solution possible pour recycler, ou pour neutraliser, l'argile après utilisation.

L'action des argiles est généralement associée à la nature du liquide qui les disperse : principalement l'eau mais d'autres liquides peuvent aussi assurer cette dispersion. L'argile sèche est rarement utilisée, à l'exception du talc poudreux. Pour préciser l'importance de cette notion, on peut rappeler qu'en agriculture une terre formée uniquement d'argile trop sèche est pratiquement incultivable. Mieux, une masse d'argile pure, propre et n'ayant pas été remaniée est pratiquement stérile au sens de la microbiologie. C'est cette propriété qui est utilisée pour isoler et traiter, souvent avec succès, des plaies superficielles infectées ou surinfectées.

D'un point de vue économique l'utilisation des argiles est une activité importante : de très nombreux emplois en dépendent dans des domaines très diversifiés. C'est un matériau consommable pour lequel il convient d'être très vigilant sur l'état des réserves : elles conditionnent l'existence d'emplois et la préservation de nombreuses utilisations. Ces minéraux microcristallisés sont des produits naturels renouvelables à l'échelle des temps géologiques mais très lentement par rapport à l'échelle humaine. Pour garantir une continuité d'approvisionnement il vaut mieux disposer d'un gisement de qualité qui satisfaisait aux objectifs d'exploitation (dans la limite de l'étendue du gisement).

L'utilisation de ces minéraux est peu encadrée par la législation. Cependant en cas de danger spécifique reconnu, ils peuvent être interdits, ce qui est le cas du chrysotile (un des composants de l'amiante) déjà mentionné.

Sur un plan médical, une part importante est faite à l'automédication et à la médecine douce naturelle, mais l'utilisation par le corps médical est également notoire. Ces deux aspects se complètent. Progressivement le corps médical ainsi que les pharmaciens et l'administration ont reconsidéré l'argile comme un élément actif possible en alternative aux emplois de médicaments issus de l'industrie chimique.

