

2016

**Thèse**

pour le

**Diplôme d'État de Docteur en Pharmacie**

# **L'ARGILE, SON UTILISATION A L'OFFICINE**

**HERNOT François**

Né le 23 février 1989 à Quimper (29)

Sous la direction de Mme Le Ray Anne-Marie

Membres du jury

Mr Larcher Gérald | Président

Mme Le Ray Anne-Marie | Directrice

Mme Cueille Claire | Membre

Soutenue publiquement le

6 juin 2016



## **RÉSUMÉ**

L'argile, présente depuis la formation de la Terre, est utilisée par l'homme depuis des millénaires. Contrairement à ce que l'on peut penser il n'existe pas une mais des argiles.

On les retrouve partout, dans la construction, la pétrochimie, l'alimentation, le plastique, dans le milieu de la santé,... Ces roches ont prouvé leurs capacités à maintes reprises. Oubliées en médecine, leurs applications nombreuses en thérapeutique méritent un retour sur le devant de la scène.

Cette thèse évoque les différentes argiles, leur structure, propriétés, indications à l'officine ainsi que leurs utilisations scientifiques en santé. Une double étude est réalisée pour identifier la place de l'argile dans le milieu officinal, ses utilisations actuelles et son appréciation par ses consommateurs.

Potentiel vecteur médicamenteux de demain, l'argile n'a pas fini de nous surprendre.

**Mots-clés : Pharmacie - Officine - Argile - Absorption - Adsorption - Outil - Etude - Nanotube - Cataplasme - Thérapie naturelle**

## **CLAY, IT'S USE AT THE COMMUNITY PHARMACY**

## **ABSTRACT**

Clay, which was created with Earth, is used by mankind for millenium. Contrary to the common knowledge there is not one but several clays.

They are everywhere, in buildings, petrochimics, food, plastic, health,... These rocs have proven there abilities many times. Forgotten in medicine, their many uses in therapy deserve a way back on the front scene.

This thesis talks about the different clays, their structure, properties, uses at the community pharmacy and also their scientific purpose in health. A double study have been realized for the thesis to identify the place of clay at the community pharmacy, its actual uses and what its consumers think of it.

Tomorrow's potential drug vector, clay is on the edge to surprise us.

**Keywords : Pharmacy - Community Pharmacy - Clay - Absorption - Adsorption - Tool - Study - Nanotube - Cataplasme - Natural therapy**





2016

**Thèse**

pour le

**Diplôme d'État de Docteur en Pharmacie**

**L'ARGILE, SON UTILISATION  
A L'OFFICINE**

**HERNOT François**

Né le 23 février 1989 à Quimper (29)

Sous la direction de Mme Le Ray Anne-Marie

Membres du jury

Mr Larcher Gérard | Président

Mme Le Ray Anne-Marie | Directrice

Mme Cueille Claire | Membre

Soutenue publiquement le

6 juin 2016

# ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné François HERNOT  
déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une  
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,  
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.  
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées  
pour écrire ce rapport ou mémoire.

Le **23/05/2016**

*F. HERNOT*

# LISTE DES ENSEIGNANTS DE L'UFR SANTÉ D'ANGERS

---

**Directeur de l'UFR** : Pr Isabelle Richard

**Directeur adjoint de l'UFR et directeur du département de pharmacie** : Pr Frédéric Lagarce

**Directeur du département de médecine** : Pr Nicolas Lerolle

## PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

ABRAHAM Pierre	Physiologie	Médecine
ASFAR Pierre	Réanimation	Médecine
AUBE Christophe	Radiologie et imagerie médicale	Médecine
AUDRAN Maurice	Rhumatologie	Médecine
AZZOUZI Abdel Rahmène	Urologie	Médecine
BARON-HAURY Céline	Médecine générale	Médecine
BARTHELAIX Annick	Biologie cellulaire	Médecine
BATAILLE François-Régis	Hématologie ; transfusion	Médecine
BAUFRETON Christophe	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire	Médecine
BEAUCHET Olivier	Gériatrie et biologie du vieillissement	Médecine
BENOIT Jean-Pierre	Pharmacotechnie	Pharmacie
BEYDON Laurent	Anesthésiologie-réanimation	Médecine
BIZOT Pascal	Chirurgie orthopédique et traumatologique	Médecine
BONNEAU Dominique	Génétique	Médecine
BOUCHARA Jean-Philippe	Parasitologie et mycologie	Médecine
BRIET Marie	Pharmacologie	Médecine
CAILLIEZ Eric	Médecine générale	Médecine
CALES Paul	Gastroentérologue ; hépatologie	Médecine
CAMPONE Mario	Cancérologie ; radiothérapie	Médecine
CAROLI-BOSC François-xavier	Gastroentérologue ; hépatologie	Médecine
CHABASSE Dominique	Parasitologie et mycologie	Médecine
CHAPPARD Daniel	Cytologie et histologie	Médecine
CONNAN Laurent	Médecine générale	Médecine
COUTANT Régis	Pédiatrie	Médecine
COUTURIER Olivier	Biophysique et médecine nucléaire	Médecine
CUSTAUD Marc-Antoine	Physiologie	Médecine
DARSONVAL Vincent	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique	Médecine
DE BRUX Jean-Louis	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire	Médecine
DESCAMPS Philippe	Gynécologie-obstétrique	Médecine
DIQUET Bertrand	Pharmacologie	Médecine
DUVAL Olivier	Chimie thérapeutique	Pharmacie
DUVERGER Philippe	Pédopsychiatrie	Médecine

ENON Bernard	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire	Médecine
EVEILLARD Mathieu	Bactériologie-virologie	Pharmacie
FANELLO Serge	Épidémiologie ; économie de la santé et prévention	Médecine
FAURE Sébastien	Pharmacologie physiologie	Pharmacie
FOURNIER Henri-Dominique	Anatomie	Médecine
FURBER Alain	Cardiologie	Médecine
GAGNADOUX Frédéric	Pneumologie	Médecine
GARNIER François	Médecine générale	Médecine
GARRE Jean-Bernard	Psychiatrie d'adultes	Médecine
GOHIER Bénédicte	Psychiatrie d'adultes	Médecine
GRANRY Jean-Claude	Anesthésiologie-réanimation	Médecine
GUARDIOLA Philippe	Hématologie ; transfusion	Médecine
GUILET David	Chimie analytique	Pharmacie
HAMY Antoine	Chirurgie générale	Médecine
HUEZ Jean-François	Médecine générale	Médecine
HUNAUT-BERGER Mathilde	Hématologie ; transfusion	Médecine
IFRAH Norbert	Hématologie ; transfusion	Médecine
JARDEL Alain	Physiologie	Pharmacie
JEANNIN Pascale	Immunologie	Médecine
JOLY-GUILLOU Marie-Laure	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
LACCOURREYE Laurent	Oto-rhino-laryngologie	Médecine
LAGARCE Frédéric	Biopharmacie	Pharmacie
LARCHER Gérald	Biochimie et biologie moléculaires	Pharmacie
LASOCKI Sigismond	Anesthésiologie-réanimation	Médecine
LAUMONIER Frédéric	Chirurgie infantile	Médecine
LEFTHERIOTIS Georges	Physiologie	Médecine
LEGRAND Erick	Rhumatologie	Médecine
LERMITE Emilie	Chirurgie générale	Médecine
LEROLLE Nicolas	Réanimation	Médecine
LUNEL-FABIANI Françoise	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
MARCHAIS Véronique	Bactériologie-virologie	Pharmacie
MARTIN Ludovic	Dermato-vénéréologie	Médecine
MENEI Philippe	Neurochirurgie	Médecine
MERCAT Alain	Réanimation	Médecine
MERCIER Philippe	Anatomie	Médecine
MILEA Dan	Ophtalmologie	Médecine
PAPON Nicolas	Parasitologie mycologie	Pharmacie
PASSIRANI Catherine	Chimie générale	Pharmacie

PELLIER Isabelle	Pédiatrie	Médecine
PICHARD Eric	Maladies infectieuses ; maladies tropicales	Médecine
PICQUET Jean	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire	Médecine
PODEVIN Guillaume	Chirurgie infantile	Médecine
PROCACCIO Vincent	Génétique	Médecine
PRUNIER Fabrice	Cardiologie	Médecine
REYNIER Pascal	Biochimie et biologie moléculaire	Médecine
RICHARD Isabelle	Médecine physique et de réadaptation	Médecine
RICHOMME Pascal	Pharmacognosie	Pharmacie
RODIEN Patrice	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques	Médecine
ROHMER Vincent	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques	Médecine
ROQUELAURE Yves	Médecine et santé au travail	Médecine
ROUGE-MAILLART Clotilde	Médecine légale et droit de la santé	Médecine
ROUSSEAU Audrey	Anatomie et cytologie pathologiques	Médecine
ROUSSEAU Pascal	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique	Médecine
ROUSSELET M.-Christine	Anatomie et cytologie pathologiques	Médecine
ROY Pierre-Marie	Thérapeutique	Médecine
SAINT-ANDRE Jean-Paul	Anatomie et cytologie pathologiques	Médecine
SAULNIER Patrick	Biophysique pharmaceutique et biostatistique	Pharmacie
SENTILHES Loïc	Gynécologie-obstétrique	Médecine
SERAPHIN Denis	Chimie organique	Pharmacie
SUBRA Jean-François	Néphrologie	Médecine
UGO Valérie	Hématologie ; transfusion	Médecine
URBAN Thierry	Pneumologie	Médecine
VENIER Marie-Claire	Pharmacotechnie	Pharmacie
VERNY Christophe	Neurologie	Médecine
WILLOTEAUX Serge	Radiologie et imagerie médicale	Médecine
ZAHAR Jean-Ralph	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
ZANDECKI Marc	Hématologie ; transfusion	Médecine

### MAÎTRES DE CONFÉRENCES

ANNAIX Véronique	Biochimie et biologie moléculaires	Pharmacie
ANNWEILER Cédric	Gériatrie et biologie du vieillissement	Médecine
AUGUSTO Jean-François	Néphrologie	Médecine
BAGLIN Isabelle	Pharmaco-chimie	Pharmacie
BASTIAT Guillaume	Biophysique et biostatistique	Pharmacie

BEAUVILLAIN Céline	Immunologie	Médecine
BELIZNA Cristina	Médecine interne	Médecine
BELLANGER William	Médecine générale	Médecine
BENOIT Jacqueline	Pharmacologie et pharmacocinétique	Pharmacie
BIGOT Pierre	Urologie	Médecine
BLANCHET Odile	Hématologie ; transfusion	Médecine
BOISARD Séverine	Chimie analytique	Pharmacie
BOURSIER Jérôme	Gastroentérologie ; hépatologie	Médecine
CAPITAIN Olivier	Cancérologie ; radiothérapie	Médecine
CASSEREAU Julien	Neurologie	Médecine
CHEVAILLER Alain	Immunologie	Médecine
CHEVALIER Sylvie	Biologie cellulaire	Médecine
CLERE Nicolas	Pharmacologie	Pharmacie
CRONIER Patrick	Chirurgie orthopédique et traumatologique	Médecine
DE CASABIANCA Catherine	Médecine générale	Médecine
DERBRE Séverine	Pharmacognosie	Pharmacie
DESHAYES Caroline	Bactériologie virologie	Pharmacie
DINOMAS Mickaël	Médecine physique et de réadaptation	Médecine
DUCANCELLE Alexandra	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
FERRE Marc	Biologie moléculaire	Médecine
FLEURY Maxime	Immunologie	Pharmacie
FORTRAT Jacques-Olivier	Physiologie	Médecine
HELESBEUX Jean-Jacques	Chimie organique	Pharmacie
HINDRE François	Biophysique	Médecine
JEANGUILLAUME Christian	Biophysique et médecine nucléaire	Médecine
JOUSSET-THULLIER Nathalie	Médecine légale et droit de la santé	Médecine
KEMPF Marie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
LACOEUILLE Franck	Biophysique et médecine nucléaire	Médecine
LANDREAU Anne	Botanique	Pharmacie
LE RAY-RICHOMME Anne-Marie	Valorisation des substances naturelles	Pharmacie
LEPELTIER Elise	Chimie générale Nanovectorisation	Pharmacie
LETOURNEL Franck	Biologie cellulaire	Médecine
LIBOUBAN Hélène	Histologie	Médecine
MALLET Sabine	Chimie Analytique et bromatologie	Pharmacie
MAROT Agnès	Parasitologie et mycologie médicale	Pharmacie
MAY-PANLOUP Pascale	Biologie et médecine du développement et de la reproduction	Médecine

MESLIER Nicole	Physiologie	Médecine
MOUILLIE Jean-Marc	Philosophie	Médecine
NAIL BILLAUD Sandrine	Immunologie	Pharmacie
PAPON Xavier	Anatomie	Médecine
PASCO-PAPON Anne	Radiologie et imagerie médicale	Médecine
PECH Brigitte	Pharmacotechnie	Pharmacie

PENCHAUD Anne-Laurence	Sociologie	Médecine
PETIT Audrey	Médecine et santé au travail	Médecine
PIHET Marc	Parasitologie et mycologie	Médecine
PRUNIER Delphine	Biochimie et biologie moléculaire	Médecine
RIOU Jérémie	Biostatistique	Pharmacie
ROGER Emilie	Pharmacotechnie	Pharmacie
SCHINKOWITZ Andréas	Pharmacognosie	Pharmacie
SIMARD Gilles	Biochimie et biologie moléculaire	Médecine
TANGUY-SCHMIDT Aline	Hématologie ; transfusion	Médecine
TRICAUD Anne	Biologie cellulaire	Pharmacie
TURCANT Alain	Pharmacologie	Médecine

#### AUTRES ENSEIGNANTS

AMIARD Stéphane	Informatique	Médecine
AUTRET Erwan	Anglais	Médecine
BRUNOIS-DEBU Isabelle	Anglais	Pharmacie
CAVAILLON Pascal	Pharmacie Industrielle	Pharmacie
CHIKH Yamina	Économie-Gestion	Médecine
FISBACH Martine	Anglais	Médecine
LAFFILHE Jean-Louis	Officine	Pharmacie
LETERTRE Elisabeth	Coordination ingénierie de formation	Médecine
O'SULLIVAN Kayleigh	Anglais	Médecine

# REMERCIEMENTS

A Mme Le Ray, pour m'avoir prodigué structure et conseils avisés.

Au corps enseignant de la faculté de pharmacie d'Angers pour la transmission de leur savoir.

A mes parents pour avoir participé à faire de moi l'homme que je suis aujourd'hui.

A mon grand-père qui m'a enseigné la discipline et qu'une petite sieste après le repas peut passer inaperçue.

A Mme Albiol et mes collègues de la pharmacie Pastoureau-Albiol pour m'avoir offert une formation exceptionnelle durant mon stage de 6eme année.

A Mr Larcher et Mme Cueille de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être président et membre de mon jury de soutenance.

A Marine pour m'avoir écouté me plaindre durant cette longue période.

A Albanne qui m'a prouvé qu'il ne faut jamais se décourager.

A Pecheur sans qui ces années auraient manqué d'un petit quelque chose (merci d'avoir redoublé pour m'attendre, t'es un vrai pote).

A Karine pour cette belle amitié depuis nos jeunes années de fac.

À mon cousin Charly pour sa maîtrise des logiciels.

Au TP3 sans qui les TPs n'auraient pas été les mêmes.

A mes amis des bancs de la fac pour ces fou-rires et moments inoubliables passés en leur compagnie.

A Wahiba et Helene que je ne vois pas assez.

A toutes mes belles rencontres angevines, j'ai beau dire mais cette ville me manquera et ce bien grâce à vous.

Merci.



# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b>	<b>10</b>
<b>1. L'argile</b>	<b>11</b>
<b>1. 1. Histoire de l'argile</b>	<b>11</b>
<b>1. 1. 1. Définition</b>	<b>11</b>
<b>1. 1. 2. L'argile d'hier à demain</b>	<b>11</b>
<b>1. 1. 2. 1. Sa place dans l'histoire</b>	<b>11</b>
<b>1. 1. 2. 2. Sa place dans la religion</b>	<b>12</b>
<b>1. 1. 2. 3. Sa place dans le quotidien</b>	<b>12</b>
<b>1. 1. 2. 4. Sa place en thérapeutique</b>	<b>13</b>
<b>1. 1. 2. 5. Sa place aujourd'hui</b>	<b>13</b>
<b>1. 1. 2. 6. Bases scientifiques de l'utilisation de l'argile</b>	<b>14</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. En industrie pharmaceutique</b>	<b>14</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. 2. Vétérinaire</b>	<b>14</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. 2. 1. Utilisation comme anti-mottant</b>	<b>14</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. 2. 2. Utilisation comme excipient</b>	<b>15</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. 2. 3. Utilisation comme anti-infectieux et stimulant</b>	<b>15</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. 2. 4. Utilisation comme immuno-stimulant</b>	<b>15</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. 2. 5. Utilisation comme purifiant intestinal</b>	<b>15</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. 2. 6. Utilisation comme reconstituant du manteau céphalique</b>	<b>15</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. 3. Humaine, (base diagnostique, thérapeutique)</b>	<b>15</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. 3. 1. Traitement de la sphère digestive</b>	<b>15</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. 3. 2. En orthodontie</b>	<b>19</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. 3. 3. Vecteur de nanoparticules</b>	<b>19</b>
<b>1. 1. 2. 6. 1. 3. 4. Traitement de l'ulcère de Buruli</b>	<b>25</b>
<b>1. 1. 2. 6. 2. En agroalimentaire</b>	<b>27</b>
<b>1. 1. 2. 6. 3. En tant qu'anti-poison</b>	<b>27</b>
<b>1. 1. 2. 6. 4. En association à certains médicaments</b>	<b>27</b>
<b>1. 1. 2. 6. 5. En association à certaines molécules</b>	<b>27</b>
<b>1. 1. 2. 6. 6. Pour le traitement de l'eau</b>	<b>28</b>

<b>1. 2. Obtention de l'argile</b>	<b>29</b>
1. 2. 1. Formation	29
1. 2. 2. Structure	31
1. 2. 3. Les différents types d'argiles	37
1. 2. 3. 1. Classification selon la structure chimique	37
1. 2. 3. 1. 1. Kaolin	41
1. 2. 3. 1. 2. Smectites	41
1. 2. 3. 1. 2. 1. Montmorillonite	41
1. 2. 3. 1. 2. 2. Attapulgite ou Bentonite	42
1. 2. 3. 1. 3. Illites	43
1. 2. 3. 1. 4. Vermiculites	43
1. 2. 3. 1. 5. Chlorites	44
1. 2. 3. 1. 6. Minéraux argileux inter-stratifiés	44
1. 2. 3. 2. Classification selon la couleur	45
1. 2. 3. 2. 1. Verte	45
1. 2. 3. 2. 2. Blanche	45
1. 2. 3. 2. 3. Rose	46
1. 2. 3. 2. 4. Rouge	46
1. 2. 3. 2. 5. Jaune	46
1. 2. 4. Récolte	46
<b>1. 3. Propriétés</b>	<b>47</b>
1. 3. 1. Absorbante et Adsorbante	47
1. 3. 2. Thixotrope, couvrance	50
1. 3. 3. Autres propriétés : Acide, oxydo-réductrice, photovoltaïque, radioactive	51
1. 3. 4. Colloïdale	52
1. 3. 5. Catalyseur	52
<b>2. Etat des lieux en France</b>	<b>53</b>
2. 1. Les différentes formes galéniques	53
2. 1. 1. Etat naturel	53
2. 1. 1. 1. Sèche	53
2. 1. 1. 2. Pâte	53

2. 1. 1. 3. Suspension	53
2. 1. 2. Différentes formulations galéniques	53
2. 1. 2. 1. Bandes	53
2. 1. 2. 2. Poudre, granulés, morceaux, fragments concassés	54
2. 1. 2. 3. Masque, cataplasme, dentifrice, chewing-gum, crème	54
2. 1. 2. 4. Gélules, comprimés, sachets-dose	54
2. 1. 2. 5. Eau d'argile	55
2. 1. 2. 6. Eau argileuse	55
2. 2. Formes commerciales à l'officine	55
2. 2. 1. Objectif	55
2. 2. 2. Références	55
2. 2. 2. 1. Produits d'intérêt industriel pharmaceutique à l'étude	55
2. 2. 2. 2. Médicaments	56
2. 2. 2. 3. Compléments alimentaires	58
2. 2. 2. 4. Cosmétiques	58
2. 2. 3. Analyse	61
3. L'argile à l'officine, évaluation d'enquêtes	64
3. 1. Méthodologie des enquêtes	64
3. 1. 1. Dialogue collaboratif	64
3. 1. 1. 1. Objectifs des enquêtes	64
3. 1. 1. 2. Structure de base	64
3. 1. 2. Réalisation des questionnaires	65
3. 1. 2. 1. Réalisation du questionnaire pour les professionnels	65
3. 1. 2. 2. Réalisation du questionnaire pour les consommateurs	67
3. 1. 3. Appréciation des versions V2 et V2' des questionnaires par le groupe de travail	68
3. 1. 4. Testing de la version V2 par un petit échantillon	69
3. 1. 5. Préparation et diffusion du questionnaire	72
3. 1. 5. 1. Public concerné	72
3. 1. 5. 2. Mode de diffusion	72
3. 2. Résultats	72

<b>3. 2. 1. Analyses Statistiques</b>	<b>72</b>
3. 2. 1. 1. L'enquête auprès des professionnels	72
3. 2. 1. 2. L'enquête auprès des consommateurs	78
<b>3. 2. 2. Rapport d'analyse</b>	<b>83</b>
3. 2. 2. 1. L'enquête réalisée auprès des professionnels	83
3. 2. 2. 2. L'enquête réalisée auprès des consommateurs	84
<b>3. 3. Utilisation traditionnelle (à l'officine) de l'argile</b>	<b>86</b>
<b>3. 3. 1. Usage interne</b>	<b>87</b>
3. 3. 1. 1. Indications	87
3. 3. 1. 1. 1. Intoxication alimentaire	87
3. 3. 1. 1. 2. Reminéralisant	90
3. 3. 1. 1. 3. Autres indications	91
3. 3. 1. 2. Contres-indications	91
3. 3. 1. 3. Précautions d'emploi	91
3. 3. 1. 4. Interactions médicamenteuses	91
<b>3. 3. 2. Usage externe</b>	<b>92</b>
3. 3. 2. 1. Indications	92
3. 3. 2. 1. 1. En cataplasme	92
3. 3. 2. 1. 2. En masque	93
3. 3. 2. 1. 3. En tant que nettoyant	94
3. 3. 2. 1. 4. Dans le bain	95
3. 3. 2. 2. Contres-indications	95
3. 3. 2. 3. Précautions d'emploi	95
3. 3. 2. 4. Interactions médicamenteuses	96
<b>3. 4. Proposition d'une fiche d'aide au conseil de l'argile à l'officine, Méthodologie de construction de l'outil</b>	<b>96</b>
<b>3. 4. 1. L'idée</b>	<b>96</b>
3. 4. 1. 1. Pourquoi ?	96
3. 4. 1. 2. Pour qui ?	96
3. 4. 1. 3. Quel support ?	97
3. 4. 1. 4. Quelles ressources ? Quels freins ?	97
<b>3. 4. 2. Le projet</b>	<b>97</b>

3. 4. 2. 1. Analyser la situation	97
3. 4. 2. 2. Analyser les pertinences	97
3. 4. 2. 3. Formuler les objectifs	98
3. 4. 2. 3. 1. Fiche d'aide au conseil	98
3. 4. 2. 3. 2. Fiches explicatives d'utilisation	98
3. 4. 2. 3. 3. Fiche récapitulative des argiles les plus communes retrouvées à la vente	98
<b>3. 4. 3. Le prototype</b>	<b>99</b>
3. 4. 3. 1. Construction du contenu	99
3. 4. 3. 1. 1. Fiche d'aide au conseil	99
3. 4. 3. 1. 2. Fiches explicatives d'utilisation	99
3. 4. 3. 1. 3. Fiches récapitulative des argiles les plus communes retrouvées à la vente	100
3. 4. 3. 2. Conception de la forme	100
<b>3. 5. Discussion</b>	<b>106</b>
3. 5. 1. L'enquête	106
3. 5. 1. 1. Pertinence	106
3. 5. 1. 2. Limites	106
3. 5. 2. La proposition de l'outil	107
3. 5. 2. 1. Pertinence	107
3. 5. 2. 2. Limites	107
3. 5. 3. Du projet à la mise en place des outils	107
3. 5. 3. 1. Comment évaluer?	107
3. 5. 3. 2. Par qui évaluer?	107
<b>CONCLUSION</b>	<b>108</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>109</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>116</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Tableau récapitulatif des différentes argiles selon leur composition chimique.

Tableau 2. Pourcentage d'absorption des argiles en fonction de leur poids.

Tableau 3. Surface spécifique et capacité d'échange de cations de différentes argiles.

Tableau 4. Comparatif des pouvoirs d'absorption et d'adsorption de différentes argiles.

Tableau 5. Composition minéralogique (%) des matériaux argileux.

## LISTE DES IMAGES

Image 1. Structure du nanotube d'halloysite.

Image 2. Structure d'une argile.

Image 3. Structure tétraédrique du Silicium.

Image 4. Structure octaédrique de  $\text{Al}(\text{OH})_6$ .

Image 5. Feuillet T/O.

Image 6. Feuillet T/O/T.

Image 7. Structure de différentes argiles.

Image 8. Tableau périodique des éléments.

Image 9. Structure ionique d'un feuillet d'argile.

Image 10. Fiche conseil destinée au professionnel de santé.

Image 11. Fiche protocole explicative sur la réalisation d'un masque.

Image 12. Fiche protocole explicative sur la réalisation d'un cataplasme.

Image 13. Fiche récapitulative des argiles les plus communes retrouvées à la vente.

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Analyse chimique d'argile verte.

Figure 2. Analyse du type de produit utilisé en fonction de l'âge de la personne avec pour exemples des produits des laboratoires cités.

## LISTE DES SCHEMAS

Schéma 1. Processus de formation de l'argile.

Schéma 2. Schéma d'un faisceau de rayons X sur un réseau cristallin.

Schéma 3. Classification générale des argiles selon Millot (1/2).

Schéma 4. Classification générale des argiles selon Millot (2/2).



## LISTE DES ABREVIATIONS

AMM (Autorisation de Mise sur le Marché)

RX (rayons X)

CEC (capacité d'échange de cations)

HPLC (High Performance Liquide Chromatography)

NFS (Numération de la Formule Sanguine)

HAS (Haute Autorité de Santé)

SMR (Service Médical Rendu)

AINS (Anti-Inflammatoire Non Stéroïdiens)

# INTRODUCTION

L'argile est l'un des matériaux les plus anciens utilisé par l'être humain. Récoltée à même la terre dans des carrières, on ne trouve pas une mais des argiles. De part une structure spécifique, ainsi que des propriétés multiples, les argiles répondent à de nombreuses indications. L'argile est déformable, transformable, adhérente, coulante, glissante, fixante et a ainsi de nombreuses capacités parmi lesquelles le transport, la capture, la libération de substances liquides, gazeuses, mais également solides, vivantes, et mortes.

Sa richesse minérale et en oligo-éléments en fait un outil dans la santé, le bien-être, la beauté, l'entretien du corps, de la maison, des constructions, dans l'industrie. Ces éléments ne dépassant pas le micron, on peut leur attribuer, en santé, le bénéfice d'une forme d'oligo-métallo-thérapie conférant certaines de leurs propriétés à l'argile.

Ce document retrace l'histoire de l'argile, décrit sa formation, sa structure et en ressort ses propriétés. Il recueille les différentes formes d'argiles, leurs indications, utilisations possibles, les dernières innovations santé en cours de recherche. Une étude est réalisée pour mettre en évidence les usages actuels de l'argile par ses consommateurs, sa place à l'officine et dans le conseil au comptoir.

# 1. L'argile

## 1. 1. Histoire de l'argile

### 1. 1. 1. Définition

Le mot argile provient du latin Argilla. Ce même mot est dérivé du grec argillos, dont la racine, argos, signifie " d'une blancheur éclatante ". Du XIIe au XVIe siècle, argile se disait "Ardille", puis ce mot est devenu "arzille", puis "arsille" pour finir en "argile". [ P. Chavanne, 2011, page 11 ]

Le terme générique, « argile » est couramment utilisé pour désigner différentes roches sédimentaires, cristaux, présentant une forte teneur en minéraux. Il n'existe pas une mais des argiles. Selon leurs composition et concentration en minéraux, les différentes argiles ont des structures et des propriétés différentes.

### 1. 1. 2. L'argile d'hier à demain

#### 1. 1. 2. 1. Sa place dans l'histoire

Une équipe de scientifiques américains de la NASA soutient que la vie sur Terre aurait pris naissance dans l'argile et non dans « la soupe originelle ». La Montmorillonite (type d'argile décrite ultérieurement) serait le catalyseur au niveau des acides nucléiques. Sa charge anionique (ionique négative) ainsi que son pH spécifique permettent de catalyser une réaction d'activation des acides nucléiques entraînant la formation d'ARN. La NASA a également évoqué la présence d'argile sur Mars dont de la Montmorillonite. [ M. F. Aldersley et coll., 2011 ]

Dès trente cinq mille ans avant notre ère, l'argile était utilisée par la main de l'homme, en tant que matériau pour produire des dessins dans les grottes, des histoires, traces du passé. [ F. Villieras, 2008, page 14 ] L'argile a permis la sédentarisation. [ F. Villieras, 2008, page 18 ] Les premières traces d'habitation sont situées en Mésopotamie, sur les rives du tigre et de l'Euphrate. Aujourd'hui plus d'un tiers des habitations sont à base

d'argile. [ F. Villieras, 2008, page 26 ] Les premiers contenants à base de terre cuite découverts, datent du septième millénaire avant notre ère. [ F. Villieras, 2008, page 30 ] Les plus anciens écrits sont retrouvés sur des tablettes d'argiles. [ F. Villieras, 2008, page 20 ] Le papier est apparu bien plus tard.

## **1. 1. 2. 2. Sa place dans la religion**

C'est à partir d'une motte de terre mêlée à du sang et de la chair d'un dieu immolé que, pour les anciens mésopotamiens, le dieu Éridu, maître de l'océan, avait créé la vie. De part les religions, l'homme serait né sur la terre à partir d'argile. Le Coran relate la création de l'homme « Nous créâmes l'homme d'une argile crissante, extraite d'une boue malléable. » [ Sourate 15 AL-HIJR, 26 ]. Une des traductions de la Bible raconte que Dieu créa les animaux de la terre, « Dieu dit: « Que la terre fasse sortir des êtres animés selon leur espèce, des animaux domestiques, des reptiles et des bêtes de la terre selon leur espèce. » » [ Livre de la Génèse, Chapitre 1, verset 24, la Bible ], « Et cela fut ainsi. Dieu fit les bêtes de la terre selon leur espèce, les animaux domestiques selon leur espèce, et tout ce qui rampe sur la terre selon son espèce. Et Dieu vit que cela était bon. » [ Livre de la Génèse, Chapitre 1, verset 25, Ancien testament ]. Une autre traduction de la création, récit de la Génèse chapitre 2, plus ancien dit « L'Eternel Dieu forma l'homme de la poussière de la terre, il souffla dans ses narines un souffle de vie et l'homme devint un être vivant. » [ Livre de la Génèse, Chapitre 2, verset 7, Ancien testament ]. Ces passages sont communs à la Bible et la Torah. Dieu est considéré comme le potier, créateur à partir de l'argile. Le testament rapporte aussi des passages où Jésus utilise de l'argile, comme lorsqu'il redonne la vue à un aveugle en mettant de la terre sur les yeux. [Evangile de Jean 9, 1-7, Nouveau testament, la Bible ] Le corps ainsi que l'argile et la terre sont relatés dans leur dimension symbolique, religieuse, mais sans référence à des utilisations thérapeutiques. [ N. Cousin, 2013, page 20 ]

## **1. 1. 2. 3. Sa place dans le quotidien**

Les romains blanchissaient les tissus, leurs vêtements à partir d'une eau argileuse. Les Égyptiens, quand à eux, l'utilisaient entre autre à des fins de soins et durant le rite de la momification. [ N. Cousin, 2013, page 20 ] L'argile n'était pas uniquement employée pour les défunts, elle fait des apparitions dans la pharmacopée égyptienne de ce temps.

[ T. Bardinet, 1995 ] Les médecins grecs et romains dont Dioscoride, Pline l'ancien (Histoire naturelle) ou encore Galien, ont travaillé sur l'utilisation de ce matériau.

La porcelaine est fabriquée à partir d'une argile particulière, blanche, pure, le kaolin. C'est au septième siècle, que la Chine produisit à partir de terre cuite ces poteries. Ce n'est autre que Marco polo qui permit à l'Europe de découvrir la porcelaine.

#### **1. 1. 2. 4. Sa place en thérapeutique**

Au Moyen Âge, l'argile était couramment utilisée pour soigner. Un grand médecin et savant perse, Avicenne, a relaté douze types d'argiles différentes ainsi que leurs utilisations, en usage externe et en usage interne, en particulier en tant qu'antipoison. Les premières méthodes de filtration de l'eau se faisaient dans des lits de sable et d'argile.

Au début du siècle dernier, des thérapeutes se servaient d'argile pour traiter des affections par voie externe ou interne. Durant la première guerre mondiale, les soldats français ayant consommé de la moutarde comprenant de l'argile dans sa formule, utilisée comme excipient gélifiant, se révélaient être moins sujets à la dysenterie. Les soldats russes se voyaient distribués des compléments alimentaires d'argile.

#### **1. 1. 2. 5. Sa place aujourd'hui**

De nos jours, l'argile est utilisée pour la fabrication de céramiques pour prothèses dentaire ou osseuse ; en agroalimentaire on s'en sert pour purifier des huiles. L'industrie pétrolière utilise l'argile dans le cadre des forages et du raffinage du pétrole en essence. Des couches argileuses sont également retrouvées dans le stockage des déchets radioactifs. [ J.M. Picard, 1994 ]

La peinture contient des argiles, qui augmentent le pouvoir couvrant, opacifient, permettent une diminution des quantités de liants nécessaires à sa fabrication (généralement le talc). Des argiles gonflantes seront incorporées à certains types de peintures pour éviter le coulage et le gouttage. [ F. Villieras, 2008, page 48 ] Les argiles sont présentes dans des matériaux composites comme par exemple les plastiques (le plastique coûte cher car provient du raffinage des hydrocarbures), cela n'entraîne aucune

modification du comportement des matériaux plastiques. Des études ont été menées au fil des années afin d'utiliser les propriétés des argiles au profit d'autres matières (la résistance aux chocs, à la déformation, à la chaleur, aux rayons UV,...). L'argile est surtout utilisée pour son imperméabilité face aux liquides ainsi qu'aux gaz dans les emballages alimentaires, les balles de tennis,... Pour ses propriétés mécaniques, on l'incorpore à certains matériaux pour rigidifier les structures, améliorer la résistance à la traction, la flexion ainsi qu'au choc, au vieillissement. Elle est pour cette raison retrouvée dans les carrosserie, les pare-chocs mais aussi le mobilier de jardin, permettant une résistance aux intempéries et aux longs séjours en extérieur. Elle a un rôle inhibiteur ou du moins retardateur de flamme dans le bâtiment. Elle va donc recouvrir les portes coupe-feu, les gaines des fils électriques, les conduits de chaufferie ainsi que les réservoirs de combustibles. Lors d'une combustion, une couche charbonneuse se forme à la surface du matériau, riche en argile, cela crée un film imperméable qui va étouffer la flamme, la contenant et diminuant son apport en oxygène. [ F. Villieras, 2008, page 54 ] On retrouve aussi l'argile dans la matrice des vêtements de protection. [ F. Villieras, 2008, page 55 ] (Elle y joue un rôle d'isolant thermique pyrofuge.) Additionnée à la lessive, elle va piéger les corps gras dans sa structure en millefeuilles qui, de plus, se dissocie facilement des tissus. Retrouvée également dans les litières pour chats, elle capte odeurs et urines.

## **1. 1. 2. 6. Bases scientifiques de l'utilisation de l'argile**

### **1. 1. 2. 6. 1. En industrie pharmaceutique**

#### **1. 1. 2. 6. 1. 2. Vétérinaire**

##### **1. 1. 2. 6. 1. 2. 1. Utilisation comme anti-mottant**

Des chercheurs ont démontré qu'une alimentation contenant 5% d'argile stimule la croissance des ovins, ayant également un effet sur le métabolisme du rumen. [ D. Ouachem et coll., 2005 ] Le talc est saupoudré à la surface des aliments comme par exemple la nourriture pour animaux pour ses propriétés "anti-mottante" c'est-à-dire qu'il évite l'agrégation des croquettes les unes aux autres permettant le stockage, de même pour les chewing-gums et les bonbons. [ F. Villieras, 2008, page 56 ]

#### **1. 1. 2. 6. 1. 2. 2. Utilisation comme excipient**

La nourriture du bétail est enrichie en argile, généralement des bentonites, comme excipient liant. Sous forme de pastilles ou comprimés, les bentonites, utilisées pour leur fort pouvoir absorbant, sont incorporées à la pâtée en vue de l'épaissir. Elles forment 1,5 à 3% des rations. [ Schake, L.M. et B.E. Garner, 1976 ]

#### **1. 1. 2. 6. 1. 2. 3. Utilisation comme anti-infectieux et stimulant**

L'argile, de type bentonite, ajoutée à l'eau de l'abreuvoir, augmente de 20% la croissance de la laine chez les moutons s'y abreuvent. Incorporer 1kg de bentonite a 100L d'eau, laisser sédimenter, et changer l'argile une fois par an va également avoir un effet protecteur sur les infections. [ Fenn, P.D. et R.A. Lens, 1989 ]

#### **1. 1. 2. 6. 1. 2. 4. Utilisation comme immuno-stimulant**

L'ajout de kaolin à l'eau d'élevage de truites arc-en-ciel va diminuer les pathologies brachiales par diminution des protozoaires colonisant les branchies. [ Goldes-SA et coll., 1988 ]

#### **1. 1. 2. 6. 1. 2. 5. Utilisation comme purifiant intestinal**

Une étude prouve que l'administration de smectite chez le chien (chien de traîneau dans l'étude) élimine la diarrhée dans 90% des cas. [ Grandjean et alii, 1992 ]

#### **1. 1. 2. 6. 1. 2. 6. Utilisation comme reconstituant du manteau céphalique**

Le traitement par injections de kaolin chez des jeunes chiens hydrocéphaliques permet la reconstitution du manteau cervical jusqu'à 4mm d'épaisseur. [ H. Yamata et coll., 1992 ] Egalement chez le chat hydrocéphalique l'injection de solutions stériles à 25% de kaolin révèle une décompression efficace. [ T.J. Lovely et coll., 1989 ]

#### **1. 1. 2. 6. 1. 3. Humaine, (base diagnostique, thérapeutique)**

##### **1. 1. 2. 6. 1. 3. 1. Traitement de la sphère digestive**

Les argiles, ou silicates d'alumine, sont retrouvées en pharmacie en tant que médicaments destinés à traiter certaines pathologies de la sphère digestive. Les modalités d'action des smectites suivantes sont étudiées : [ J. Allègre, 2012 ]

- Bédélix® (bedeillite) (traitement symptomatique du syndrome du colon irritable.)
- Gélox® (traitement symptomatique des manifestations douloureuses au cours des affections œsophageo-gastro-duodénales.)
- Smecta® (traitement de la diarrhée aiguë et chronique chez l'adulte et chez l'enfant, traitement symptomatique des douleurs liées aux affections oeso-gastro-duodénales et coliques.)

L'HAS (Haute Autorité de Santé) présente un SMR (Service Médical Rendu) insuffisant pour Bedelix et Gélox dans leur indication. Celui du Smecta est également insuffisant pour le traitement de la diarrhée chronique, modéré dans la diarrhée aiguë et faible dans le traitement symptomatique des douleurs.

Le mécanisme d'action des smectites agit sur différentes cibles.

- Le mucus

L'argile s'y lie, et, en 20 minutes, le mucus voit son épaisseur augmenter, permettant d'une part la protection du mucus, d'autre part la protection de la paroi digestive contre les molécules corrosives et les radicaux libres [ A. Leonard et coll., 1994 ] [ M.T. Droy-Lefaix et coll., 1986 ] [ J.P. Pearson et coll., 1996 ] [ J. Knight et coll., 1998 ] ; la liaison des cristaux d'argile au mucus améliore ses caractéristiques rhéologiques (viscosité, hydrophobie, polymérisation des glycoprotéines, adhésion à la paroi du tube digestif) et diminue sa dégradation. [ M.T. Droy-Lefaix et coll., 1985 ] [ M.T. Droy-Lefaix, 1987 ] [ K. Gwozdinski et coll., 1997 ] Ce renforcement bloque l'action des cytokines inflammatoires entraînant la disjonction des cellules, [ L. Mahraoui et coll., 1997 ], protège la paroi de l'éthanol et des AINS (Anti-Inflammatoire Non Stéroïdiens) [ M.T. Droy-Lefaix et coll., 1986 ] et va jusqu'à traiter les gastropathies induites par ces molécules. [ A. Leonard et coll., 1994 ]



- La pepsine

Si sécrétée en trop grande quantité, pouvant entraîner l'apparition de gastrites, d'ulcères digestifs, d'hémorragies, peut être inhibée par l'argile. Un gramme d'argile type kaolinite va adsorber 0,20g de pepsine. [ A. Leonard et coll., 1994 ]

- L'acidité gastrique

Les protons  $H^+$  sont neutralisés par la capacité échangeuse d'ions de l'argile, captant les protons du milieu.

- Un excès de trypsine pancréatique est fixé par l'argile. [ H.J. Samson et coll., 1995 ]

- Les toxines bactériennes

Celles-ci vont être emprisonnées dans la structure des argiles. Le traitement du choléra en Allemagne par le professeur Stumpf en 1906 par la kaolinite l'a prouvé pour la toxine cholérique. [ M.Y Brouillard et coll., 1989 ] [ J. Fioramonti et coll., 1987 ]

- Les virus

Ils vont être capturés rapidement par les feuillets d'argile pour ensuite être éliminés dans les selles. [ S.M. Lipson et coll., 1984 ] Des essais cliniques en double aveugle ont prouvé que l'argile diminuait la durée des diarrhées et la fréquence des selles chez l'adulte [ F. Khediri et coll., 2011 ] et l'enfant. [ A. Guarino et coll., 2011 ] [ C. Dupont et coll., 2009 ]

- Les gaz intestinaux

Les smectites adsorbent liquides et gaz, dont le méthane libéré par la flore digestive. [ B. Meknini et coll., 1994 ]

- Les bactéries

*Helicobacter pylori* se fixe sur l'épithélium digestif, la smectite diminue ce phénomène, [ F. Bonneville et coll., 1990 ] elle sera donc efficace comme traitement de dyspepsies induites par cette bactérie. [ J.D. De Korwin et coll., 1993 ] Plusieurs espèces bactériennes (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*,...) sont neutralisées par différentes argiles diluées à 10mg/10mL. Des bactéries résistantes à des antibiotiques (*E. coli* productrice de  $\beta$ -lactamase à spectre étendu ESBL, et *Staphylococcus aureus* méthicilline résistant MRSA) sont également anéanties avec différentes sortes d'argiles. [ L.B. Williams et coll., 2010 ]

Un recueil relaté dans la thèse de Jade Allègre (2012) explique le mécanisme d'action des argiles sur la destruction des bactéries : « 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 (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).

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'hydroxyde qui est de 40 Angströms (Linus Pauling, *Nature de la liaison chimique*, Paris, PUF 1949, page 381).

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. » [ J. Allègre, 2012 ]

Une étude comparative a été réalisée in vitro sur 8 argiles ou anti-acides apparentés contenant de l'aluminium. La capacité de fixation de ceux-ci est comparée à la capacité de la cholestyramine à se fixer aux acides biliaires ainsi qu'à la lysolécithine. C'est la mesure du pH final qui a été prise en compte. Les capacités de fixation dépendaient :

- de leur composition,
- de leur effet anti-acide,
- du pH du milieu.

La lysolécithine est captée par l'argile et la cholestyramine à la même intensité, et plus faiblement par les anti-acides contenant de l'aluminium. La fixation des acides biliaires est dépendante du pH (un pH initial égal à 1,8 offre une meilleure adsorption des sels aux différents principes actifs avec une intensité variant selon la molécule). [ J. Vatieer et coll., 1989 ]

#### **1. 1. 2. 6. 1. 3. 2. En orthodontie**

Une étude sur l'addition de montmorillonite aux vis des implants en orthodontie montre une meilleure intégration de ces implants aux os de la mâchoire. De plus cette association offre une plus grande stabilité grâce au mélange de nanoargiles à du phosphate tricalcique enrobant la vis de titanium. La mucoadhésivité élevée et les propriétés mécaniques de la nanoargile peuvent améliorer la stabilité et l'intégration de l'implant à l'os. [ W.Y. Zhou et coll., 2010 ]

#### **1. 1. 2. 6. 1. 3. 3. Vecteur de nanoparticules**

Le transport ciblé de molécules médicamenteuses directement dans des cellules nécessite une structure précise telle que les vecteurs nanométriques. Ces particules nanoscopiques sont des vecteurs de médicaments prometteurs de par leur taille ajustable, leur forme, leur porosité et leurs propriétés de surface. Le potentiel des nanovecteurs comme plateforme de transport de médicaments jusqu'aux cellules a permis le développement d'une variété de systèmes : liposomes et micelles, conjugués de polymères, silicates poreux, nanoparticules magnétiques, nanofeuillets d'oxyde de

graphène, conteneurs supramoléculaires et nanosphères mésoporeuses carbonées. Le transport de nanoparticules à travers la membrane cellulaire accompli avec la libération contrôlée du volume encapsulé par un signal intra ou extra cellulaire est le but ultime pour le vecteur médicamenteux.

Pour y arriver, des nanovecteurs chargés de principe actif sont fournis avec des récepteurs de surface répondant au signal de libération. Jusqu'à présent, ni le signal externe (laser d'irradiation) ni interne (gradient de pH intracellulaire) ou la combinaison des deux n'ont été utilisés pour initier la libération intra-cellulaire de molécules médicamenteuses incluses dans des nanotubes. Les vecteurs chargés de médicaments sont recouverts de récepteurs qui vont bloquer la libération tant que le transporteur est hors de la cellule. Les molécules stockées dans un monobloc de copolymères de nanoparticules étaient libérées à l'intérieur des cellules après photolyse induite par un laser irradiant ou un décapage de nanotubes de carbone. Néanmoins l'utilisation de signaux externes n'est pas toujours réalisable in vivo, des signaux internes tel que le pH nécessitent l'ajout de polymères synthétiques entraînant l'apparition d'une toxicité. Les nanotubes de carbone étant considérés comme potentiellement toxiques, une alternative est la formulation de nanotubes d'argile. Les nanotubes d'halloysite sont comparables à des nanotubes de carbone. Ce vecteur peut, par sa structure externe, être enrobé de molécules qui seront clivées une fois en contact avec la cellule cible. Il sera internalisé pour libérer le principe actif. Le revêtement se compose de molécules dégradables par des enzymes intra-cellulaires (exemple : la dextrine dégradée par la glycosyl hydrolase). Les principes actifs seront libérés en quelques heures, jours ou encore quelques semaines. Cette caractéristique de la libération est prometteuse pour de nombreux principes actifs et leur administration. De plus, les molécules actives sont conservées plusieurs semaines une fois incorporées aux nanotubes d'halloysite, permettant leur stockage une fois conditionnées. Le revêtement de dextrine a été étudié pour les nanotubes contenant un anticancéreux, ce signal est caractérisé comme spécifique des cellules cancéreuses qui nécessitent un plus gros apport énergétique que les cellules saines qui, elles, n'internaliseront pas les nanotubes, les laissant hors de portée du principe actif. Les cellules saines ne seront donc pas altérées par la thérapie. Ce traitement serait donc spécifique aux cellules cancéreuses. Cela rendrait la recherche de molécules spécifiques aux cellules cancéreuses inutile. Cette thérapie utiliserait des

molécules anticancéreuses actuelles, connues de faible pouvoir cytotoxique car nécessitant une forte concentration cellulaire pour agir efficacement (une faible concentration intra-cellulaire n'affectant pas la cellule). Ceci aurait pour intérêt de ne pas dégrader les cellules saines ayant une incapacité à intégrer les nanotubes. L'intégration ne se suivrait pas de la libération du principe actif, la cellule n'ayant pas besoin de dégrader la dextrine pour son fonctionnement. [ M.R. Dzamukova et coll., 2015 ]

L'halloycite, dont la formule chimique est  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , peut former un cylindre, ou nanotube, sous certaines conditions. Pour cela il faut que  $n=4$  pour 1nm, les molécules d'eau s'évaporant à la chaleur entraînent une compression des parois. La plaque d'argile s'enroule formant un tube (image 1) visible aux rayons X (0,72nm). Le diamètre externe est de 40 à 60nm et de 10 à 15nm en interne avec une longueur de 700 à 1000nm (commercialisé par Sigma-Aldrich). La forme à 1µm de longueur est plus sécuritaire pour l'élimination par phagocytose par rapport à des formes de 3 à 5µm (brevets Canadien et Australien). Le tube d'halloycite est stable jusqu'à une température de 460°C. La lumière du nanotube peut stocker et libérer des molécules de façon contrôlée. Cette innovation peut s'avérer particulièrement utile en santé comme vecteur de principes actifs, de composés de polymères autoréparateurs. Les tubes d'halloycite n'ont pas de toxicité in vitro ni in vivo. Cela permet leur utilisation comme vecteur de principe actif. Ils peuvent être utilisés pour la formulation de formes orales, applications cutanées, implants mais pas en intra-veineux. Les nanotubes peuvent emmagasiner des enzymes ou encore de l'ADN. [ Y. Lvov et coll., 2015 ]

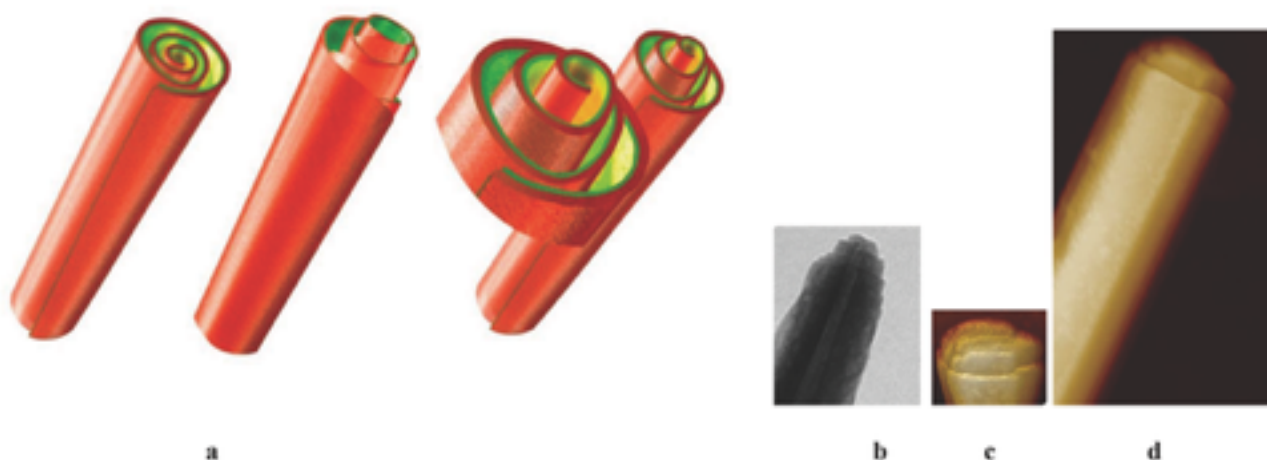


Image 1. Structure du nanotube d'halloycite. [ Y. Lvov et coll., 2015 ]

Le remplissage des nanotubes est réalisé selon le protocole suivant. Un solvant est préalablement saturé en molécules actives. La solution obtenue et les nanotubes sont mis dans une fiole. Cette solution est ensuite passée à la pompe à vide. L'apparition d'une effervescence dans la solution indique que l'air est éliminé des nanotubes. Une fois l'air retiré, le flacon est scellé pendant 30 minutes afin que les molécules cibles puissent être incorporées aux nanotubes. La suspension est alors passée dans une centrifugeuse pour retirer le solvant. Pour finir les nanotubes sont lavés. L'opération est réalisée une deuxième fois afin de s'assurer que les nanotubes sont remplis au maximum de leur capacité.

Cette technique simple permet le conditionnement de nombreux types de matériaux tels que :

- des principes actifs médicamenteux,
- des protéines,
- des nanoparticules,
- ...

Des agents hydrophiles et également hydrophobes peuvent être incorporés aux nanotubes d'argile. [ Y. Lvov et coll., 2015 ]

L'halloysite, qui a une structure proche du kaolin, est enroulée selon un procédé pour former des tubes [ Joussein et al., 2005, Bates et al., 1950, Lvov et al., 2008, Du et al., 2010, Price et al., 2001, Abdullayev and Lvov, 2011, Yelleswarapu et al., 2010, Abdullayev et al., 2009, Kirkman, 1981, Singh, 1996, Singh and Mackinnon, 1996, Abdullayev et al., 2008, Churchman and Carr, 1975, Bergaya et al., 2006, Vergaro et al., 2010, Tazaki, 2005 and Carr et al., 1978 ]. Ces nanotubes ne sont pas polluants pour l'environnement. Les groupements hydroxyles à leur surface permettent une bonne dispersion dans les polymères sans qu'une exfoliation préalable soit nécessaire contrairement au kaolin et à la montmorillonite. La surface externe du nanotube d'halloysite est essentiellement composée de silicium et la face interne d'aluminium. Ils peuvent accueillir de nombreux types de molécules dont des polymères [ Lvov and Price, 2008, Guo et al., 2009, Lvov et al., 2002, Liu et al., 2007, Wei et al., 2012, Cavallaro et al., 2011, Zheng and Wang, 2010, Du et al., 2006, Du et al., 2007 and Liu et al., 2014 ] et être libérés de façon contrôlée dans des environnements spécifiques [ Joussein et al., 2005, Bates et al., 1950, Lvov et al., 2008, Du et al., 2010 and Price et al., 2001; Abdullayev and Lvov,

2011 and Yelleswarapu et al., 2010 ]. Une association de pectines et nanotubes d'halloycite pourrait offrir un nouveau type de vecteur vert et bon marché. Leurs propriétés uniques combindraient les avantages des macromolécules dérivées de ressources renouvelables. Giuliana Gorrasi, en 2015, a étudié la préparation et la caractérisation de nanotubes d'halloycite et pectines chargés d'huile essentielle de rosemary, antibiotique naturel, pour des applications de stockage alimentaire. Le pouvoir antibiotique de plusieurs huiles essentielles in vitro et dans la nourriture a été démontré [ Liu et al., 2008, Deans and Ritchie, 1987 and Hammer et al., 1999; Dorman and Deans, 2000, Burt, 2004 and Gómez-Estaca et al., 2010 ]. Une comparaison de libération d'acide rosmarinique dans des polymères de pectines/nanotubes d'halloycite et une autre dans des polymères de pectines seuls a révélé une libération plus lente pour l'hybride comme vecteur. L'évaluation préliminaire ouvre de nouvelles perspectives pour la pectine comme vecteur anti-microbien de polymères d'emballages alimentaires. [ G. Gorrasi, 2015 ]

Le GABA (Acide Gamma Amino Butyrique) est un neurotransmetteur qui inhibe l'excitation des neurones. Sa carence entraîne des crises d'épilepsie. Une étude tente de mettre au point un nanovecteur spécifique et non toxique du GABA passant la barrière hémato-encéphalique. Le stockage de HNT-GABA H1 (Halloycite NanoTubes) est stable 3 mois. Des essais in vivo ont été réalisés sur des rats. Le pentylenetetrazole est le convulsivant utilisé pour les essais. Les résultats prouvent une augmentation de la latence des crises, une diminution de la durée des crises, une diminution des crises sévères et de la mortalité comparé à l'administration de GABA pur. La mesure du GABA administré pur n'était néanmoins pas significativement moins élevée que celle administrée avec les nanotubes. Les essais révèlent une diminution de toutes les phases de la convulsion, indiquant une distribution du GABA dans toutes les zones du cerveau. [ G. Y. Kırımlıoğlu et coll., 2015 ]

Une autre étude concerne les nanotubes d'halloycite comme vecteurs de cytotoxiques. L'expérience évalue la cytotoxicité face aux carcinomes colorectaux (cellules HCT116) et hépatocellulaires (cellules HepG2). Dans cette étude, les nanotubes ont d'abord été caractérisés par leurs caractéristiques physiques (longueur, diamètre, aspect tridimensionnel) avant d'être évalués in vitro pour leur potentiel cytotoxique à fortes doses. Leur cytotoxicité a également été mesurée in vitro par le "mitotic index assay" qui utilise des cultures de lymphocytes de sang périphérique humain. Les nanotubes sont

cytostatiques à une concentration de 250 à 500µg/mL et cytotoxiques à 1000µg/mL en bloquant l'entrée dans le cycle cellulaire. [ F. R. Ahmed et coll., 2015 ]

Au cours d'une étude, Marina Massaro et coll. (2014) ont exploré la possibilité d'utiliser des nanotubes d'halloysite comme vecteurs d'un principe actif, le cardanol. Ce lipide phénolique, obtenu à partir de l'acide anacardique, est considérée comme étant une espèce anticancéreuse active prometteuse. Hormis la formation de complexes pristine-nanotubes, des modifications chimiques des nanotubes ont été réalisées. Des sels de triazolam de différents caractères hydrophobes ont été fixés aux nanovecteurs sur la face externe des nanotubes. L'interaction entre cardanol et nanotubes a été mise en évidence par HPLC. Cette méthode permet de constater le chargement de la molécule dans les tubes. Les complexes formés entre les nanotubes et le cardanol ont été caractérisés par spectroscopie infrarouge et analyse thermogravimétrique pour mettre en évidence la structure, les propriétés thermiques,... des produits obtenus. La cinétique de la libération du cardanol ainsi que les essais de viabilité des cellules cibles ont démontré des résultats prometteurs pour une nouvelle stratégie d'applications du cardanol comme principe actif antiprolifératif et des nanotubes d'argile comme vecteurs de molécules médicamenteuses. [ M. Massaro et coll., 2014 ]

Les nanotubes d'argile de type halloysite peuvent également être utilisés pour l'identification et le diagnostic. Combiné à de l'acide 1-pyrenylboronique qu'il internalise, l'halloysite deviendrait un marqueur de diagnostic par fluorescence. Ces nanotubes peuvent avoir de nombreux autres applications telles que : [ H. Zhang et coll., 2015 ]

- catalyseur,
- adsorbant,
- vecteur médicamenteux,
- transporteur enzymatique,
- anticorrosif,
- aérologel,
- matériau électronique,
- ...



#### 1. 1. 2. 6. 1. 3. 4. Traitement de l'ulcère de Buruli

Une étude de l'OMS, présentée par le professeur Carbonnelle du laboratoire de bactériologie du CHU d'Angers en 2002, a été réalisée sur l'ulcère de Buruli et son traitement par l'argile. Ce type d'ulcère est une infection due à une bactérie, *Mycobacterium ulcerans*, qui ronge les tissus cutanés, musculaires et osseux. Il est retrouvé dans plus de 25 pays. Des milliers de personnes sont atteintes chaque année en Afrique de l'Ouest par cette maladie.

Cette bactérie va ronger les chairs pendant des semaines voire mois s'il n'y a pas de réponse immunitaire. L'ulcère va grandir jusqu'à cesser d'évoluer sans explication. Toute médication est inefficace sur les cas avancés, néanmoins elle peut arrêter la progression de la maladie si elle est administrée à un stade précoce. C'est un médecin australien qui a mis en évidence le rôle de la bactérie dans l'ulcère de Buruli.

Line de Courssou, infirmière, est l'instigatrice du traitement de l'ulcère de Buruli à base de cataplasmes d'argile, en Côte d'Ivoire. Elle a commencé à utiliser cette thérapeutique il y a 25 ans, lorsqu'elle a rencontré des malades présentant des « ulcères sans fin ». Ce traitement comprend de l'illite verte (de chez Argiletz) ainsi que de la montmorillonite (de chez Argicure). Ces argiles sont d'origine française, les lots reçus sont préalablement analysés par le Laboratoire d'Hygiène et de Recherche en Santé Publique de l'Université H. Poincaré - Nancy 1 certifiant l'absence de contamination selon les paramètres biologiques. Seuls des matériaux en verre (saladiers) et en bois (spatules,...) sont utilisés pour la préparation des cataplasmes.

Le traitement commence par une déparasitation du malade ainsi qu'une alimentation hyperprotéinée et un apport en fer. Les soins ne sont pas réalisés dans un cadre stérile. L'argile est préparée la veille et sera appliquée en cataplasme de 2cm d'épaisseur. L'équipe de soins change les cataplasmes de une à trois fois par jour, le nettoyage se fait via l'eau du puit et la détersion des plaies avec de l'eau argileuse (10% du volume d'argile). A un certain stade d'évolution de la détersion les cataplasmes d'illite sont remplacés par des cataplasmes de montmorillonite. La montmorillonite est moins absorbante que l'illite et plus adsorbante et reminéralisante. La montmorillonite régénère

les tissus et stimule leur auto-guérison par des échanges ioniques. Une fois l'ulcère propre il est nettoyé au sérum physiologique.

L'argile respecte le vivant, les tissus ne sont pas altérés par le cataplasme, au contraire, ils sont régénérés. En ce qui concerne l'ulcère, l'argile a plusieurs effets, une résorption des œdèmes en deux à trois jours voire moins, une disparition ou une ouverture des nodules qui ensuite subissent le même processus que l'ulcère. Le traitement va provoquer une détersion des plaques, ceci est mal vécu par les patients qui voient un ulcère apparaître et éjecter les chairs en décomposition libérant également une odeur. L'argile va permettre une détersion dite « vigoureuse mais non agressive » de l'ulcère par élimination des nécroses tout en protégeant les parties saines. L'argile agit comme capteur d'odeur des chairs en décomposition. Les bactéries et toxines sont absorbées par l'argile. Le traitement par cataplasme caractérise une absence d'hémorragie, uniquement la présence de filaments de sang coagulés. Cette méthode est apparentée à la médecine ancestrale, dont l'efficacité est appréciée aux vues des résultats.

En un an, 22 malades ont vu une guérison complète de petites et moyennes plaies ne nécessitant pas de greffe, sans aucune apparition de récurrence. En ce qui concerne les lésions nécessitant une greffe, atteignant de plus grandes surfaces corporelles, l'argile a permis le succès de 19 greffes sur 20, l'échec de l'une d'entre elle étant de cause extérieure. L'ulcère est guéri au bout de 90 jours de traitement, selon l'avancée de la maladie.

L'argile, dans le traitement de l'ulcère de Buruli, présente de nombreux avantages dont : la non nécessité de chirurgie, un traitement non invasif, de faible coût de soins (0,50€/jour et par malade), une résorption rapide des œdèmes, le respect des tissus vivants, le traitement de tous les types d'ulcères même les formes les plus avancées, de faibles douleurs contrairement aux pansements, plus de transfusion sanguine, plus d'hémorragie, plus d'anesthésie, plus d'angoisse de la chirurgie. [ Kingsley et alii, 2002 ] [ L. de Courssou, 1998 ] [ L. de Courssou, 2002 ]

### **1. 1. 2. 6. 2. En agroalimentaire**

L'argile capte et élimine 81% des microcystine-LR hépatotoxines (pouvant provoquer une nécrose hépatique) présentes dans l'eau à l'état naturel. Elle peut donc être utilisée pour filtrer l'eau dans le but d'un approvisionnement en eau potable. L'alimentation des animaux d'élevage est enrichie d'argile pour absorber les aflatoxines (molécules cancérigènes) synthétisées par une mycobactérie retrouvée dans les arachides. [ T.C. Schell et coll., 1993 ] [ T. D. Phillips et coll., 1995 ] Une étude prouve la non toxicité de la consommation d'argile sur le court terme. [ J. S. Wang, 2005 ] [ J.A. Halsted, 1968 ] Des essais cliniques ont été réalisés pour assurer que l'argile offre une réelle protection chez l'homme contre une exposition aux aflatoxines. [ F. Wu et coll., 2010 ] [ T. D. Phillips, 1999 ] [ T. D. Phillips et coll., 2008 ]

### **1. 1. 2. 6. 3. En tant qu'anti-poison**

La smectite, en tant qu'anti-poison, est particulièrement efficace pour adsorber le paraquat, puissant herbicide. [ V. Theodorou et coll., 1994 ] Cette adsorption se réalise dans la lumière intestinale, dans le cas du paraquat qui subit le cycle entéro-hépatique, il peut être adsorbé lors de son retour dans le tube digestif et donc sa réabsorption intestinale sera bloquée. La smectite s'est prouvée efficace pendant dix heures après sa prise sur l'adsorption intestinale du paraquat. L'argile est également efficace contre la strychnine (1g de kaolinite peut adsorber jusqu'à 480mg de ce poison retrouvé dans la "mort aux rats"). [ M.T. Droy-Lefaix, 1985 ]

### **1. 1. 2. 6. 4. En association à certains médicaments**

L'argile, par ses pouvoirs absorbant et adsorbant, interagit avec les minéraux, oligoéléments, des principes actifs médicamenteux dans la lumière intestinale. Une administration concomitante de cimétidine et d'argile entraîne une fixation de la cimétidine sur les feuillets empêchant son absorption. Une étude in vitro démontre que le kaolin altère de 30% la biodisponibilité de la quinine. [ V. Minnich et coll., 1968 ]

### **1. 1. 2. 6. 5. En association à certaines molécules**

L'argile absorbe également les métaux lourds, toxiques pour l'organisme, tels que le plomb ou le chlorure de mercure. La biodisponibilité de certains minéraux comme le fer,

le magnésium ou encore le calcium peut être modifiée par la présence d'argile dans la lumière intestinale. Echangeuse d'ions, l'argile interfère avec le fer qu'elle va fixer dans le tube digestif, sous forme de complexes insolubles et libérer du calcium ou du magnésium. Cela peut entraîner l'apparition d'une carence en fer et une augmentation des taux de magnésium et calcium. Une étude prouve que l'absorption de fer est diminuée par une fixation de la molécule sur l'argile. [ V. Minnich et coll., 1968 ] Une administration d'argile modifie la kaliémie pouvant entraîner l'apparition d'une hypokaliémie par fixation du potassium dans la lumière intestinale, empêchant son absorption. [ J.J. Gonzalez et coll., 1982 ] [ C.E. Mengel et coll., 1964 ] [ H.W.Jr. Severance et coll., 1988 ]

### 1. 1. 2. 6. 6. Pour le traitement de l'eau

L'argile par ses capacités de capteur de minéraux est une ressource pour la dépollution des eaux, un extrait d'une revue retranscrit l'effet de l'argile locale sur l'eau polluée : « Des études sur la qualité des eaux souterraines et de surfaces au Burkina Faso ont révélé un niveau élevé de contamination de ces ressources par les métaux lourds, notamment dans le milieu urbain et aux alentours des mines. La présence de ces métaux est principalement due aux activités anthropiques liées à l'industrie, l'agriculture ou encore aux émissions gazeuses. Cela pose un problème énorme pour la santé de la population et pour l'environnement. Nous avons étudié la capacité d'élimination des cations  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  et  $\text{Cr}^{3+}$  par une argile naturelle du Burkina Faso dénommée KORO. La caractérisation minéralogique de l'argile par diffraction au rayon X montre qu'elle renferme de la montmorillonite, du quartz, de l'albite, de l'illite, de la kaolinite, de la goethite et de l'orthose. Le pH<sub>pzc</sub> (Point of Zero Charge : correspond au point isoélectrique (pH<sub>i</sub>), valeur de pH à laquelle le potentiel électrique de la particule est neutre dans une solution aqueuse) de l'argile est de 7,31 avec une concentration totale des charges de surface  $\{\equiv \text{SOH}\}_{\text{tot}}$  de  $5,11 \cdot 10^{-4}$  mol/L. L'étude de l'élimination des cations par l'argile en fonction du pH montre que dans une solution aqueuse de concentration respective de 0,06 mol/L, 0,048 mol/L et 0,096 mol/L en  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  et  $\text{Cr}^{3+}$ , plus de 96,76, 96,59 et 100 % respectivement de ces cations sont éliminés aux pH suivants: 8,5 pour  $\text{Cu}^{2+}$ ; 8,4 pour  $\text{Pb}^{2+}$  et 5,96 pour  $\text{Cr}^{3+}$ . Plus de 52,7, 96 et 86 % de l'élimination des cations  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  et  $\text{Cr}^{3+}$  respectivement sont attribuables aux phénomènes d'adsorption par la formation de complexes internes de surface sur l'argile. En plus de l'adsorption, le reste est éliminé soit

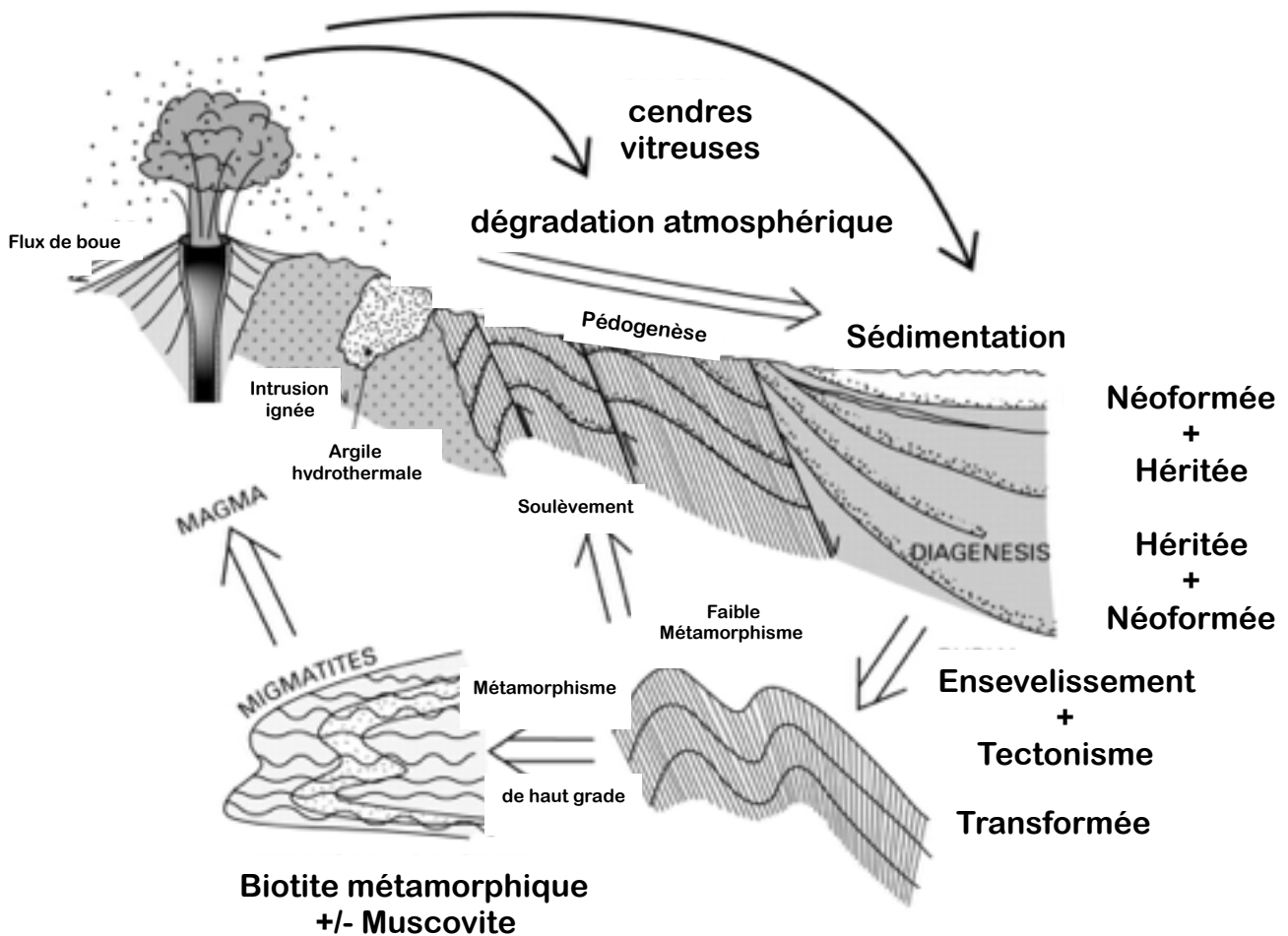
par précipitation des hydroxydes de ces métaux, soit par d'autres mécanismes de complexation. » [ B. Sorgho et coll., 2011 ]

## **1. 2. Obtention de l'argile**

### **1. 2. 1. Formation**

Les argiles naissent du sol en constant mouvement. Elles apparaissent selon trois grands processus de formation, juxtaposables. Le premier est relatif à la simple décomposition des roches par érosion. Les phénomènes caractérisant une érosion des sols sont nombreux. La pluie, le vent, le gel, le dégel, les vagues et bien d'autres sont autant de phénomènes naturels à l'origine de la formation des argiles. Le deuxième processus est appelé néoformation. Ceci correspond à la formation du minéral. Par combinaison, des substances transportées par l'eau du sol vont, par combinaison, s'arranger pour former une structure minérale. Le troisième mécanisme correspond au processus de transformation des minéraux évoluant par dégradation (perte d'équilibre du sol) ou aggradation (accumulation de sédiments dans un cours d'eau par excès de transport par l'eau) d'ions minéraux argileux. [ F. Villieras, 2008, page 16 ]

Schéma 1. Processus de formation de l'argile.



Les roches argileuses sont présentes presque partout à la surface de la planète, mais leurs propriétés et leur composition diffèrent selon les conditions dans lesquelles elles se sont formées. L'altération de diverses roches, de part les temps géologiques, sont à l'origine des différentes argiles. C'est un ensemble qui caractérise l'argile, le type de roche dont elle est issue, le climat, la topographie du sol,... Un climat froid provoquera une altération faible de la roche. Les minéraux argileux auront donc une composition similaire à celle des minéraux provenant de la roche d'origine. C'est le cas des illites et des chlorites. Un climat à la fois chaud et humide va entraîner une forte hydrolyse voyant l'obtention des kaolinites et des smectites. Un climat tempéré verra un processus d'altération dit modéré s'opérer sur la roche. Il en résultera la création d'argiles de types illites, chlorites ou encore vermiculites. La topographie des sols peut également jouer un rôle dans la composition de l'argile. Une zone pentue prévoit un fort drainage de l'eau, entraînant la formation de kaolinite. Inversement, un milieu confiné, comme retrouvé dans

les cuvettes, produira des smectites par phénomène de concentration. Ces différents processus de formation des argiles sont dits d'altération. Les argiles provenant de la dégradation des roches sont des argiles résiduelles. Les roches vont s'accumuler par érosion éolienne ou hydrique entraînant la formation des argiles. [ P. Andrianne, 2003, page 46-48 ]

Les argiles fibreuses quand à elles proviennent de croutes de calcaires. Ces zones présentant un climat sec, sont riches en sels. Elles peuvent se former en solution, par une richesse ionique. [ P. Andrianne, 2003, page 46-48 ]

Une argile néoformée peut évoluer avec son milieu. La transformation va se réaliser par soustraction ou fixation d'ions. Une kaolinite peut donc devenir une chlorite et des smectites, des illites. [ P. Andrianne, 2003, page 46-48 ]

## **1. 2. 2. Structure**

Les argiles se distinguent les unes des autres de par leur composition ainsi que leur structure. D'un point de vue géologique, une argile est un minéral dont la granulométrie est inférieure à 4 micromètres. Les argiles utilisées en thérapeutique sont de nature phyllosilicate, en feuillets hydratés d'alumine finement cristallisés. Les roches argileuses sont caractérisées par leur maille élémentaire. Quatre niveaux d'organisation de l'argile peuvent être distingués (image 2). La maille se répète de façon périodique pour former un réseau ou couche tétraédrique d'atomes, une combinaison de couches est appelée feuillet, un empilement de feuillets forme un cristal. Ce réseau cristallin est identifié par diffractométrie aux RX (rayons X).

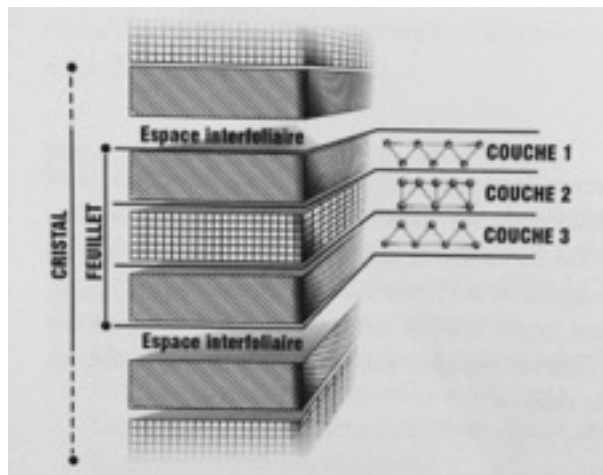


Image 2. Structure d'une argile. [ P. Andrianne, 2003, page 50 ]

La méthode d'étude des argiles, non spécifique à ceux-ci, est la diffraction aux rayons X. Son principe est l'envoi d'un rayon X sur le minéral qui sera réfléchi sous une incidence donnée, dans une direction donnée par la composition des feuillets silicatés superposés. Pour un faisceau monochromatique de longueur d'onde donnée,  $\lambda$ , abordant, sous un angle  $\Theta$  une famille de plans atomiques, séparés les uns des autres d'une distance  $d$  (distance réticulaire), les atomes diffusent cette onde dans toutes les directions et, dans le cas où les rayonnements renvoyés par les plans successifs sont en phase, l'intensité correspondante est suffisante pour être mesurée. La différence de marche, notée  $\delta$ , entre 2 rayons réfléchis par 2 plans consécutifs est :

$$\delta = OH + OH' = 2.d.\sin \Theta$$

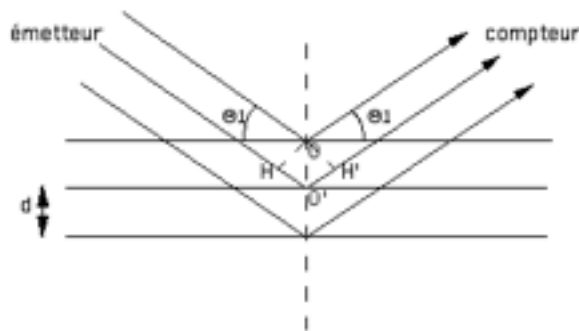
Ces deux rayons sont en phase si  $\delta = n.\lambda$ .

D'où la relation dite *Loi de Bragg* :  **$\delta = 2.d.\sin \Theta = n.\lambda$**

Pour mesurer les distances réticulaires d'un réseau cristallin, caractéristique d'une argile, il suffit, connaissant  $\lambda$ , de mesurer les angles de réflexion  $\Theta$  du rayonnement incident.  
[ C.Langlois, 2005 ]



Schéma 2. Schéma d'un faisceau de rayons X sur un réseau cristallin. [ [http://www.normalesup.org/~clanglois/Sciences\\_Terre/Argiles/Argiles0.html](http://www.normalesup.org/~clanglois/Sciences_Terre/Argiles/Argiles0.html) ]



La maille élémentaire peut être composée de différents types d'atomes, du silicium ( $\text{SiO}_4$ ) formant un tétraèdre (image 3) ou une structure octaédrique centrée sur un atome d'aluminium ( $\text{Al}(\text{OH})_6$ ) (image 4) ou un atome de magnésium ( $\text{Mg}(\text{OH})_6$ ),... Ce dernier représentant deux tétraèdres accolés.

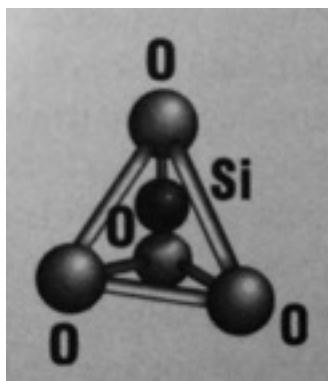


Image 3. Structure tétraédrique du Silicium. [ P. Andrianne, 2003, page 50 ]

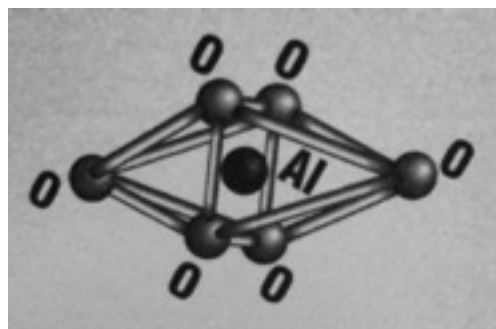
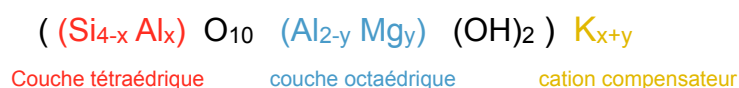


Image 4. Structure octaédrique de  $\text{Al}(\text{OH})_6$ . [ P. Andrianne, 2003, page 50 ]

Ayant une composition riche en minéraux et oligo-éléments, les argiles sont constituées de silicium, d'aluminium, d'oxygène et d'ions hydroxyles OH. Une formule générale des différentes argiles ressort malgré des compositions différentes : [ C. Langlois, 2005 ]



Les argiles sont classées selon différents paramètres. La combinaison des feuillets assemble une couche octaédrique à une couche tétraédrique T/O ou 1/1 (exemple du Kaolin) (image 5). Les feuillets peuvent également s'assembler selon une couche octaédrique prise entre deux couches tétraédriques T/O/T ou 2/1 (cas de l'Illite) (image 6). En fonction du lieu et du type de formation, le nombre de feuillets formant le cristal d'argile est variable, pouvant aller de un à plusieurs dizaines (image 7). Le cation présent au centre de l'octaèdre peut varier. Les feuillets sont unis entre eux par des ions. La charge de ces ions plus ou moins forte modifie les propriétés des argiles. L'espace interfoliaire peut renfermer différentes matières (eau, ions, impuretés,...), caractérisant les argiles.

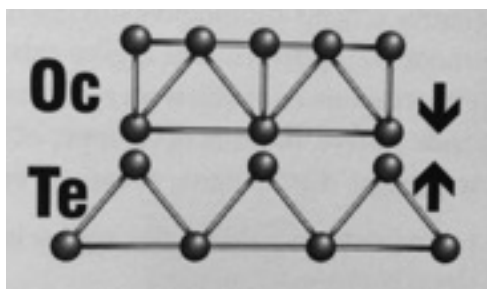


Image 5. Feuillet T/O. [ P. Andrianne, 2003, page 51 ]

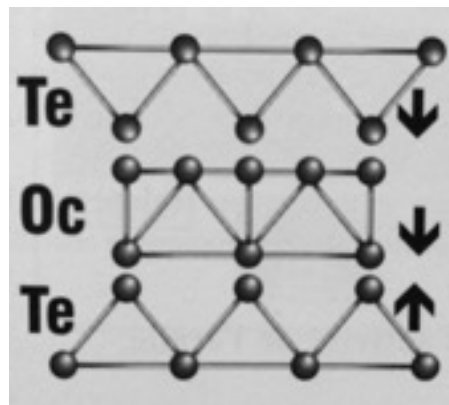


Image 6. Feuillet T/O/T. [ P. Andrianne, 2003, page 51 ]

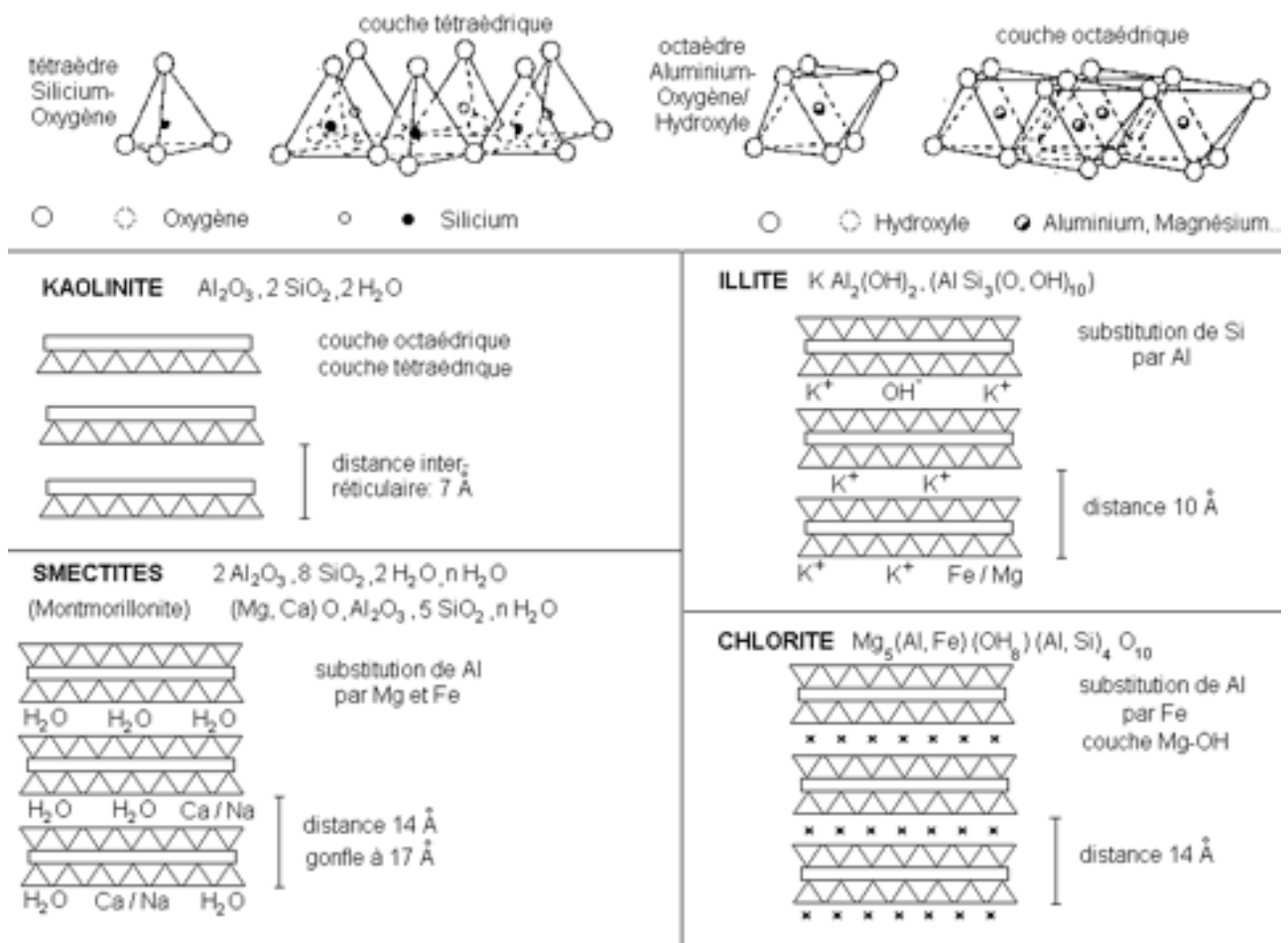


Image 7. Structure de différentes argiles. [ <https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/argiles.htm> ]

Le silicium, minéral à la base de la structure de l'argile, est également un oligo-élément à la base de la structure du corps humain. Indispensable à notre organisme, cet élément, qui est le deuxième élément de la croûte terrestre (28%), est présent dans la composition

de nombreux tissus. Avec l'âge la concentration en silicium diminue, il faut donc, pour prévenir certaines pathologies, consommer par voie orale du silicium. La composition riche de l'argile en fait un formidable réservoir. L'ensemble des roches contenant du silicium, associé à des molécules d'oxygène sous forme de silice puisque jamais pur, sont appelés silicates. Le silicium est le 14<sup>e</sup> élément du tableau périodique des éléments de Mendeleev. Il est placé dans la 4<sup>e</sup> colonne, sous le carbone et au dessus du germanium et à la 3<sup>e</sup> ligne avec le sodium, le magnésium, l'aluminium à sa gauche et le phosphore, le soufre, le chlore et l'argon de l'autre côté. Les constituants de l'argile sont donc voisins dans le tableau de Mendeleev (image 8), tous les éléments de la 4<sup>e</sup> colonne possèdent la même réactivité chimique de part la présence de 4 électrons sur la couche électronique périphérique, la seule couche à intervenir dans les réactions chimiques. Ils vont donc capter ou rejeter des électrons pour arriver au nombre de 8 afin de trouver une stabilité. Les éléments de la 4<sup>e</sup> colonne sont particuliers dans le sens où ils ont le choix entre perdre ou capter 4 électrons pour arriver à une couche périphérique de 8 électrons. Ces éléments vont donc former quatre liaisons pour être stables. [ P. Andrianne, 2003, page 53 ]

# Tableau périodique des éléments

Numéro atomique: 6  
Principaux nombres d'oxydation: +4, -4  
Symbole de l'élément: C  
Masse atomique: 12,011  
Nom: Carbone

\*(1) deux électrons célibataires  
(2) trois paires d'électrons

1 2 13 14 15 16 17 18  
IA IIA IIIA IVA VA VIA VIIA VIIIA  
H He  
Li Be B C N O F Ne  
Na Mg Al Si P S Cl Ar  
K Ca Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Ga Ge As Se Br Kr  
Rb Sr Y Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd Ag Cd In Sn Sb Te I Xe  
Cs Ba La Hf Ta W Re Os Ir Pt Au Hg Tl Pb Bi Po At Rn  
Fr Ra Ac Rf Db Sg Bh Hs Mt Nt Os Rg  
Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu  
Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr

Métaux alcalins Métaux de transition Non-métaux Gaz rares

\* Signifie élément radioactif (probable)

Image 8. Tableau périodique des éléments. [ [http://casteldeuches.fr/tag-tableau-periodique-des-elements\\_\\_\\_\\_.html](http://casteldeuches.fr/tag-tableau-periodique-des-elements____.html) ]

## 1. 2. 3. Les différents types d'argiles

### 1. 2. 3. 1. Classification selon la structure chimique

La classification des argiles fut réalisée par Millot (schémas 3 et 4). Les argiles font parties des silicates hydratés. Ceux-ci sont soit amorphes, soit cristallisés (cas des argiles). Les cristaux sont regroupés en deux classes : phylliteux (roche métamorphique foliée) et semi-phylliteux. Les chlorites sont les seules représentantes des semi-phylliteux. Les phylliteux, quant à eux, sont séparés selon que leurs feuillets soient continus ou discontinus. L'attapulgite ainsi que la sépiolite présentent des feuillets discontinus. Les feuillets continus ont une structure simple ou complexe. La structure dite complexe voit ses feuillets se superposer selon 2 ou plusieurs équidistances apparentes ou réelles. Aucune argile n'est recensée dans cette classe. Les feuillets ayant un seul type d'équidistance apparente sont séparés en fonction de la constitution des feuillets. Trois

types de constitutions sont évoquées : T/O (ou 1/1) c'est-à-dire tétraédrique et octaédrique en référence à la maille élémentaire ; T/O/T (ou 2/1) ; T/O/T/O (ou 2/1/1) dont le talc.

La kaolinite fait partie des T/O, ses feuillets sont d'équidistance apparente stable de 7 angström. Les argiles de type T/O/T ont une équidistance de 10 angström, elles sont classées selon le nombre d'atomes de silicium par feuillet tétraédrique. La montmorillonite possède huit atomes de silicium par feuillet et une équidistance apparente variable. La beidelite et la vermiculite ont également une équidistance apparente variable mais le nombre d'atomes de silicium est inférieur à huit. Tout comme ces deux dernières, l'illite contient par feuillet un nombre d'atomes de silicium inférieur à 8 mais une équidistance apparente stable. [G. Millot, 1964 ]

### Schéma 3. Classification générale des argiles selon Millot (1/2).

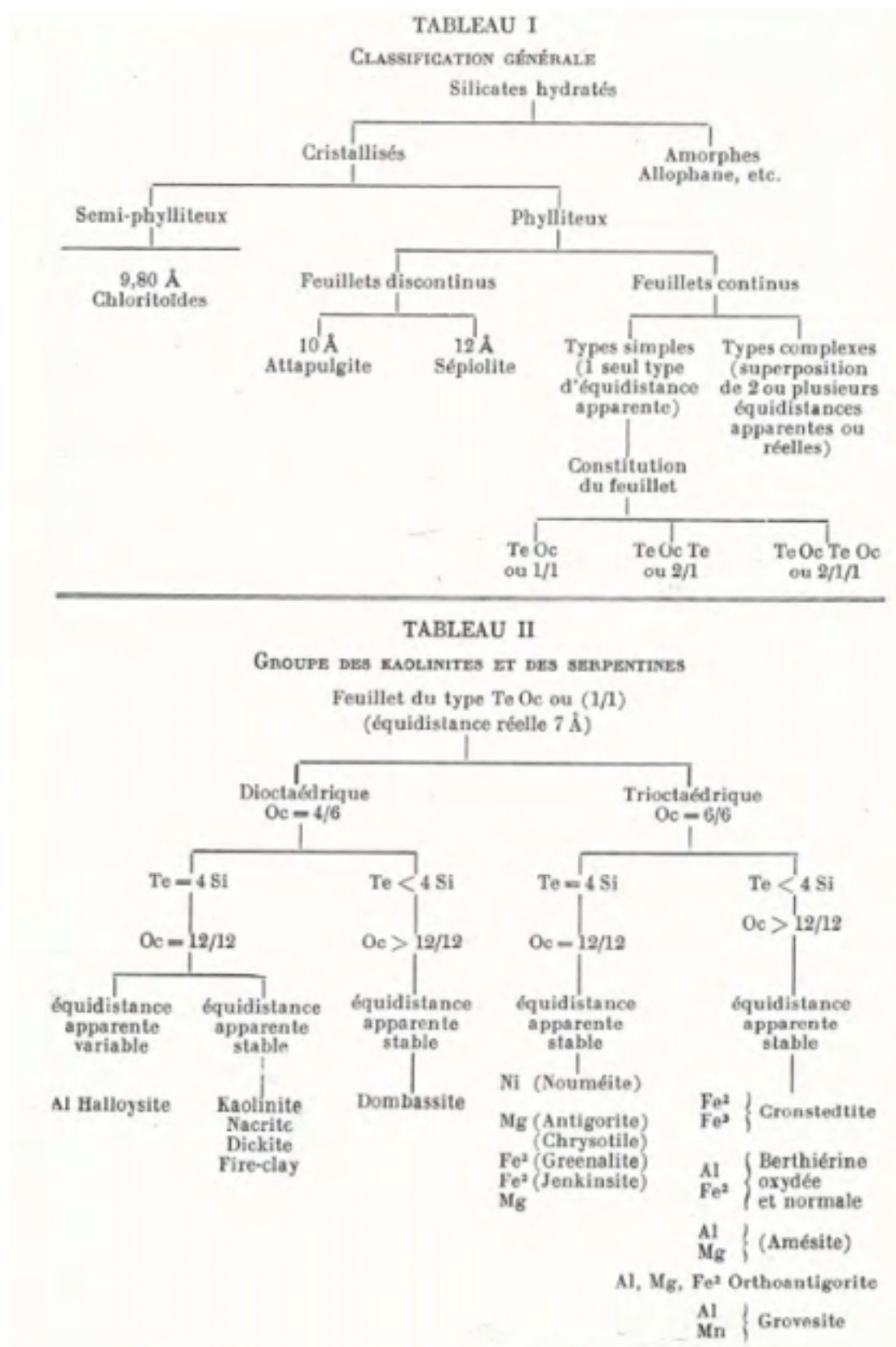
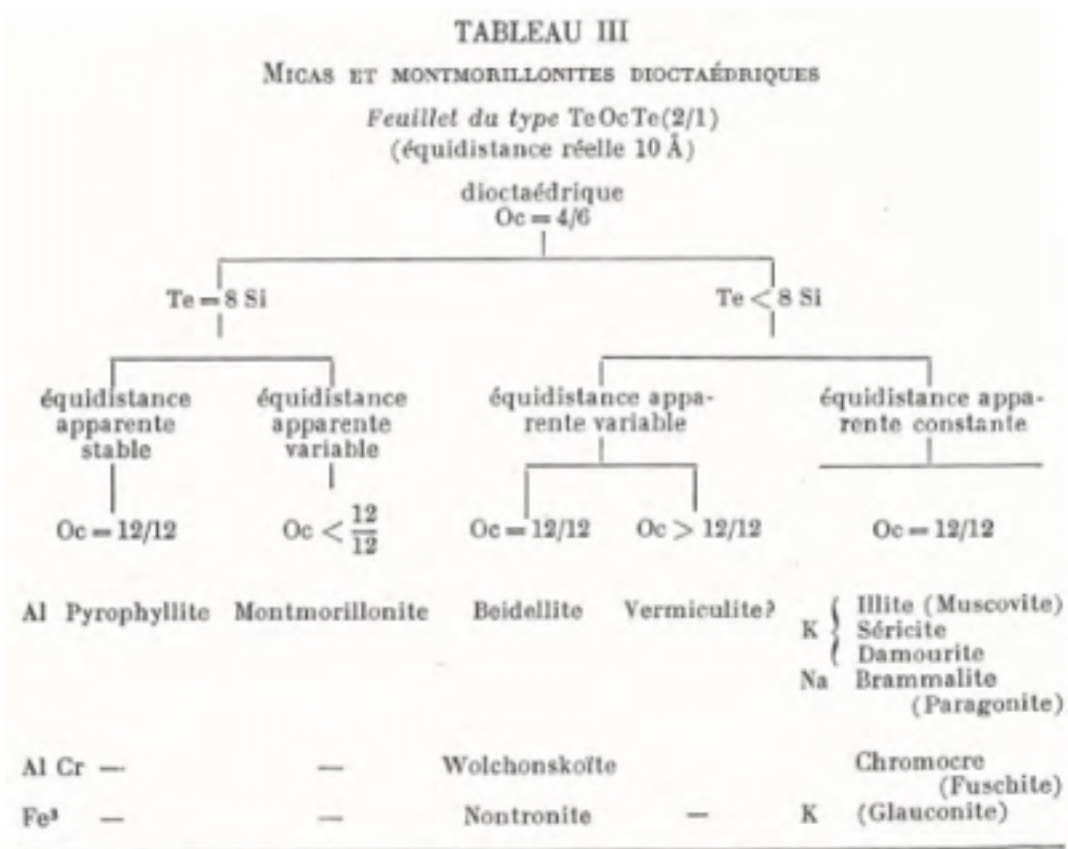




Schéma 4. Classification générale des argiles selon Millot (2/2).





### **1. 2. 3. 1. 1. Kaolin**

Cette roche argileuse tire son nom du site chinois kao-Ling, où elle fut découverte. Son nom est dérivé du terme chinois "gao ling" traduit par "hautes collines". On appelle la roche kaolin et le minéral argileux kaolinite. Cette argile blanche, douce, friable, réfractaire, contient autant d'aluminium que de silice. [ D. Merabet, H. Belkacemi, 2003 ] Riche en silice et peu concentrée en sels minéraux, elle est utilisée pour la fabrication de porcelaine et de céramique. C'est une des rares argiles inerte chimiquement. [ O. Liétard ] Cette caractéristique en fait un composant idéal pour le papier, en tant que liant dans les peintures, dans les plastiques, ainsi que dans les médicaments.

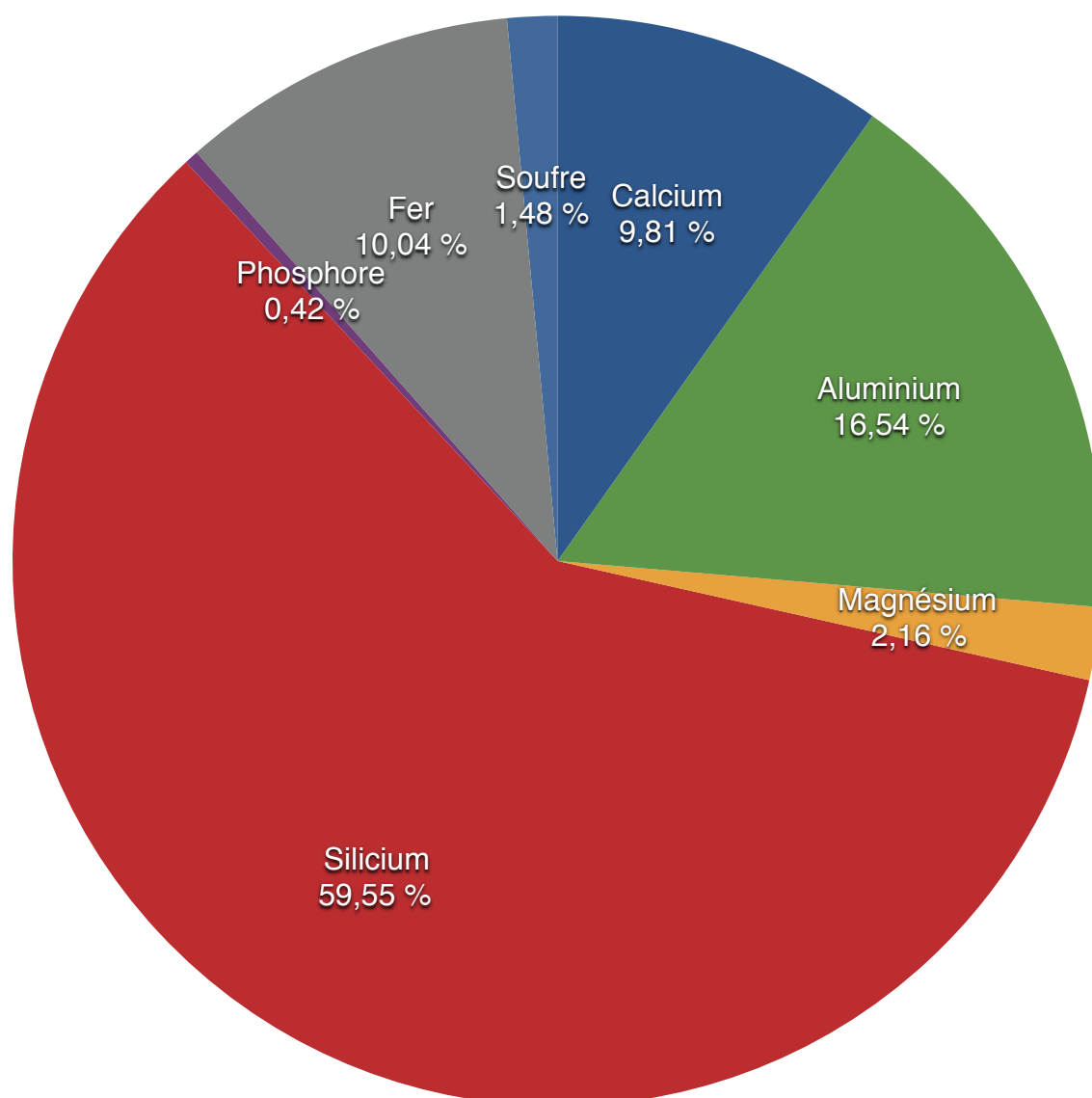
### **1. 2. 3. 1. 2. Smectites**

Cette famille d'argile regroupe les montmorillonites, les bentonites, les saponites, les nontronites, les beidelites,... [ D. M. Moore, R. C. Reynolds, 1989 ] Ces différentes argiles sont connues pour leur capacité à piéger les molécules d'eau. Elles sont appelées argiles gonflantes. Sous l'action de l'eau, elles peuvent augmenter leur volume jusqu'à 30%. En piégeant l'eau elles fixent aussi des cations permettant les échanges par adsorption. Elles prennent une texture de type gel, pouvant transporter des ions ou des molécules actives, cette propriété est à la base des technologies de pansements pour le tube digestif. [ R. Prost, 1975 ]

### **1. 2. 3. 1. 2. 1. Montmorillonite**

Argile la plus communément récoltée, elle est généralement vendue verte mais peut-être trouvée sous d'autres coloris : gris, blanc, bleuté. Son nom provient de sa ville d'origine, Montmorillon située dans la Vienne. Elle détient une forte concentration en silice, en minéraux, dont de la potasse, des oxydes de magnésium, de fer, de manganèse, d'aluminium, de la soude,... [ M. Segad et coll., 2010 ] D'une rare pureté, l'argile Montmorillonite présente des qualités et des attraits supérieurs à n'importe quelle autre argile verte. Ceci explique que c'est l'argile la plus commune à la vente.

Figure 1. Analyse chimique d'argile verte type Montmorillonite. [ P. Adrienne, 2003, page 48 ]



### 1. 2. 3. 1. 2. 2. Attapulgite ou Bentonite

L'origine du nom attapulgite provient du site d'Attapulgis, en Géorgie aux États-Unis, bien qu'également découverte à Mormoiron dans le Vaucluse en France et en Floride. Sa forme commerciale est appelée palygorskite. Argiles attapulgite ou bentonite, dont le nom vient de Fort Benton, aux États-Unis, ont un fort pouvoir absorbant. Retrouvées dans la composition de pansements gastriques, dans le traitement d'ulcère de l'estomac, constipation, diarrhée, reflux gastrique... Elles sont aussi utilisées dans les litières pour chat.

La terre de Sommières et la terre de Carpentras, qui sont des bentonites, se voient dotées d'un fort pouvoir absorbant, jusqu'à 80 fois leur poids en eau, leur permettant de détacher à sec et sans laisser d'auréoles, des taches grasses, sur les surfaces fragiles telles que textiles, ameublements, tapis, cuirs, marbres,... Elles peuvent aussi être utilisées pour absorber, neutraliser les taches d'urine.

La bentonite a une origine volcanique et hydrothermale. Certaines bentonites sont riches en sodium, d'autres en calcium, potassium ou magnésium. Les bentonites à base de sodium sont dotées de très grandes capacités d'absorption des liquides et susceptibles de se transformer en gel à partir d'une certaine concentration. En présence d'eau la bentonite gonfle de 10 à 15 fois son volume initial et absorbe 6,5 fois son poids en eau. Ayant la faculté de favoriser la pénétration des principes actifs à travers la peau, elle est incorporée aux cosmétiques naturels. Appelée également terre à Foulon, la bentonite est aussi capable d'absorber les protéines et de réduire l'activité des enzymes. [ C. L. Darcel, 1982, page 97 ] Ce sont les bentonites riches en calcium qui sont utilisées au niveau de la sphère digestive.

### **1. 2. 3. 1. 3. Illites**

Son nom fait référence à l'Illinois, aux États-Unis où elle a été étudiée. Sa composition est riche en calcium (14%), en fer (9%) et pauvre en magnésium. Elle présente un bon pouvoir d'absorption (défini dans le chapitre 1.3.1) environ 25 % de son poids et un faible pouvoir d'adsorption (défini dans le chapitre 1.3.1). [ J. Hower, T.C. Mowatt, 1900 ] Cette argile est retrouvée dans le nord de la France où elle est connue pour ces propriétés. Malgré sa composition, elle est tout de même de qualité inférieure à la Montmorillonite. Elle se révèle néanmoins avoir un pouvoir d'absorption important. On l'utilise en tant que cataplasme épais à appliquer sur les contusions diverses (entorse...), ou encore pour absorber des impuretés (déchets organiques, micro-organismes,...).

### **1. 2. 3. 1. 4. Vermiculites**

Les vermiculites sont des argiles ayant une origine volcanique, riches en magnésium. [ M. Valášková, G. S. Martynkova, 2012 ] Elles sont formées par hydratation de minéraux basaltiques. Lorsqu'elle est chauffée, elle éprouve un phénomène de dilatation, la rendant particulièrement utile comme isolant thermique pour les

constructions, ce matériau ayant une faible masse, une incapacité à brûler et étant imputrescible et inaltérable. [ J.P. Oliva, S. Courgey, 2010 ]

### **1. 2. 3. 1. 5. Chlorites**

Ce nom leur a été attribué pour leur couleur verdâtre, du grec « chloros » signifiant vert. Des chlorites de couleur jaune, rouge ou blanche sont également retrouvées. De structure similaire aux illites et smectites, l'espace entre leur feuillets abrite une couche supplémentaire d'hydroxyde de magnésium, de fer ou d'aluminium,... [ J. Orcel, S. Caillère, S. Hénin, 1950, page 329-330 ]

### **1. 2. 3. 1. 6. Minéraux argileux inter-stratifiés**

C'est le nom donné aux argiles dont la structure par alternance de feuillets de natures différentes correspond à une étape de transformation d'un minéral argileux à un autre. C'est le cas des illite-smectite, glauconite-smectite, chlorite-vermiculite,...

La ghassoulite, minéral interstratifié est appelée également ghassoul, rhassoul ou rassoul, ces termes sont dérivés du verbe « rassala », laver en arabe. Cette argile est considérée comme cousine de la Montmorillonite. Sa richesse en minéraux dont du silicium, calcium, potassium, fer, sodium, magnésium,... en font un produit de qualité. Extraite au Maroc, elle est retrouvée dans les hammams pour ses nombreuses qualités. Elle est proposée en morceaux, pâte ou en fine poudre. [ O. Qabaqous et coll., 2014. ]

Le tableau 1 ci-dessous répertorie la composition des différentes argiles citées précédemment.

Tableau 1. Tableau récapitulatif des différentes argiles selon leur composition chimique (en pourcentage). [ R. Bouabid, M. Badraouf ]

		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O
<b>Kaolin</b>	max	53,72	46,28	0,00	0,00	0,00
	min	53,72	46,28	0,00	0,00	0,00
<b>Montmorillonite</b>	max	61,47	23,00	4,32	4,65	0,84
	min	48,24	16,54	0,30	0,03	0,12
<b>Attapulgite</b>	max	58,10	17,52	4,12	10,35	0,39
	min	54,64	10,33	3,01	7,28	0,00
<b>Illites</b>	max	54,09	38,84	8,16	5,90	7,98
	min	43,95	21,12	0,72	3,60	5,48
<b>Vermiculites</b>	max	54,09	38,84	8,16	5,90	4,97
	min	43,95	21,12	0,72	1,84	0,00
<b>Chlorites</b>	max	39,01	52,00	5,01	10,14	1,52
	min	29,50	32,15	0,00	0,00	0,00

## 1. 2. 3. 2. Classification selon la couleur

Les argiles ne sont pas identifiées par leur couleur. Une couleur peut être attribuée à plusieurs types d'argiles, la couleur verte par exemple est retrouvée chez la montmorillonite, l'illite ou encore la chlorite,... La variation de couleur constatée est fonction de la concentration en oxyde de fer. [ P. Villieras, 2008, page 16 ]

### 1. 2. 3. 2. 1. Verte

Les argiles vertes présentent une faible teneur en fer, ce sont généralement les montmorillonites, les illites et les smectites.

### 1. 2. 3. 2. 2. Blanche

Ces argiles ne contiennent aucune substance colorée. Leur formation n'a donc pas été perturbée, elle a été uniforme. On retrouve le plus souvent des kaolinites mais également des smectites. [ D. Merabet., H. Belkacemi, octobre 2003 ]

### **1. 2. 3. 2. 3. Rose**

Ces roches argileuses ne sont pas retrouvées au naturel, telles quelles. Il s'agit d'un mélange d'argile rouge et d'argile blanche. Ce mélange a pour but d'augmenter la concentration en oligo-éléments de l'argile blanche tout en diminuant la concentration en fer de l'argile rouge. [ N. Cousin, 2013, page 31 ]

### **1. 2. 3. 2. 4. Rouge**

Généralement des illites, ces argiles sont riches en oxyde de fer. [ P. Ségalen, 1969, pages 225-236 ] Très reminéralisantes, elles sont idéales en usage externe pour les peaux irritées, fatiguées ou ternes qu'elles adoucissent et purifient.

### **1. 2. 3. 2. 5. Jaune**

Ces illites riches en oxyde de fer et magnésie [ P. Ségalen, 1969, pages 225-236 ] vont apaiser de nombreuses douleurs (articulaires, musculaires) et tonifier la peau. Appliquées en masques, la peau et les cheveux normaux l'apprécient tout particulièrement.

## **1. 2. 4. Récolte**

Les minerais d'argiles, exploités la plupart du temps à ciel ouvert, sous forme de gisements plus ou moins importants, peuvent être de couleur uniforme ou différente. Une couche rouge peut facilement se retrouver sous une couche verte, blanche ou encore jaune. Après avoir déblayé la récolte, on met à nu l'argile des éléments indésirables, étape de tri des roches diverses. Elle est ensuite sélectionnée, analysée, puis transportée sur une aire de séchage en béton où on va l'étaler au soleil. Ce mode de séchage dit « naturel » va lui permettre d'emmagasinier l'énergie des rayons solaires. Elle est triée une seconde fois manuellement pour éliminer les différentes impuretés résiduelles. L'étape suivante de la récolte est le broyage afin d'obtenir une granulation homogène. Ce broyat est mouillé d'eau de source, il en ressort une pâte. Cette pâte est alors pressée entre des toiles pour en faire des "pâtons" de 10 kg. Ces derniers sont mis à sécher au soleil, puis concassés. L'argile apparaît sous forme de granulés, qui se dispersent rapidement, utilisés en usage externe. L'argile surfine est traitée de façon à être totalement exempte de sable.

Ce traitement rend sa texture plus délicate et agréable à utiliser que la précédente. Elle est obtenue par concassage dans un microniseur en fine poussière. Ce processus permet d'éliminer les impuretés ayant échappé aux deux premiers triages. [ M.-F. Muller, 1998, page 16 ]

La Montmorillonite, la plus communément retrouvée des argiles, est récoltée au village de Montmorillon. Ce village se situe dans la Vienne. Le gisement a été découvert en 1847.

Le kaolin présente des gisements en Chine, où il a été découvert pour en faire de la porcelaine, en Angleterre mais également en France, situés en Bretagne et à Limoges. Le premier gisement français de kaolin a été puisé au XVIIIe siècle, en Haute Vienne. Cette argile, blanche, est extraite des carrières de Saint Irieix la Perche. La France présente cinq centres d'extraction du kaolin, il s'y produit 250 000 tonnes d'argile chaque année avec une consommation nationale de 1 million de tonnes.

L'argile du nord de la France, récoltée en Normandie, présente un plus grand pouvoir d'absorption. Celle du Sud de la France, en particulier celle récoltée au bassin sédimentaire du mont Ventoux, est riche en minéraux et possède un grand pouvoir d'adsorption.

## 1. 3. Propriétés

Les propriétés sont définies par la constitution chimique, l'épaisseur et l'écartement des feuillets de l'argile.

### 1. 3. 1. Absorbante et Adsorbante

L'absorption correspond à l'internalisation d'un liquide ou d'un gaz. L'exemple typique est celui de l'éponge s'imbibant de liquide. Au niveau de l'argile ce phénomène est passif, il se produit par capillarité, contrairement à l'absorption au niveau du tube digestif.

Tableau 2. Pourcentage d'absorption d'argiles en fonction de leur poids. [ P. Andrianne, 2003 page 66 ]

Type d'argile	pourcentage d'absorption de son poids
Attapulgite	40 %
Illite	25 %
Montmorillonite	20 %

Les argiles les plus absorbantes ne sont pas conseillées en usage interne. Le risque de constipation est trop important. Elles sont généralement utilisées comme capteur de liquides et d'odeur (entrent dans la composition des litières) ou comme détachant,...

L'adsorption est une autre qualité des argiles. Contrairement au phénomène d'absorption qui internalise les molécules (à l'état liquide ou gazeux), l'adsorption correspond à la fixation de molécules en surface. Elle s'applique également aux liquides et aux gaz. Cette fixation peut être ionique, électrostatique ou encore relative aux tensions superficielles. Deux types d'adsorptions sont identifiés. Le premier est physique, par la formation de complexes avec des molécules organiques, les liens électrostatiques entre les feuillets et les cations interfoliaires étant très faibles (liaisons de Van der Waals), ils permettent la fixation de molécules organiques externes. Le second l'adsorption chimique, qui relève des liaisons ioniques, est la majeure partie du pouvoir adsorbant. Les argiles étant chargées négativement à l'intérieur et positivement en surface (image 9). Les atomes de silicium (Si) et aluminium (Al), à l'intérieur de la structure, sont positifs. Les ions oxygène (O) et hydroxyles (OH) au sommets de la structure sont négatifs. Ces ions négatifs à la surface du feuillet sont fixés à des atomes de sodium (Na), chargés positivement.

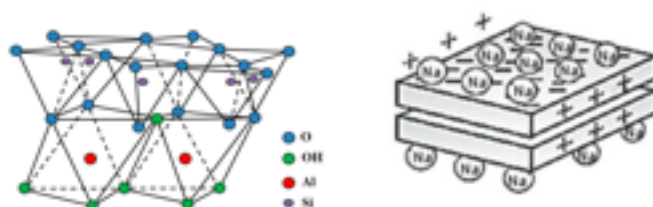


Image 9. Structure ionique d'un feuillet d'argile. [ T. S. Gaaz et coll., 2015 ]



L'adsorption est mesurable par les échanges ioniques, par la méthode CEC (capacité d'échange de cations). C'est une méthode colorimétrique à l'aide de bleu de méthylène exprimée en milliéquivalents de colorant adsorbé pour 100g d'argile. [ P. Andrianne, 2003 page 66-67 ]

Tableau 3. Surface spécifique et capacité d'échange de cations de différentes argiles. [ P. Andrianne, 2003 page 67 ]

Minéral	Surface interne (m <sup>2</sup> /g)	Surface externe (m <sup>2</sup> /g)	Surface totale (m <sup>2</sup> /g)	CEC (milliéquivalent/100g)
<b>Kaolinite</b>	0	10-30	10-30	5-15
<b>Illite</b>	20-55	80-120	100-175	10-40
<b>Smectites</b>	600-700	80	700-800	80-150
<b>Vermiculite</b>	700	40-70	760	100-150
<b>Chlorite</b>	-	100-175	100-175	10-40

C'est de la charge positive de surface que découle une grande partie des propriétés des argiles. Cette propriété est utilisée dans le raffinage du pétrole, celui du sucre ou encore des huiles, ainsi que dans certaines méthodes analytiques telles que l'HPLC (High Performance Liquide Chromatography). L'argile, dont le pouvoir d'adsorption est optimal, est la smectite, argile utilisée en thérapeutique (exemple : Smecta®). Les argiles peuvent donc adsorber des toxines, virus, bactéries, antibiotiques, acides organiques, gaz intestinaux, alcaloïdes,... Elles ont un rôle anti-infectieux par fixation des micro-organismes qui seront ensuite éliminés dans les selles. Leur efficacité est démontrée pour certaines espèces bactériennes (se reporter au chapitre 3), également comme détoxiquant par élimination de toxines. Pour exemple, la strychnine (Alcaloïde indolique extrêmement toxique) est neutralisée jusqu'à 250mg/g d'argile.

Tableau 4. Comparatif des pouvoirs d'absorption et d'adsorption de différentes argiles. [ A. Lelief-Delcourt, 2011, page 24 ]

	Pouvoir d'absorption	pouvoir d'adsorption
Montmorillonite	+	+++
Illite	+++	+
Kaolinite	+	+++
Attapulgite	+++	+
Ghassoul	+++	+++

Ces propriétés font des argiles des épurateurs d'eau naturels. [ O. Qabaqous et coll., 2014. ]

## 1. 3. 2. Thixotrope, couvrance

L'effet thixotrope fait passer l'argile de l'état solide à celui d'un gel en fonction de son hydratation. Par adsorption, l'argile va gonfler par écartement de ses feuillets jusqu'à disparition des espaces libres entre les cristaux. L'eau ne peut alors plus circuler, rendant la roche imperméable. Se gorgeant d'eau, elle devient une réserve disponible pour les plantes alentours. [ P. Andrianne, 2003, page 68 ] En cas de charge forte unissant les feuillets, ceux-ci ne se sépareront pas, empêchant l'eau de s'infiltrer. Ces argiles ne gonfleront pas en présence d'eau. Le gonflement d'une argile dépend donc de la charge des ions unissant les feuillets. Seuls les ions de charge faible laisseront l'eau s'adsorber. [ P. Andrianne, 2003, page 55] La chlorite, quand à elle, ne possède pas de pouvoir de gonflement. [ J. Orcel, S. Caillère, S. Hénin, 1950, page 332 ] Cette propriété visant à écarter les feuillets les uns des autres empêche également tout passage d'oxygène. Cela en fait un antibactérien par blocage d'apport en dioxygène aux micro-organismes aérobies.

Le pouvoir couvrant résulte de l'effet thixotrope. Le gel formé se fixe à la muqueuse digestive. Les feuillets, de part la disparition des espaces libres, empêchent l'accès à la

muqueuse des acides. Ce processus permet de soulager les douleurs de la sphère digestive, avec un effet protecteur des muqueuses digestives.

### **1. 3. 3. Autres propriétés : Acide, oxydo-réductrice, photovoltaïque, radioactive**

Le pH de l'argile varie de 4,6 à 10,2. Les argiles présentent des atomes de surface à caractère accepteur ou donneur d'électrons. Les sites donneurs vont piéger les accepteurs d'électrons et inversement. Ceci est lié à un caractère acide des argiles. Les minéraux argileux vont réagir comme des catalyseurs acides. Une charge sera transférée entre les formes adsorbées ou entre cations échangeables ou bien l'oxydation ou la réduction du cation à la surface de l'argile par le champs électrique fort du cation. Cette propriété varie selon les argiles ainsi que les substances en contact avec celles-ci. La nature du cation échangeable de l'argile, sa teneur en eau ou encore sa charge électrique négative feront varier l'acidité.

L'argile peut capter, transférer et cumuler l'énergie solaire (et également radioactive). Une expérience de la NASA recense qu'un bombardement d'argile par des charges énergétiques électrique et photonique modifie sa structure par acceptation d'électrons libres. [ L. Coyne, 1984 ] Cette propriété est relative à la présence de silice dans la structure de l'argile. Cet oligoélément est capable de retenir les photons et de les stocker sous forme d'énergie électrique, principe du photovoltaïque. L'énergie électromagnétique engendrée par l'argile au contact du soleil est transmise au corps en contact avec celle-ci. Si l'argile est mise en suspension dans un verre d'eau en verre fin, celui-ci se casse malgré l'absence de choc. Dans le même ordre d'idée, l'argile ne doit pas être touchée avec du métal afin de ne pas recevoir de décharge.

On appelle propriété « radioactive » de l'argile la présence de roches dégradées présentant une faible radioactivité résiduelle. L'argile possède donc une certaine radioactivité naturelle. Elle profite à l'argile comme actif. Cette radioactivité est régénératrice, l'argile peut même absorber certaines radiations nocives. Elle est capable de capter la radioactivité en excès dans les corps ou d'en transmettre en cas de carence offrant une protection naturelle à l'organisme. [ P. Andrianne, 2003 page 67 ]

Ces propriétés expliquent la raison pour laquelle l'argile est dite riche en énergie.

### **1. 3. 4. Colloïdale**

Contrairement à une solution vraie, l'argile mise en suspension est dite colloïdale. Cette spécificité dépend de la taille des particules. Celles de l'argile sont chargées négativement et vont garder leurs propriétés initiales (avant d'être en suspension). Elles se regroupent pour former des micelles ou des « clusters » (agrégats de molécules) pouvant aller du nanomètre au micromètre. Les cellules cibles pourront donc internaliser ces particules. La solvation des particules les isole électriquement les unes des autres contribuant à la stabilité de la suspension. [ P. Andrianne, 2003 page 72-73 ]

### **1. 3. 5. Catalyseur**

Utilisées essentiellement dans l'industrie pétrochimique pour cette propriété, les argiles vont permettre la catalyse hétérogène ou « cracking » du pétrole pour le transformer en essence. Cette étape est préalable au raffinage du pétrole. Précisément, la structure lamellaire de l'argile va compartimenter les différents composés chimiques et les concentrer. Les réactions seront simultanées, successives ou encore indépendantes. Cette propriété ainsi que celles d'absorption et d'adsorption sont intimement liées à la surface de l'argile très développée (1 gramme d'argile correspond à 500m<sup>2</sup>), la nature des sites actifs, la densité de charge intraduisible et la nature des molécules avec lesquelles les argiles interagissent. [ P. Andrianne, 2003 page 69 ]

## **2. Etat des lieux en France**

### **2. 1. Les différentes formes galéniques**

#### **2. 1. 1. Etat naturel**

##### **2. 1. 1. 1. Sèche**

La forme sèche est utilisée comme talc, saupoudrée sur la zone à traiter. Contrairement à ce que peut laisser penser sa texture poudre, elle contient des molécules d'eau dans sa structure. Les particules glissent les unes sur les autres sans frottements. Ce glissement est dû à une absence d'attraction ionique entre les feuillets.

##### **2. 1. 1. 2. Pâte**

La formulation en pâte présente une certaine plasticité afin de s'adapter à toutes les formes. Cet état est idéal pour profiter pleinement des propriétés thérapeutiques par les échanges ioniques. Les échanges de substances entre le corps et l'argile peuvent se réaliser alors dans les deux sens.

##### **2. 1. 1. 3. Suspension**

Cette forme d'argile contient une forte quantité d'eau. Généralement les suspensions, comme pour le cas des smectites, vont former un gel capable de transporter des substances actives sous forme de pansement, notamment au niveau gastrique.

### **2. 1. 2. Différentes formulations galéniques**

#### **2. 1. 2. 1. Bandes**

Les bandes d'argile doivent être trempées dans l'eau pour obtenir un cataplasme que l'on pose sur les zones souffrantes.

## **2. 1. 2. 2. Poudre, granulés, morceaux, fragments concassés**

La forme morceaux ou fragments concassés est distribuée en grosse quantité. Cette forme est donc moins onéreuse. Elle se destine à des préparations de grosses envergures pour une utilisation conséquente. Les morceaux doivent être écrasés, pilés, pour pouvoir ensuite être réhydratés dans le but de préparer des cataplasmes ou autre. Les poudres d'argile peuvent-être distinguées selon le diamètre des particules. L'argile fine convient en cataplasmes, compresses. L'argile surfine, dite ventilée est plus adaptée à la préparation de masques pour le visage ; à des soins capillaires ou pour préparer une eau argileuse à visée interne. L'argile dite ultra ventilée se destine à des usages délicats comme le brossage des dents, la finesse des grains va préserver l'émail, les bains de bouche ou les soins pour peau fragile, très réactive, très sensible.

## **2. 1. 2. 3. Masque, cataplasme, dentifrice, chewing-gum, crème**

Généralement préparée à base d'argile ultra ventilée, cette présentation offre un aspect pratique disponible à une utilisation immédiate. Les masques à base d'argile sont associés à d'autres produits (huiles essentielles,...) pour être appliqués sur le visage pour en retirer l'excédent de sébum, apaiser,... Le cataplasme va soulager des douleurs traumatiques, ou encore être utilisé pour remplacer un pansement grâce à ses propriétés antiseptiques, nettoyantes,... La forme dentifrice a des vertus nettoyantes, assainissantes des gencives et de la bouche. Le chewing-gum a également des propriétés assainissantes de la paroi buccale, favorise la cicatrisation. La crème peut-être appliquée sur le visage ou le corps afin d'hydrater la zone concernée.

## **2. 1. 2. 4. Gélules, comprimés, sachets-dose**

Certaines argiles sont commercialisées sous formes de comprimés, gélules ou encore sachets doses en vue d'être administrées en interne. Ces formes sont destinées à soulager les troubles de la sphère digestive : ballonnements, météorisme, pesanteur digestive, dyspepsies,... [ A. Passebecq, 2006, page 36 ]

## **2. 1. 2. 5. Eau d'argile**

Une cuillère à café d'argile est mise en suspension dans un verre d'eau qu'on laisse décanter une nuit après mélange. L'eau est bue le lendemain en laissant l'argile. Il est recommandé d'utiliser une eau de source, faiblement minéralisée. Les minéraux présents dans l'eau réagissent avec la structure minérale de l'argile se liant ainsi à celle-ci, les propriétés de l'argile en sont affectées. [ A. Passebecq, 2006, page 35 ]

## **2. 1. 2. 6. Eau argileuse**

C'est une eau d'argile que l'on a remué pour consommer également l'argile. [ A.Passebecq, 2006, page 35 ]

# **2. 2. Formes commerciales à l'officine**

Un état des lieux des produits à base d'argile vendus en pharmacie est réalisé dans le cadre de ce document.

## **2. 2. 1. Objectif**

La pharmacie propose à la dispensation plusieurs types de produits à base d'argile. Certains possèdent une AMM (Autorisation de Mise sur le Marché) et sont donc qualifiés de médicaments, d'autres sont considérés comme dispositifs médicaux, compléments alimentaires ou encore cosmétiques.

L'intérêt de ce chapitre est de recenser les laboratoires proposant des argiles à la vente pharmaceutique, étudier leurs produits, les comparer.

## **2. 2. 2. Références**

### **2. 2. 2. 1. Produits d'intérêt industriel pharmaceutique à l'étude**

Des nanotubes d'halloysite, de formule :  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ , sont vendus par le laboratoire Sigma Aldrich. Cette poudre de nanotubes, proposée par 100g ou 500g, se

destinée à être utilisée comme vecteur médicamenteux. Elle est donc vendue à des professionnels de santé. [ S. R. Levis, P. B. Deasy, 2002 ]

Une poudre de kaolin est également distribuée par ce même laboratoire. Elle est étudiée en tant qu'hémostatique en post amygdalectomie. En effet l'hémorragie induite à la suite de l'opération est la principale complication rencontrée. L'étude tente de déterminer l'efficacité d'un hémostatique à base de kaolin. [ M. E. Chávez-Delgado et coll., 2014 ]

## 2. 2. 2. 2. Médicaments

Il existe au moins 5 spécialités médicamenteuses en France à base d'argile. Ces médicaments présentent dans leur composition en principes actifs une argile sélectionnée pour ses propriétés face aux symptômes à traiter. Ils peuvent contenir d'autres principes actifs et également de nombreux excipients. Ces autres produits altèrent l'état naturel de l'argile utilisée. Le service médical rendu (SMR) de ces médicaments est modéré à faible voire insuffisant selon l'indication. Les spécialités médicamenteuses ne sont donc pas représentatives de l'efficacité des argiles dans ce document puisque celles-ci sont altérées par des additifs artificiels, leurs posologies peuvent être insuffisantes comparées à celle d'une argile au naturel pour les mêmes symptômes. [ J. Allègre, 2012, page 70 ]

Spécialité : SMECTA 3g Pdr susp buv en sachet orange vanille Sach/30.

Laboratoire : Ipsen Pharma.

Principe actif : Diosmectite.

Excipients : glucose monohydraté, saccharine sodique. *Arôme* : orange (maltodextrine, saccharose, gomme arabique [E 414], esters mono et diacétyltartriques des mono et diglycérides d'acides gras [E 472e], dioxyde de silicium [E 551], parfum orange) et vanille (maltodextrine, saccharose, triacétate de glycéryle [E 1518], dioxyde de silicium [E 551], alcool éthylique, lécithine de soja [E 322], parfum vanille). Excipients à effet notoire : glucose, saccharose.

Indication : Traitement symptomatique de la diarrhée aiguë chez l'enfant et le nourrisson en complément de la réhydratation orale et chez l'adulte. Traitement symptomatique de la diarrhée chronique. Traitement symptomatique des douleurs liées aux affections œsogastroduodénales et coliques.



Spécialité : GASTROPULGITE pdre p susp buv.

Laboratoire : Ipsen Pharma.

Principe actif : Attapulgite de Mormoiron activée 2,5 g, Gel d'hydroxyde d'aluminium et de carbonate de magnésium codesséchés.

Excipients : *saccharine sodique, extrait sec de réglisse, vanilline.*

Indication : Traitement symptomatique des manifestations douloureuses au cours des affections œsogastroduodénales. Traitement symptomatique du reflux gastro-œsophagien.

Spécialité : BEDELIX 3g pdre p susp buv.

Laboratoire : Ipsen Pharma.

Principe actif : Montmorillonite beidellitique.

Excipients : *gel d'hydroxyde d'aluminium et de carbonate de magnésium codesséchés, extrait de réglisse, vanilline, saccharine sodique, glucose hydraté.*

Indication : Traitement symptomatique des colopathies fonctionnelles.

Spécialité : ACTAPULGITE 3g pdre p susp buv enfant adulte,

Laboratoire : Ipsen Pharma.

Principe actif : Attapulgite de Mormoiron activée,

Excipients : glucose monohydraté, saccharine sodique.

Indication : Traitement symptomatique des manifestations fonctionnelles intestinales, notamment avec météorisme et diarrhée.

Spécialité : ELUSANES kaolin 500mg gélules.

Laboratoire : Pierre Fabre Médicament.

Principe actif : Kaolin lourd.

Excipients : Carmellose calcique, gomme arabique, silice colloïdale anhydre, stéarate de magnésium. Composition de l'enveloppe de la gélule: gélatine, dioxyde de titane.

Indication : traitement d'appoint du météorisme intestinal chez l'adulte.

## 2. 2. 2. 3. Compléments alimentaires

Ces produits sont peu nombreux à l'officine. Ils ont une visée essentiellement digestive comme les comprimés de montmorillonite verte du laboratoire Superdiet. Ils jouent un rôle sur le transit et la digestion.



## 2. 2. 2. 4. Cosmétiques

Les produits dits cosmétiques suivants sont classés par laboratoire les produisant. Les listes des produits proposés par les différents laboratoires cités sont disponibles en Annexe 1.

Une enquête téléphonique a été réalisée auprès des laboratoires leaders proposant des produits à base d'argile en pharmacie : Argiletz, Cattier, Laino.

1. Vos produits sont-ils 100% naturels? Sans additifs?

	100% naturels	Additifs
ARGILETZ	oui	non
CATTIER	oui	non
LAINO	oui	non

## 2. De provenance française?

Provenance	
ARGILETZ	Française (carrières du laboratoire)
CATTIER	Française
LAINO	Française

## 3. Sont-ils séchés au soleil?

Mode de séchage	
ARGILETZ	Au soleil
CATTIER	Four
LAINO	Tube sécheur (10 mn, température < 80°C)

## 4. Quel(s) type(s) d'argile(s) proposez-vous?

types d'argiles	
ARGILETZ	Illite, Montmorillonite, Kaolinite, Rassoul
CATTIER	Illite, Montmorillonite, Kaolinite
LAINO	Montmorillonite

## 5. Quelle(s) couleur(s) d'argile(s) proposez-vous?

couleurs d'argiles	
ARGILETZ	Verte, blanche, rose, rouge, jaune, rhassoul
CATTIER	Verte, rose, blanche, jaune
LAINO	Verte, rose, blanche

## 6. Quel est votre produit phare?

Produit phare	
ARGILETZ	Tube d'argile verte 400G
CATTIER	Masque à l'argile rose
LAINO	poudre d'argile verte

## 5. Quel est le type de produit selon la moyenne d'âge?

Certains produits des laboratoires sélectionnés pour l'analyse sont représentés ci-dessous pour rendre compte des types de manufactures d'argiles utilisées en fonction des moyennes d'âges.



Figure 2. Analyse du type de produit utilisé en fonction de l'âge de la personne avec pour exemples des produits des laboratoires cités.

## 2. 2. 3. Analyse

L'analyse s'oriente sur les produits cosmétiques. Les produits médicaux, eux, voient leur argile altérée (additionnée d'excipients). Les médicaments, dont la formulation est spécifique, nécessitent des excipients permettant la fabrication de la forme galénique, sa conservation,...

La qualité d'une argile dépend de :

- Sa fabrication, naturelle ou non ;
- Son mode de séchage, de façon naturelle au soleil ou artificielle ;
- La présence d'additifs ou non.

Si l'emballage ne le signale pas, une demande de vérification par le professionnel de santé est préférable. Le risque est que l'argile ait subi un séchage artificiel au four, à des températures potentiellement fortes qui peuvent avoir détruit certaines de ses qualités intrinsèques. Pour profiter des propriétés de l'argile, il faut s'assurer sur l'étiquette que l'argile soit pure, 100 % naturelle, sans ajouts. Certains produits présentés voient leur composition « enrichie » d'excipients. Il est conseillé de préférer les argiles conservées dans du carton ou un récipient en bois ou verre, le plastique et le métal altérant l'argile.

On peut constater qu'il existe une multitude de produits à base d'argile. Le laboratoire Superdiet propose un produit à prendre per os pour le transit. Les laboratoires interrogés offrent un certain nombre de produits à la vente, ainsi que certains types d'argiles :

- Argiletz a 78 produits avec 6 couleurs d'argiles différentes ;
- Laino quant à lui propose 5 produits, exclusivement des argiles vertes ;
- Cattier met en vente 22 produits dont des argiles vertes et blanches.

Le laboratoire Cattier existe depuis 47 ans. Laino, plus ancien, a été créé il y a 51 ans avec au commencement comme seul et unique produit sa crème pour mains sèches à la glycérine. Argiletz a été fondé il y a 60 ans et n'a exclusivement travaillé que l'argile depuis son commencement.

En ce qui concerne la qualité, on observe les poudres d'argiles, les autres produits ayant des additifs pour former pâtes, crèmes et autres formes galéniques. Les laboratoires leaders du marché pharmaceutique offrent des argiles 100% naturelles et pures. De ce

point de vue le choix de l'argile se fait selon le type d'argile nécessaire pour le soin et tous les laboratoires se valent.

Au point de vue de la provenance, les laboratoires proposent des argiles de provenance française. Leurs argiles proviennent de leurs propres carrières (c'est le cas de Argiletz) ou de carrières de leurs fournisseurs. Le rassoul est la seule argile qui n'est pas produite en France, les carrières de rassoul sont au Maroc.

Le mode de séchage quant à lui diffère. Argiletz est le seul laboratoire respectant le séchage au soleil, n'altérant pas la qualité de l'argile, et donc ses propriétés de richesse énergétique par stockage de l'énergie lumineuse. Cet argument infirme que les argiles du laboratoire Argiletz sont de meilleure qualité que celles de ses concurrents.

Le produit le plus vendu selon les laboratoires, en lien avec la moyenne d'âge d'achat révèle le type d'utilisation recherchée. Les personnes jeunes cherchent à utiliser les propriétés de l'argile pour des vertus beauté, plaisir, tout en restant dans une gamme naturelle et « bio ». Les consommateurs plus âgés utilisent l'argile de façon plus traditionnelle, en cataplasmes, à boire ou encore en dentifrice et autres, pour venir à bout des bobos quotidiens.

# 3. L'argile à l'officine, évaluation d'enquêtes

## 3. 1. Méthodologie des enquêtes

Le modèle utilisé pour la réalisation des enquêtes est le modèle de Réalisation d'Enquêtes Qualités (REQ) (Detroz et Hubert, 2000). Il repose sur la mise en évidence d'objectifs autour desquels est construit un questionnaire.

### 3. 1. 1. Dialogue collaboratif

#### 3. 1. 1. 1. Objectifs des enquêtes

L'enquête destinée aux employés des officines fait un état des lieux, pour un quartier parisien, de l'argile à l'officine. Elle évalue la connaissance du public visé au sujet de l'argile, son intérêt pour cette thérapeutique, ce qu'il pense de sa place à l'officine. Le but est de savoir si mettre une fiche d'aide au conseil de l'argile à disposition des employés de l'officine présente un intérêt.

L'enquête destinée aux consommateurs permet de mettre en évidence le type de public concerné par l'utilisation de l'argile, l'utilisation qu'ils en font, ce qu'ils en pensent.

#### 3. 1. 1. 2. Structure de base

Les enquêtes, se présentent sous forme de questionnaires. Les questions sont à choix unique, multiples ou à réponses courtes afin d'en extraire les données et les traiter facilement. Ce choix est également fait dans le but d'éviter que les personnes y répondant ne se dispersent. Cela évite de compliquer le traitement des réponses en les bornant afin de ne pas fausser les résultats avec des réponses aberrantes ou n'ayant plus de sens avec les questions posées. Ces réponses ne pourraient alors être traitées.



## 3. 1. 2. Réalisation des questionnaires

Les questionnaires tels qu'apparus sur googleform sont en Annexe. Ceux-ci sont repris ci-dessous pour apprécier les modifications apportées. Tout d'abord celui dédié aux officines, suivi par le questionnaire réalisé auprès des consommateurs.

### 3. 1. 2. 1. Réalisation du questionnaire pour les professionnels

- Version BETA (V1) : QUESTIONNAIRE PHARMACIEN : ENQUETE SUR L'UTILISATION DE L'ARGILE A L'OFFICINE

Dans le cadre de ma thèse sur l'argile et son utilisation à l'officine, je réalise une étude basée sur un questionnaire destiné aux différents postes officinaux. Cette étude a pour objectif la mise en évidence de la place de l'argile dans le conseil officinal et parapharmaceutique.

1. Quel est votre poste (pharmacien titulaire, pharmacien assistant, préparateur, conseiller para,...)?
2. Quelle est votre tranche d'âge (20-25 ans / 26-35 ans / 36-50 ans / 51 ans et plus)?
3. Avez-vous suivi une formation sur l'argile? Si oui, par un laboratoire ou un organisme indépendant?
4. Que pensez-vous de la place de l'argile dans le milieu officinal (thérapeutique, cosmétologie, sa place à l'officine par rapport aux autres commerce (est ce justifié))?
5. Etes-vous personnellement convaincu des propriétés de l'argile?
6. Conseillez-vous l'argile? Si oui, pour quelle(s) utilisation(s)?
7. Seriez-vous intéressé par la mise à disposition pour le personnel de l'officine d'une fiche conseil sur les différentes propriétés de l'argile et sur ses utilisations possibles?

- Version modifiée (V2) : ENQUETE SUR L'UTILISATION DE L'ARGILE A L'OFFICINE

Les modifications sont indiquées en gras.

Dans le cadre de ma thèse sur l'argile et son utilisation à l'officine, je réalise une étude basée sur un questionnaire destiné aux différents postes officinaux. Cette étude a pour objectif la mise en évidence de la place de l'argile dans le conseil officinal et parapharmaceutique.

1. Quel est votre poste (pharmacien titulaire, pharmacien assistant, préparateur, **conseiller en parapharmacie,...**)?
2. Quelle est votre tranche d'âge (20-25 ans / 26-35 ans / 36-50 ans / 51 ans et plus)?
3. **Avez-vous suivi une formation sur l'argile?**
4. **Si oui, par un laboratoire ou un organisme indépendant? Précisez lequel ?**
5. Que pensez-vous de la place de l'argile dans le milieu officinal (**rôle thérapeutique, de complément alimentaire, dispositif médical, en cosmétologie**) ?
6. **La place de l'argile à l'officine par rapport aux autres commerces est-elle justifiée ?**
7. Etes-vous personnellement convaincu des propriétés de l'argile?
8. **Conseillez-vous l'argile?**
9. **Si oui, lesquelles (types, couleurs) et pour quelle(s) utilisation(s)?**
10. Seriez-vous intéressé par la mise à disposition pour le personnel de l'officine d'une fiche conseil sur les différentes propriétés de l'argile et sur ses utilisations possibles?

### **3. 1. 2. 2. Réalisation du questionnaire pour les consommateurs**

- Version BETA (V1') : ENQUETE CONSOMMATEUR SUR L'UTILISATION DE L'ARGILE

Dans le cadre de ma thèse sur l'argile et son utilisation à l'officine, je réalise une étude basée sur un questionnaire destiné aux consommateurs. Cette étude a pour objectif la mise en évidence des différentes utilisations de l'argile.

1. Quel est votre métier?
2. Quelle est votre tranche d'âge (20-25 ans / 26-35 ans / 36-50 ans / 51 ans et plus)?
3. Quelle(s) argile(s) utilisez-vous (type(s), couleur(s))?
4. Quelle(s) forme(s) d'argile utilisez-vous?
5. Dans quelle indication utilisez-vous l'argile?
6. Comment avez-vous connu l'argile (par qui, quoi)?
7. Etes-vous satisfait des propriétés de l'argile?
8. Conseilleriez-vous l'argile?

- **Version finale (V2F) : ENQUETE CONSOMMATEUR SUR L'UTILISATION DE L'ARGILE**

Les modifications sont indiquées en gras.

Dans le cadre de ma thèse sur l'argile et son utilisation à l'officine, je réalise une étude basée sur un questionnaire destiné aux consommateurs. Cette étude a pour objectif la mise en évidence des différentes utilisations de l'argile.

1. Quel est votre métier?
2. Quelle est votre tranche d'âge (20-25 ans / 26-35 ans / 36-50 ans / 51 ans et plus)?
3. **Quel(s) type(s) d'argile(s) utilisez-vous?**
4. **Quelle(s) couleur(s) d'argile(s) utilisez-vous?**
5. Quelle(s) forme(s) d'argile utilisez-vous?
6. Dans quelle indication utilisez-vous l'argile?
7. **Où achetez vous l'argile?**
8. Comment avez-vous connu l'argile (par qui, **par quel biais**)?
9. Etes-vous satisfait des propriétés de l'argile?
10. Conseilleriez-vous l'argile?

### **3. 1. 3. Appréciation des versions V2 et V2' des questionnaires par le groupe de travail**

Le groupe de travail est composé de l'étudiant réalisant la thèse ainsi que de sa directrice de thèse. Le questionnaire destiné aux professionnels, après concertation avec la directrice de thèse a connu les modifications suivantes :

- A la question 1, « conseiller para » est modifié en « conseillers en parapharmacie ».
- A la question 3, « précisez lequel » est ajouté en faisant référence à l'organisme de formation. Il peut être intéressant de savoir en effet quels organismes indépendants

proposent une formation sur l'argile pour transmettre aux officines leur nom s'ils sont intéressés ou pour les contacter pour l'outil de conseil développé, avoir leur retour ou le leur proposer s'ils sont intéressés.

- la question 4 est divisée en deux questions afin de séparer les différentes informations contenues dans cette question et pour en faciliter la compréhension.
- La question 6 est également scindée en deux questions pour les mêmes raisons.
- le(s) type(s), la(les) couleur(s) d'argile(s) conseillée(s). Cela permet d'apprécier si le conseil s'arrête à l'argile verte ou si l'officine propose d'autres types d'argiles selon les besoins.

Le questionnaire de l'enquête consommateurs n'a subi que trois modifications. Au niveau de la question 3, cette question a été séparée en deux questions distinctes afin d'en faire des questions à choix multiples pour faciliter le traitement des données. Une autre question a été ajoutée « Où achetez vous l'argile? » pour relater les lieux de dispensation selon les consommateurs. Il ne sera pas testé par une cohorte de consommateurs d'argile mais directement diffusé. A la question 6, « quoi » n'étant pas d'usage en langue française, signifiant le biais de découverte de l'argile (magasine, internet,...) a été remplacé « par quel biais ».

### **3. 1. 4. Testing de la version V2 par un petit échantillon**

Le testing a été réalisé sur une cohorte de 9 personnes, toutes pharmaciens (titulaires ou assistants). L'appréciation du questionnaire par la population test est reprise ci-dessous :

- Très claires, bien étudiées.
- bon questionnaire.
- "Place de l'argile dans le milieu officinal" question beaucoup trop générale pour moi, Reste du questionnaire est assez clair.

- Bien formulé.
- Simple et facile à répondre. Tu pourrais aussi demander : "face à quel type de patients conseillez vous l'argile? Ou dans quelle indication?"
- Questions claires sauf celle de la place de l'argile dans le milieu officinal : pas assez ciblé.
- le questionnaire me paraît clair, une fiche conseil serait intéressante dans la mesure où elle reprendrait les indications réellement démontrées (ce qui suppose de sélectionner les bibliographies) ainsi que les posologies, horaires de prises et mode d'emploi pour fabriquer un cataplasme, un masque etc, ce qui est rarement indiqué sur les boîtes d'argile en vrac.
- "place de l'argile à l'officine" la question est trop vague on ne sait pas trop quoi répondre.
- Questions précises ciblant le travail en officine.

Certaines modifications ont été réalisées suite aux remarques des participants du « testing » :

- A la question 5, le mode de réponse, paragraphe comme réponse libre, est remplacé par une grille à choix unique pour chaque thème mentionné, à la demande de deux personnes de la cohorte test. Ceci cadre les réponses de la personne mais également le traitement des données en résultats statistiques.
- La question 8 est répartie en 4 questions distinctes pour faciliter le traitement des données et en ressortir des statistiques claires.
- Changement du titre de l'étude en « Enquête sur l'argile à l'officine destinée aux professionnels » pour apporter une clarification dès le début.

## Version finale (VF) :

### ENQUÊTE SUR L'ARGILE À L'OFFICINE DESTINÉE AUX PROFESSIONNELS

Dans le cadre de ma thèse sur l'argile et son utilisation à l'officine, je réalise une étude basée sur un questionnaire destiné aux différents postes officinaux. Cette étude a pour objectif la mise en évidence de la place de l'argile dans le conseil officinal et parapharmaceutique.

1. Quel est votre poste (pharmacien titulaire, pharmacien assistant, préparateur, conseiller en parapharmacie, représentant d'un laboratoire)?
2. Quelle est votre tranche d'âge (20-25 ans / 26-35 ans / 36-50 ans / 51 ans et plus)?
3. Avez-vous suivi une formation sur l'argile?
4. Si oui, par un laboratoire ou un organisme indépendant? Précisez lequel ?
5. Que pensez-vous de la place de l'argile dans le milieu officinal (rôle thérapeutique, de complément alimentaire, dispositif médical, en cosmétologie) ?
6. La place de l'argile à l'officine par rapport aux autres commerces est-elle justifiée ?
7. Etes-vous personnellement convaincu des propriétés de l'argile?
8. Conseillez-vous l'argile?
9. Si oui, quel(s) type(s)?
10. Si oui, quelle(s) couleur(s) ?
11. Si oui, pour quelle(s) utilisation(s)?

12. Seriez-vous intéressé par la mise à disposition pour le personnel de l'officine d'une fiche conseil sur les différentes propriétés de l'argile et sur ses utilisations possibles?

## **3. 1. 5. Préparation et diffusion du questionnaire**

### **3. 1. 5. 1. Public concerné**

Le questionnaire réservé à l'officine est destinée aux pharmaciens, préparateurs et conseillers en parapharmacie. Toute personne travaillant dans une pharmacie d'officine et pouvant faire un conseil ou du comptoir peut répondre au questionnaire.

L'enquête destinée aux consommateurs cible toute personne qui utilise de l'argile. Que ce soit ceux qui s'approvisionnent en pharmacie ou ceux allant en acheter en parapharmacie ou dans des magasins bio ou autres types de commerces. L'enquête est posée indépendamment de l'utilisation recherchée ou de la forme achetée, ceci étant un des aspects de l'étude.

### **3. 1. 5. 2. Mode de diffusion**

Le questionnaire dédié aux professionnels est posé aux employés d'officines d'un quartier parisien. Cette méthode de diffusion permet d'apprécier réellement les réactions, commentaires, impressions de la population cible.

L'étude consommateur est diffusée via internet. Ce moyen est rapide et facilement diffusable.

## **3. 2. Résultats**

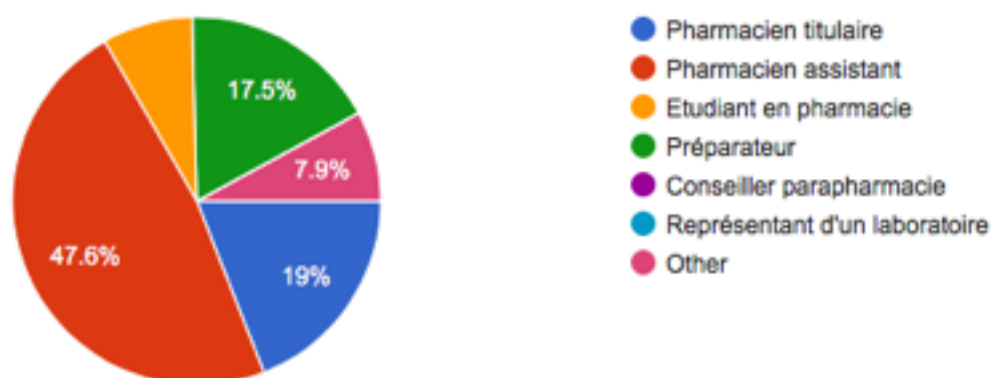
### **3. 2. 1. Analyses Statistiques**

#### **3. 2. 1. 1. L'enquête auprès des professionnels**

Cette enquête a donné lieu à 63 réponses. Les réponses récoltées ont été traitées sous forme de graphiques lorsque cela était possible.

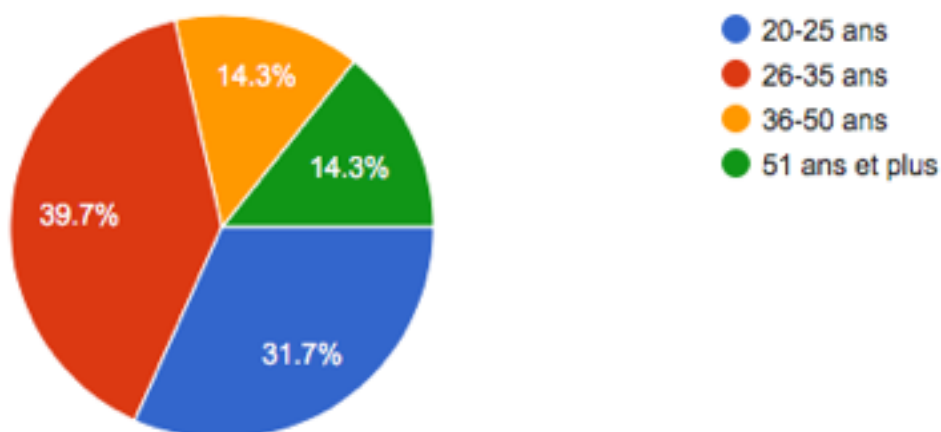


## Quel est votre poste? (63 responses)



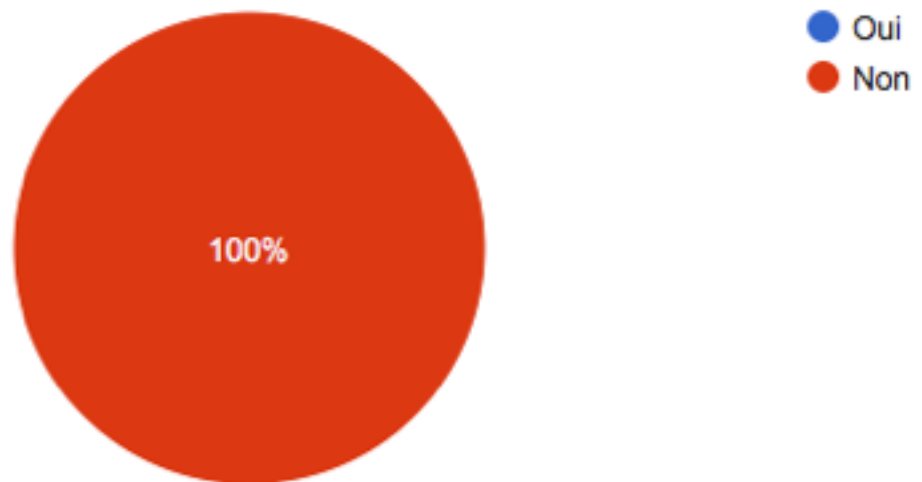
Aucun conseiller en parapharmacie ou représentant d'un laboratoire n'a répondu au questionnaire. Les pharmaciens assistants qui représentent presque 48% sont au nombre de 30 à avoir répondu ; 12 titulaires ; 5 étudiants ; 11 préparateurs et 5 autres (apprentis préparateurs, personnes ayant travaillé en officine mais n'y travaillant plus).

## Quelle est votre tranche d'âge? (63 responses)



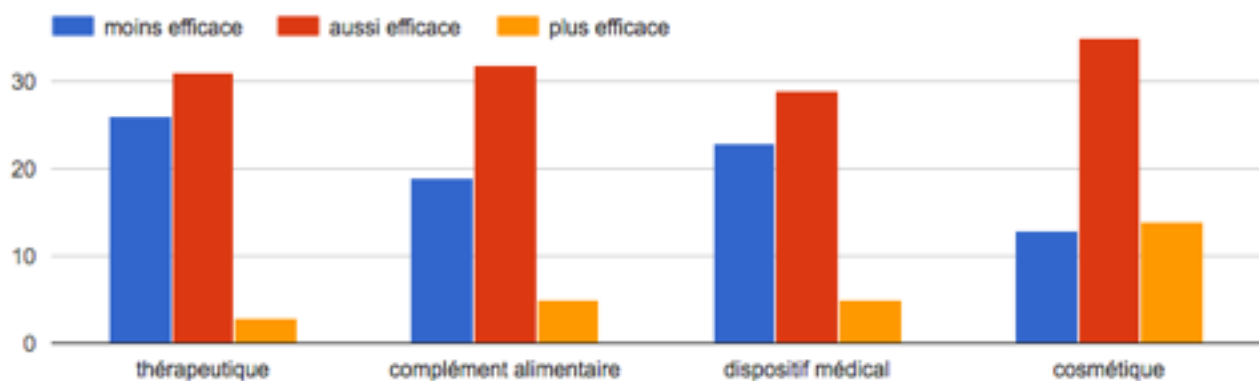
Toutes les tranches d'âges sont présentes. Parmi celles-ci 25 d'entre eux font partis des 26-35 ans ; 20 des 20-25 ans ; 9 d'entre eux des 51 et plus et 9 des 36- 50 ans.

## Avez-vous suivi une formation sur l'argile? (63 responses)



Personne n'a suivi aucune formation concernant l'argile.

## Que pensez-vous de la place de l'argile dans le milieu officinal?



Un maximum de 14 professionnels par rapport aux 63 personnes interrogées pense que l'argile est plus efficace que les autres produits présents en officine dans le domaine cosmétique. Seulement 3 personnes pensent qu'elle est plus efficace en thérapeutique ; 5 en tant que complément alimentaire et 5 comme dispositif médical.

Une vingtaine de professionnels pensent l'argile moins efficace en thérapeutique (26), comme dispositif médical (23) et en tant que complément alimentaire (19), alors que 13 personnes la trouvent moins efficace en tant que cosmétique.

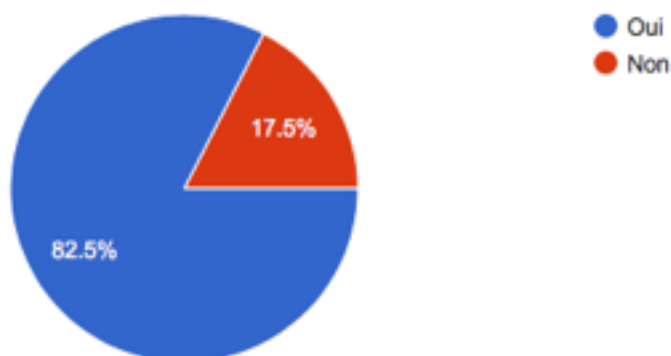
La majorité a trouvé l'argile aussi efficace que les autres produits dans tous les domaines précités (31 pour les domaines thérapeutiques et 32 en tant que complément alimentaire ; 29 comme dispositif médical et 35 en tant que cosmétique).

En conclusion, le domaine cosmétique semble privilégié pour un conseil concernant l'argile à l'officine (14 : plus efficace + 35 : aussi efficace = 49/62 soit 80 % des personnes interrogées ayant répondu à cette question).

Il ressort de ces résultats une abstention de la part de certaines personnes interrogées (certains n'avaient pas d'avis sur la question et ont donc préféré s'abstenir). On observe que les 63 personnes interrogées ont répondu à l'item sur l'efficacité de l'argile dans le domaine cosmétique contre 57 en ce qui concerne l'argile comme dispositif médical, 56 en tant que complément alimentaire et 60 en thérapeutique.

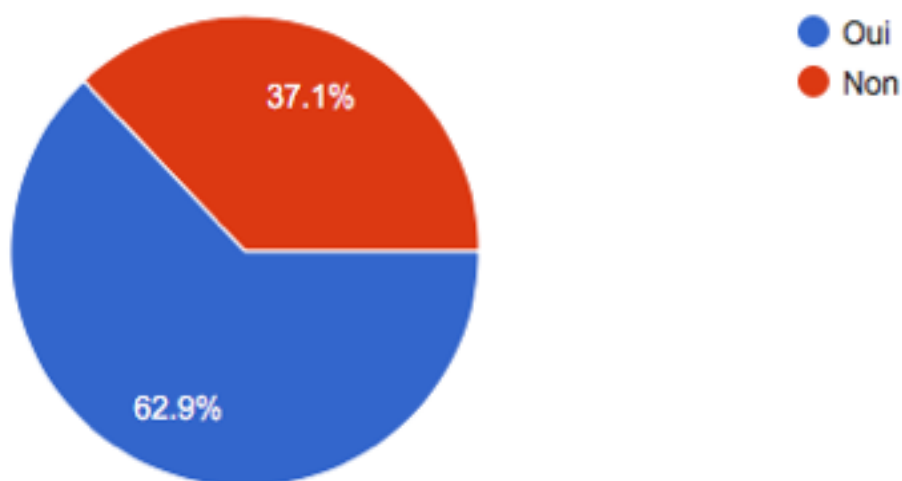
Pour la question « La place de l'argile à l'officine par rapport aux autres commerces est-elle justifiée ? » 28 professionnels le pensent, 6 sont mitigés selon l'utilisation de l'argile, que ce soit en tant que médicament ou en tant que cosmétique et 29 ne trouvent pas que l'argile doit être réservée au monopole pharmaceutique.

### Etes-vous personnellement convaincu des propriétés de l'argile? (63 réponses)



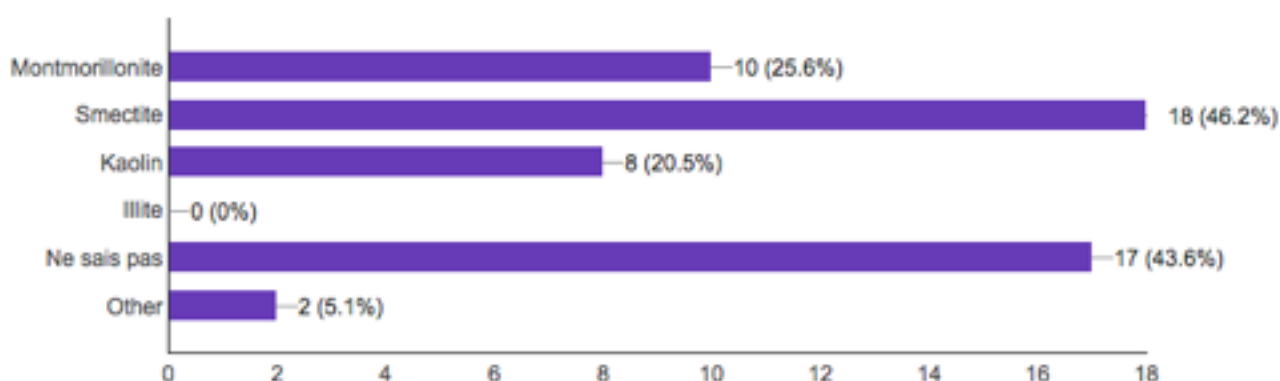
La majorité, soit 52 personnes sont convaincues de l'efficacité de l'argile, toute utilisation confondue.

## Conseillez-vous l'argile? (62 responses)

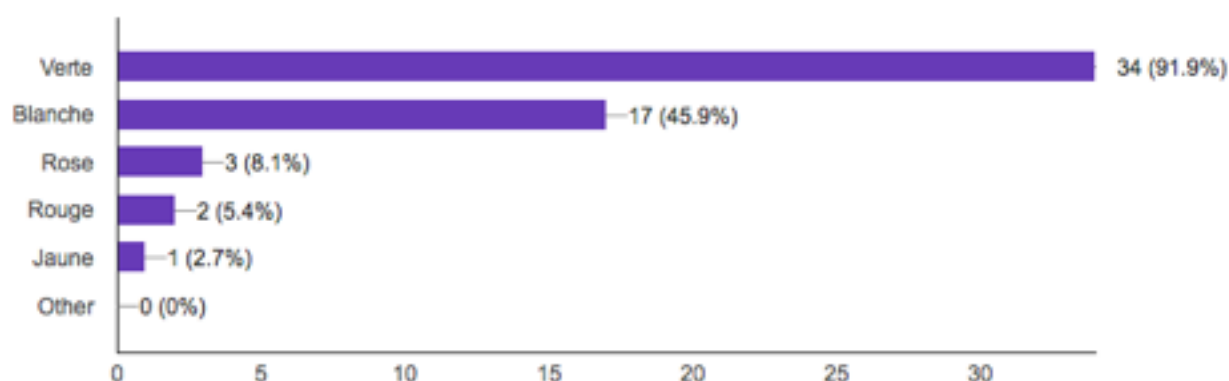


La différence des réponses est moins marquée qu'à la question précédente : 39 la conseille contre 23 qui ne le font pas. Une personne s'est abstenue de répondre.

### Si oui, quel(s) type(s)? (39 responses)



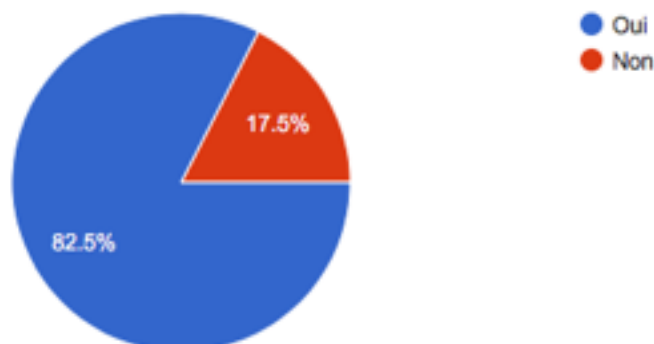
### Si oui, quelle(s) couleur(s)? (37 responses)



Seule la part des professionnels ayant répondu oui à la question précédente ont répondu aux deux questions « Si oui, quel(s) type(s)? » et « Si oui, quelle(s) couleur(s)? ». En ce qui concerne la question sur la couleur d'argile conseillée, on observe 2 abstentions de réponse. Ces deux questions sont à choix multiples. Les personnes interrogées ont pu sélectionner de 0 à 6 types et couleurs d'argiles parmi les choix proposés.

**Seriez-vous intéressé par la mise à disposition pour le personnel de l'officine d'une fiche conseil sur les différentes propriétés de l'argile et sur ses utilisations possibles?**

(63 responses)



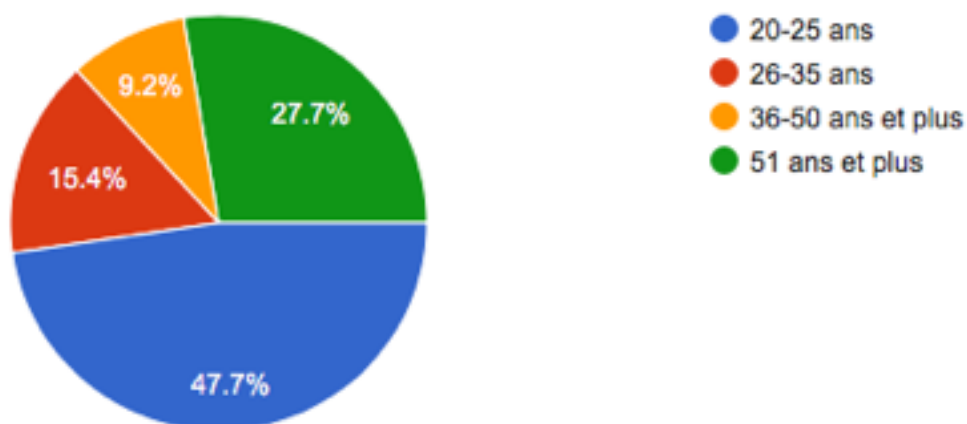
A cette question seules 11 personnes ne trouvent pas d'intérêt à la mise à disposition d'une fiche conseil sur l'argile.

### **3. 2. 1. 2. L'enquête auprès des consommateurs**

65 personnes ont répondu au questionnaire consommateurs.

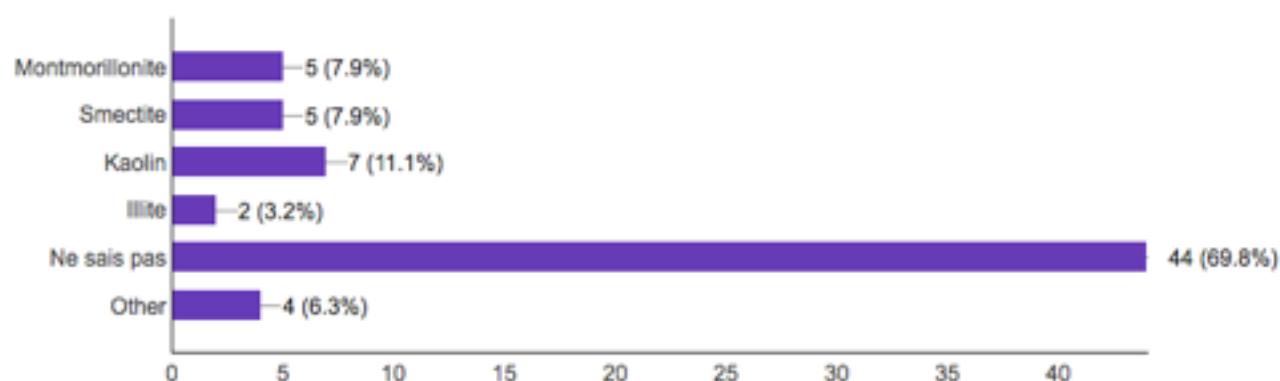
Seulement 42 personnes sur les 65 interrogées ont répondu à la première question. Le plus fort pourcentage des consommateurs, soit 18 des 42 personnes ayant répondu, ont un métier en lien avec la santé (qu'ils soient pharmaciens, médecins, podologues ou infirmiers). Parmi les autres consommateurs, 6 sont étudiants, une dizaine sont cadres, les autres sont professeurs, retraités, agents d'entretien ou encore sans emploi.

## Quelle est votre tranche d'âge? (65 responses)

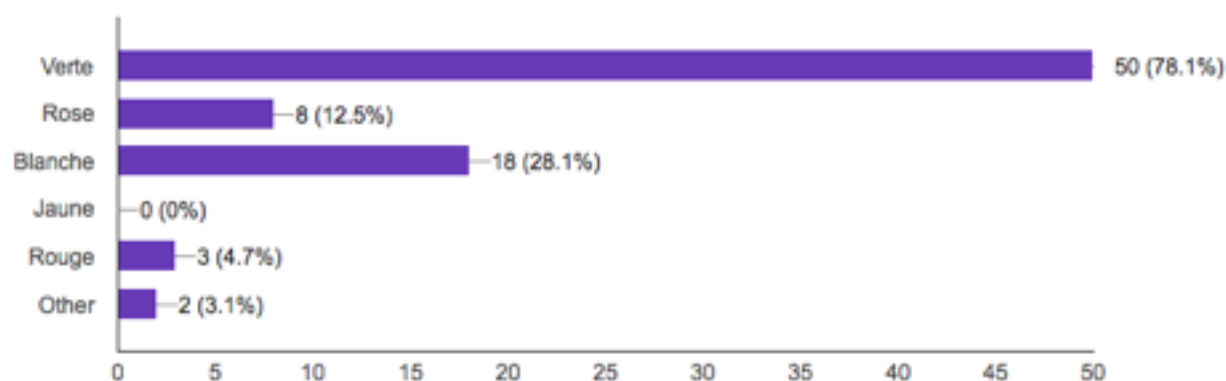


La tranche des 36-50 ans est représentée par 6 consommateurs. Les 20-25 ans sont en majorité (31), les 26-35 ans sont quand à eux 10 à avoir répondu et 18 personnes de 51 ans et plus ont répondu à l'enquête.

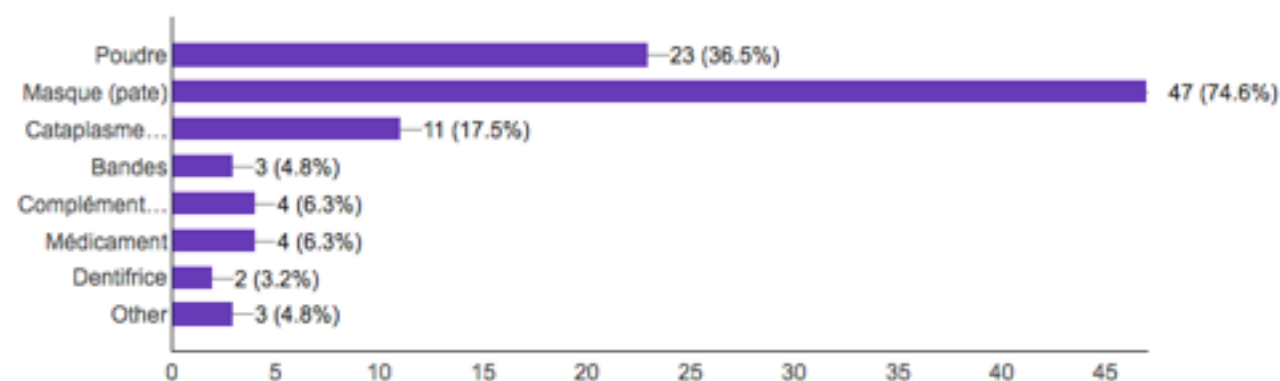
### Quelle(s) type(s) d'argile(s) utilisez-vous ? (63 responses)



### Quel(s) couleur(s) d'argile(s) utilisez-vous ? (64 responses)



### Quelle(s) forme(s) d'argile utilisez-vous? (63 responses)



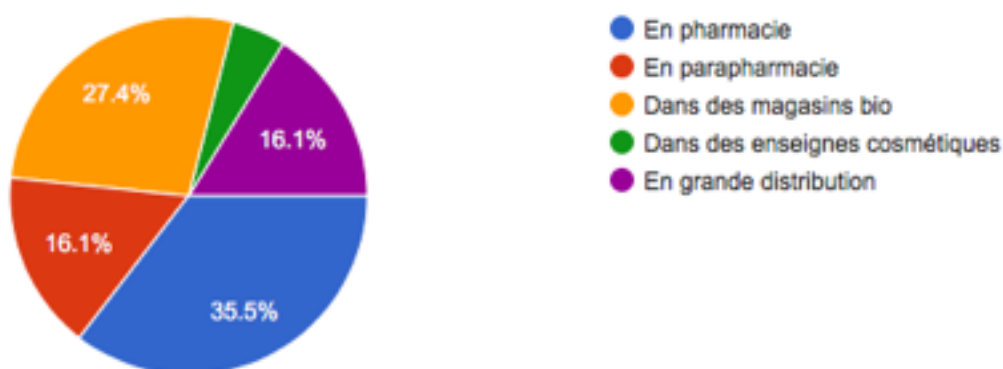
Seule la part des consommateurs ayant répondu aux trois questions, sur 65, deux d'entre eux n'ont pas répondu aux deux questions « Quel(s) type(s) d'argile(s) utilisez-vous? » « Quelle(s) formes(s) d'argile utilisez-vous? » et un seul à la question « Quelle(s)



couleur(s) d'argile utilisez-vous? ». Ces trois questions sont (comme pour le questionnaire destiné aux professionnels) à choix multiples. Les personnes interrogées ont pu sélectionner de 0 à 6 choix pour les deux premières questions et de 0 à 8 pour la troisième question.

Les consommateurs n'ont pas tous répondu à la question « Dans quelle(s) indication(s) utilisez-vous l'argile? », seuls 50 ont pris la peine de fournir une réponse. L'argile est surtout utilisée en tant que cosmétique par les consommateurs. Certains ont répondu pour diminuer une inflammation et quelques-uns l'utilisent pour la sphère digestive.

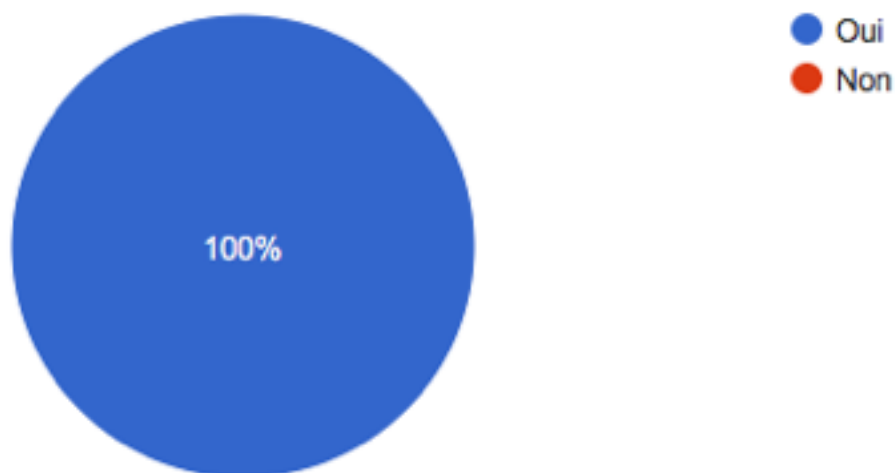
### Où achetez vous l'argile? (62 responses)



La plupart des consommateurs achètent leur argile en pharmacie (22 réponses), 10 d'entre eux en grande distribution, 17 dans les magasins bio, 10 en parapharmacie et 3 dans des enseignes cosmétiques. 3 consommateurs se sont abstenus de répondre.

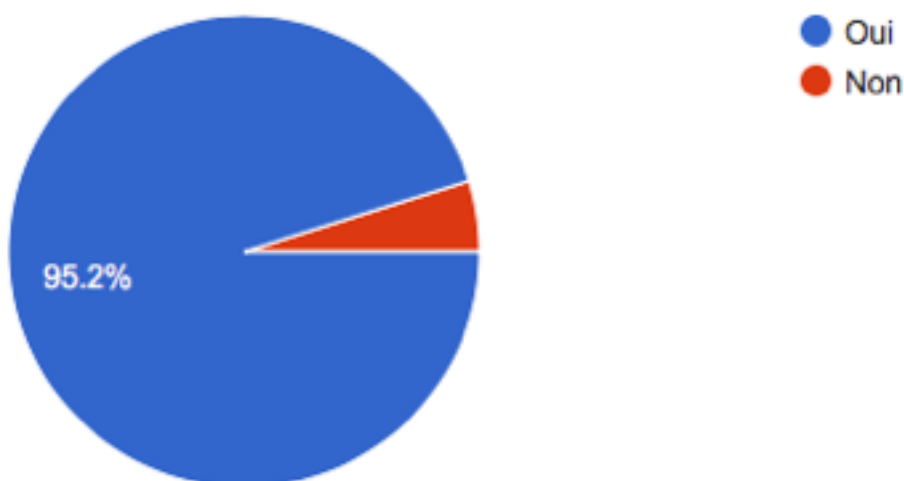
A la question « Comment avez-vous connu l'argile? » 52 réponses ont été récoltées. Les réponses sont disparates, la majorité sur conseil d'un proche (24), d'autres personnes l'ont découverte en regardant parmi les rayons, les blogs, les magazines, également en étudiant les alternatives thérapeutiques naturelles. Ils sont 6 à avoir répondu sur le conseil d'un professionnel de santé (pharmacien, kinésithérapeute, médecin).

## Etes-vous satisfait des propriétés de l'argile? (63 responses)



Sur les 63 personnes ayant répondu à la question, tous les consommateurs ayant essayé l'argile l'ont adopté.

## Conseilleriez-vous l'argile? (62 responses)



Seules 3 des 62 personnes ayant répondu à la question ne conseilleraient pas l'argile.

## 3. 2. 2. Rapport d'analyse

### 3. 2. 2. 1. L'enquête réalisée auprès des professionnels

La majorité des personnes interrogées sont des pharmaciens assistants. Ceci est expliqué d'une part puisque le questionnaire a été diffusé dans des pharmacies mais également sur internet auprès de pharmaciens entre 20 et 30 ans. La diffusion de l'enquête dans les pharmacies a révélé que les pharmaciens titulaires sont également au comptoir et sont dans la tranche 26-35 ans pour la plupart. La classe « autre » correspond aux apprentis préparateurs ainsi qu'aux pharmaciens ayant travaillé au cours de leurs études en officine puis se sont ensuite orientés vers une carrière en industrie, à l'hôpital,...

Parmi les professionnels interrogés les classes des 26-35 ans ainsi que les 20-25 ans sont sans doute les plus présentes au comptoir.

Personne n'a suivi de formation sur l'argile, cela laisserait penser que les laboratoires fournissant l'argile ne proposent pas d'explications sur leurs produits. Dans le cas contraire, les professionnels de santé ne considèrent pas les explications apportées par les représentants des laboratoires sur leurs produits comme une formation.

La majorité des professionnels considèrent l'argile comme aussi efficace que les autres produits dans la même indication. Une connaissance approfondie des propriétés et utilisations de l'argile pourrait enrichir le conseil officinal et améliorer les ventes d'argile. Les patients pourraient découvrir une thérapeutique naturelle, sans dangers et efficace, les faisant revenir là où ils auraient reçu le conseil, les explications objectives accentuant la confiance en son pharmacien, ceci entraînant une fidélisation.

Les professionnels sont divisés quant à la place de l'argile à l'officine. D'une part il y a ceux qui pensent que sa place à l'officine est justifiée puisque la dispensation d'argile nécessite l'apport de conseils d'utilisations, des contre indications, interactions médicamenteuses, et précautions d'emploi. D'autre part, il y a les professionnels qui ne voient pas pourquoi l'argile devrait être réservée au monopole pharmaceutique. Aux yeux de ces derniers, l'utilisation de ce produit est banale. Enfin, il y a les professionnels qui pensent que pour certains usages de l'argile, celle-ci devrait être réservée à l'officine.

Dans ce dernier cas, on parle surtout de la voie interne car pour l'usage externe ce n'est pas anormal de trouver l'argile ailleurs qu'en pharmacie.

Certains professionnels ne proposent pas l'argile non pas parce qu'ils ne croient pas en ses propriétés mais parce qu'ils n'y pensent pas. Ceci explique la différence de pourcentage entre les personnes convaincues par les propriétés de l'argile et celles qui la conseillent.

Les professionnels de santé pensant au Smecta® lorsqu'on leur parle d'argile ont coché la smectite comme argile qu'ils conseillent. Le même pourcentage ne sait pas qu'il existe plusieurs types d'argiles, ou du moins la nature de l'argile qu'ils dispensent. Pour d'autres, la montmorillonite et le kaolin sont des roches argileuses. L'argile verte est la plus présente à l'officine, suivie de la blanche qui sont les deux couleurs les plus connues parmi les professionnels interrogés en lien avec la nature des argiles, généralement verte pour la montmorillonite et blanche pour le kaolin. Les professionnels orientent leurs patients vers l'argile surtout pour les soins cutanés (et l'effet de l'argile sur les peaux grasses essentiellement). Elle est beaucoup conseillée pour les troubles de la sphère digestive et un peu moins pour les traumatismes, inflammations articulaires ou douleurs musculaires.

La plupart des professionnels interrogés sont toujours intéressés par un outil de formation. Ceux ne l'étant pas savent qu'ils ne baseront pas leur conseil sur l'argile donc cela leur paraît inutile.

### **3. 2. 2. 2. L'enquête réalisée auprès des consommateurs**

La plus forte part, en terme de type de métier, des personnes ayant répondu à l'enquête ont une profession dans le milieu de la santé. On peut penser que les professionnels de santé sont plus intéressés de par leur pratique par les produits de soins alternatifs naturels.

On peut observer que toutes les tranches d'âges sont présentes. Les 20-25 ans étant plus favorables à avoir un accès internet, permet d'émettre l'hypothèse qu'ils sont les plus nombreux à avoir répondu au questionnaire. Les 51 ans et plus sont en deuxième

position, cela peut justifier que l'argile découle d'une utilisation traditionnelle et ancestrale, retrouvée chez les populations plus âgées. Ce savoir est transmis aux enfants et petits enfants, ceci serait une autre explication de la forte part de consommateurs âgés de 20 à 25 ans.

La plupart des personnes interrogées ne savent pas le type d'argile qu'elles utilisent. Par types d'argiles, elles entendent la couleur. Elles ne sont pas au courant qu'il existe non pas une mais des argiles.

Il est normal que l'argile verte, qui est la plus répandue et la plus facilement retrouvée sur les étagères, soit la plus utilisée. Les argiles blanches, roses ou encore rouges sont généralement retrouvées dans des crèmes ou des masques déjà prêts à l'emploi.

Il n'est pas surprenant de constater que l'argile est surtout utilisée comme masque de beauté. Les vertus thérapeutiques de l'argile s'étant faites oubliées au fil du temps, il est plus normal de voir les consommateurs d'argile connaître ses vertus beauté. La pâte, qu'elle soit utilisée en cataplasme ou masque de beauté, est la forme la plus prisée puisque prête à l'utilisation.

On retrouve essentiellement une utilisation cutanée de l'argile, surtout pour le visage en tant que masque purifiant. Egalement utilisée pour ses propriétés anti-inflammatoire, cicatrisante. Très peu l'utilisent pour les troubles de la sphère digestive. L'utilisation en interne étant beaucoup moins répandue pour l'argile traditionnelle, il est fort à croire que les patients ne sont pas au courant qu'ils prennent des spécialités à base d'argile lorsqu'ils prennent des médicaments comme le Smecta®.

La pharmacie est le lieu de dispensation de l'argile principal selon l'enquête. Le faible échantillon rend ces statistiques difficilement extrapolables à la population des consommateurs d'argile. Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que les personnes viennent en pharmacie pour le conseil personnalisé et des explications sur l'utilisation des produits. La grande distribution est tout de même classée en deuxième position, l'aspect pratique de pouvoir acheter ses produits cosmétiques en faisant ses courses est très présent.

Comme on peut le penser, l'argile est tout de même associée à une utilisation traditionnelle, il n'est donc pas étonnant de voir que nombreux sont ceux qui connaissent l'argile par conseil d'un proche. La mode du bio, du naturel, diffusée par les médias, a remis l'argile, matériau oublié, en avant, expliquant que les personnes lisant ce genre de presse se sont mises à l'utiliser. Des personnes curieuses, passant dans les rayons ont tenté d'essayer l'argile.

Certains l'utilisent pour ses propriétés absorbantes, d'autres pour ses propriétés reminéralisantes ou encore anti-inflammatoires, mais tous sont satisfaits de l'utilisation qu'ils en font. Ceci laisse à penser que l'argile est considérée efficace par les utilisateurs.

Les trois réponses négatives quant à la question « Conseilleriez-vous l'argile? » paraissent étonnantes puisque tous les consommateurs sont satisfaits de son utilisation. Est-ce parce qu'ils ne voient pas à qui la conseiller?

### **3. 3. Utilisation traditionnelle (à l'officine) de l'argile**

Les différentes utilisations citées dans ce chapitre relèvent de l'utilisation traditionnelle de l'argile transmise au fil du temps. Elles n'ont pas été prêtées à des sujets d'études.

D'après Nathalie Cousin, l'argile est un intermédiaire. Ce sont les molécules, ions et complexes qui agiront sur une cible afin de la traiter grâce à leurs propriétés. Au contact de la cible, l'argile est active par des échanges physicochimiques. C'est une interface offrant au corps ce dont il a besoin pour guérir par lui-même. L'argile présente une haute tolérance, l'usage interne doit se faire par cures, tout en respectant des précautions d'emploi. La qualité de l'argile par voie interne est importante. [ N. Cousin, 2013, page 51-52 ]

Marie-France Muller relate que l'argile a un effet purifiant et drainant pour l'organisme qui en consomme. Elle joue un rôle de catalyseur, agissant sur les organes défaillants pour rétablir leurs fonctions, réglant notamment les problèmes de peau. Les oligoéléments

comblent les carences et enrichissent le sang en cas d'anémie. Une augmentation des globules rouges est visible au bout d'un mois vérifié par une NFS (Numération de la Formule Sanguine). Les substances composant l'argile seront fixées et assimilées par l'organisme. L'énergie emmagasinée dans l'argile est restituée à l'organisme, le stimulant, le régénérant, le revitalisant. L'argile capte et stocke l'énergie issue des différents éléments qu'elle transmet à l'organisme à son contact. Elle régule les glandes endocrines en les stimulant ou les apaisant selon les besoins.[ M.-F. Muller, 1998, page 29 ]

### **3. 3. 1. Usage interne**

#### **3. 3. 1. 1. Indications**

Appelée géophagie, la consommation d'argile ne présente pas de réel danger si elle est prise par voie orale. Une administration par voie orale d'argile a une action bénéfique sur la digestion et aide à lutter contre les bactéries pathogènes tout en aidant au développement des bactéries de la flore digestive.

#### **3. 3. 1. 1. 1. Intoxication alimentaire**

Selon des études menées en Côte d'Ivoire, à partir de matériaux argileux (roches prélevées à l'état naturel contenant un mélange de différents matériaux argileux), toutes les argiles testées sont antibactériennes. L'activité antibactérienne quant à elle est dépendante de la nature de l'argile et de celle de la bactérie. Les mécanismes d'action mis en jeu sont caractérisés par la complexité de l'argile. Ceci a déjà été observé par Courvoisier et coll. Les résultats des études relatés dans la revue sont repris ci-dessous :

« Ce présent article vise à évaluer l'activité antibactérienne de quatre argiles (AK1, AK2, UB1 et UB2) de compositions différentes utilisées dans la curation de différentes affections bactériennes digestives en Côte d'Ivoire. Ainsi, des tests de sensibilité microbienne ont été réalisés sur *Escherichia coli* ATCC 25922, sur *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et sur *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853. Les résultats obtenus montrent que UB2 est bactéricide pour *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et *Escherichia Coli* ATCC 25922 et inhibe faiblement la croissance de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. AK1, AK2 et UB1 en revanche promeuvent la croissance d'*Escherichia Coli* ATCC 25922 et de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et inhibent fortement la croissance de *Pseudomonas*

aeruginosa ATCC 27853. Il ressort donc de cette étude que l'activité antibactérienne de ces argiles curatives dépend non seulement de leur composition mais aussi du type de bactérie testée.

Tableau 5. Composition minéralogique (%) des matériaux argileux.

Ech.	Ka	Qz	Verm.	Go	Illite	Mont.	Cal.	Feld	Total
AK1	22,6	41,1	0	0	18,1	6,5	0	0	88,3
AK2	43	26,2	0	12,1	13,4	0	0	0	94,7
UB1	0	30	11	0	31,5	0	18	0	90,5
UB2	0	5,5	0	0	5,6	20,5	0	49	80,6

Mont=montmorillonite, Ka=kaolinite, Qz=quartz, Cal=calcite, Feld=feldspath, Verm=vermiculite, Go=Goethite.

Des essais menés, il ressort que UB2 a une action **bactéricide** sur Escherichia coli ATCC 25922 et sur Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 et ralenti faiblement la croissance de Staphylococcus aureus ATCC 25923. Cette activité de UB2 pourrait s'expliquer par l'effet combiné de la forte teneur en montmorillonite (20,5%) et en arsenic (83,58 ppm) [ N.C. Amin et coll, 2009 ] dans cette argile. En effet, la montmorillonite par son pouvoir absorbant élevé séquestrerait des nutriments tels que le Ca<sup>2+</sup> et le K<sup>+</sup> essentiels à la croissance de la bactérie [ L. B. Williams et coll., 2008 ]. De plus, celle-ci par son caractère hydrophile pourrait induire une diminution de la quantité en eau du milieu qui est défavorable au développement des bactéries. [ M. I. Carretero et coll., 2010 ] [ J. Choy et coll., 2007 ] [ M. I. Carretero, 2002 ] [ A. Shehab Lafi et coll., 2011 ] [ S. E. Haydel et coll, 2008 ].

En ce qui concerne la quantité d'arsenic, elle apparait élevée dans UB2 ce qui serait toxique pour les microorganismes [ C. Ferret, 2012 ] [ S. Habi, 2010 ] [ US Pharmacopoeia, 2006 ] [ European Pharmacopoeia, 2002 ] [ K. E. Giller et coll., 1998 ]. Le faible effet inhibiteur de UB2 sur la croissance de Staphylococcus aureus ATCC 25923 pourrait être dû au fait que seule cette bactérie est à gram positif. En effet, la paroi des bactéries à gram positif est plus épaisse que celle des bactéries à gram négatif, ce qui laisse supposer qu'elle est plus difficilement altérable par l'argile. En présence de AK1,



AK2 et UB1, les essais montrent un ralentissement prononcé de la croissance de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et une stimulation de la croissance de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et d'*Escherichia coli* ATCC 25922. Sur *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, la forte inhibition de croissance constatée proviendrait de la présence d'illite, de montmorillonite et de kaolinite. En effet, l'action combinée de ces minéraux pourrait induire une diminution de la quantité en eau du milieu, défavorable au développement de la bactérie [ M. I. Carretero, 2009 ] [ M. I. Carretero, 2002 ]. De plus, la teneur élevée en fer dans ces échantillons (8,47% dans AK1, 10,85 % dans AK2, 5,41 % dans UB1) [ L. P. M-S Kouakou et coll., 2012 ] [ N.C. Amin et coll, 2009 ] pourrait induire la production de radicaux hydroxyles [ L. B. Williams et coll., 2008 ] par la réaction de fenton ce qui altérerait les cellules bactériennes [ L. B. Williams et coll., 2008 ] [ S. E. Haydel et coll, 2008 ] [ S. Maa et coll., 2006 ] [ C. A. Cohn et coll., 2006 ] [ M. A. Kohanski et coll., 2007 ] [ H. J. H. Fenton, 1894].

Notons dans UB1, la présence de calcite qui pourrait entraîner une **élévation du pH** du milieu de vie de la bactérie et par conséquent inhiber l'activité enzymatique de celle-ci [ C. Estrela et coll., 1995 ]. La croissance améliorée d'*Escherichia coli* ATCC 25922 et de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 constatée en présence de AK1, AK2 et UB1 serait due à la présence de la kaolinite, de la montmorillonite et de l'illite dans ces argiles. En effet, ces minéraux dans certaines conditions pourraient **favoriser l'assimilation d'acétate** dont l'énergie de dégradation favorise la croissance bactérienne. » [ L. P. M.-S. Kouakou et coll., 2014 ]

Ses propriétés antibactériennes, anti-inflammatoires, cicatrisantes et son pouvoir couvrant font de l'argile un pansement protecteur idéal pour les muqueuses du tube digestif. [ P. Chavanne, 2011, page 25 ] [ N. Cousin, 2013, page 23 ]

Les argiles attapulgites, particulièrement absorbantes, sont retrouvées en officine comme pansements digestifs pour traiter le reflux gastrique, la diarrhée, soulager les irritations des muqueuses... [ F. Villieras, 2008, page 30 ]

L'association de l'argile à de l'huile de paraffine provoque son durcissement et donc un potentiel risque de bouchon. Une attente d'un minimum de 15 jours est préférable entre une cure d'huile de paraffine et une cure d'argile. [ M.-F. Muller, 1998, page 29 ]

### **3. 3. 1. 1. 2. Reminéralisant**

L'argile peut être consommée comme eau d'argile ou comme eau argileuse (se reporter au chapitre 2. 1. 2. 5. Eau d'argile et au chapitre 2. 1. 2. 6. Eau argileuse). De part sa composition riche en oligoéléments (se reporter au chapitre 1. 2. 2. Structure), l'argile par prise orale a de nombreux effets sur l'organisme. L'argile est mise en suspension dans l'eau la veille afin de libérer ses substances actives. Chez l'adulte la prise d'argile se fait en cures, 1 cuillerée à café dans un verre d'eau, à boire le matin à jeun pendant 3 semaines. Cette prise se fait éloignée des repas, une demi heure avant ou deux heures après les repas. Une pause d'au moins une semaine est nécessaire entre deux cures. L'eau utilisée doit être faiblement minéralisée afin qu'elle n'altère pas les propriétés de l'argile. L'eau du robinet est déconseillée puisqu'elle contient du chlore (ajouté pour son pouvoir conservateur). [ N. Cousin, 2013, page 38-40 ] Il est préférable de commencer une cure d'eau argileuse par de l'eau d'argile pour ensuite passer au bout de quelques jour à l'eau argileuse. Ce passage préalable par de l'eau d'argile permet à l'organisme de s'habituer au traitement et évite de surcroit une potentielle constipation.

La richesse en oligoéléments fait de l'argile un formidable reminéralisant. Les différents minéraux présents (se reporter au chapitre 1. 2. 2. Structure) ont des propriétés spécifiques. Ils sont d'une part indispensables aux réactions enzymatiques de l'organisme en tant que co-facteurs. D'autre part, ils ont un rôle dans l'équilibre acido-basique de l'organisme. L'apport de substances basiques aura un effet tampon sur les acides apparus par le stress, apportés par les aliments raffinés, la cigarette, la pollution ou certains médicaments.

La silice qui est à la base de la structure de l'argile est aussi un des composants de base de l'architecture du corps humain. Au fil des années le taux de silice de l'organisme diminue, participant au vieillissement, un apport alimentaire est indispensable. Les sources alimentaires de silice sont : les céréales et le pain complet, les légumineuses (petits pois, haricots secs, pois secs,...), certains fruits (pommes, coings, fraises,...), Les

fruits secs (amandes, noix, pistaches,...), les légumes (laitues, persil, navets, concombres, épinards, choux-fleur,...), l'oignon, l'ail et l'échalote. [ A. Lelief-Delcourt, 2011, page 18 ] Un apport de silice par l'argile (également retrouvée dans des plantes telles que la prêle, le bambou ou l'ortie) en tant que complément alimentaire permettrait à l'organisme de refaire ses réserves.

### **3. 3. 1. 1. 3. Autres indications**

Les autres minéraux de l'argile ont différents rôles. Le calcium aide à la coagulation [ A. Giancarelli et coll., 2016 ], la dégénérescence du tissu osseux. Le chrome va agir sur l'artériosclérose, le diabète, le cholestérol par son rôle sur la métabolisation des graisses et sucres. [ R. Iskra, V.G. Ianovych, 2011 ] Le cuivre va stimuler l'immunité et avoir un effet anti-inflammatoire. [ T. C. Pereira, M.M. Campos, M.R. Bogo, 2016 ] Le germanium apparait comme neutraliseur des radicaux libres, anti-hypertenseur, normalise l'homéostasie, stimule l'immunité. [ T. Nakamura, T. Takeda, Y. Tokuji, 2014 ]

### **3. 3. 1. 2. Contres-indications**

La prise d'argile par voie orale n'a pas de contre-indication, elle est néanmoins déconseillée en cas d'antécédents de constipation ou de prises médicamenteuses.

### **3. 3. 1. 3. Précautions d'emploi**

Les argiles peuvent avoir tendance à constiper certaines personnes déjà sensibles à ces problèmes. L'administration d'argile per os doit se faire à deux heures de distance des médicaments et de l'alimentation avec une eau faiblement minéralisée afin de ne pas altérer les propriétés de l'argile.

### **3. 3. 1. 4. Interactions médicamenteuses**

Leurs propriétés absorbante et adsorbante rendent leur administration incompatible avec une prise médicamenteuse. Les feuillets fixent les principes actifs, empêchant leur absorption digestive.

## 3. 3. 2. Usage externe

### 3. 3. 2. 1. Indications

Tout comme une cure d'eau argileuse, il est préférable de commencer un traitement par cataplasme par l'application de compresses argileuses puis réaliser un cataplasme fin et augmenter peu à peu l'épaisseur. Une eau argileuse peut être utilisée en usage externe comme lavement ou douche anale ou vaginale en cas de colite, vers intestinaux, mycose vaginale, vaginite, cervicite, métrite. L'argile en poudre peut-être saupoudrée sur les blessures pour un effet désinfectant, barrière, réparateur tissulaire. Elle peut être appliquée sur l'eczéma ou le psoriasis... [ M.-F. Muller, 1998, page 29 ]

#### 3. 3. 2. 1. 1. En cataplasme

Le cataplasme d'argile va, en recouvrant une plaie, avoir un effet filmogène. La détersion à l'argile lui permet d'éviter l'hémorragie. [ P. Andrianne, 2003, page 218 ]

Les échanges entre l'argile et la plaie vont favoriser la régénération cellulaire et donc accélérer la cicatrisation et diminuer le risque d'apparition d'une cicatrice.

Le pouvoir antibactérien réside d'une part dans la capacité de l'argile à adsorber des micro-organismes et des toxines pour ensuite les éliminer au moment du retrait du cataplasme. Elle protège les tissus vivants de la plaie tout en fixant les tissus morts pour les éliminer contrairement aux antiseptiques de synthèse. D'autre part l'effet barrière va bloquer le passage de l'oxygène entre la plaie et le milieu extérieur rendant la plaie imperméable, bloquant donc le processus d'aérobie, empêchant le développement bactérien. L'illite absorbe les substances toxiques (enzymes sécrétées par les micro-organismes, protéines et autres métabolites libérés par les plantes,...), assainissant la plaie. L'effet détersif des cataplasmes permet de retirer les substances nocives grâce à la propriété colloïdale de l'argile (se reporter au chapitre 1. 3. 4. Colloïdale).

La structure en feuillets de l'argile va entraîner une diffusion prolongée à travers le cataplasme, par libération lente, des substances actives fixées sur les feuillets. L'argile libère directement les substances actives sur le site cible où elles doivent agir. Elle peut être associée à d'autres substances naturelles telles que les huiles essentielles pour

stimuler ses propriétés (huile essentielle de « tea tree » pour un effet antibiotique, huile essentielle de carotte pour accélérer le processus de cicatrisation,...). Les huiles essentielles sont ajoutées au cataplasme lors de sa préparation.

Au cours et après un traitement par rayons ionisants, la capacité de l'argile sous forme de cataplasmes à capter la radioactivité résiduelle suite aux rayons permet un échappement aux brûlures cutanées. [ R. Dextrait, 1957, page 11 ]

L'illite possède un effet anti-inflammatoire particulièrement adapté pour réduire les œdèmes ainsi que les inflammations articulaires. L'argile capte l'énergie thermique et la conserve pour la restituer ensuite très lentement puisque mauvaise conductrice thermique. En tant que cataplasme chaud, cette capacité est particulièrement intéressante comme antalgique pour traiter les douleurs comme les douleurs ostéoarticulaires, les foulures ou encore les entorses et pour soulager la congestion hépatique par application du cataplasme sur la peau au niveau du foie. [ N. Cousin, 2013, page 2 ]

### **3. 3. 2. 1. 2. En masque**

L'argile est adoucissante, hydratante ou déshydratante selon son mode d'utilisation. Selon la nature de l'argile on l'utilisera pour ses propriétés sur la peau ou le cheveu, comme soin. [ F. Villieras, 2008 page 55 ]

La montmorillonite verte est particulièrement appréciée en masque comme capteur de toxines et absorbeur de sébum pour les peaux grasses. Elle draine la peau des toxines, sécrétions ou substances à son contact et redonne au teint terne de la luminosité. [ N. Cousin, 2013, page 30 ]

Ayant un fort pouvoir reminéralisant et également hydratante, l'argile verte illite est indiquée pour les peaux fatiguées, ternes ou irritées. Elle a une action purifiante et adoucissante. [ P. Chavanne, 2011, page 24 ]

Le kaolin, argile blanche, est utilisée en masque ou en poudre chez les personnes ayant la peau sèche et fragile. Utilisé en gommage doux, il va décongestionner les pores. Il est également indiqué pour la peau sensible des bébés ainsi que les peaux matures. Ses

propriétés couvrante, neutre et douce sont idéales pour le cuir chevelu abimé, sec et cassant. [ N. Cousin, 2013, page 31 ]

L'argile jaune de type illite, présentant une richesse en oxydes de fer et magnésie, particulièrement apaisante, est à appliquer sur peau et cheveux normaux. [ A. Lelief-Delcourt, 2011, page 24-25 ]

L'illite rouge, également riche en oxyde de fer, s'applique sur les peaux réactives, fatiguées, ternes, irritées et sensibles. [ A. Lelief-Delcourt, 2011, page 24-25 ]

Celle de couleur rose convient aux peaux délicates, ayant une tendance aux rougeurs. Elle va tonifier les peaux sensibles et fragiles, facilement agressées par la pollution ou les produits non adaptés. [ A. Lelief-Delcourt, 2011, page 24-25 ]

L'argile de couleur bleue possède des propriétés oxygénantes, elle peut être appliquée sur les peaux à problèmes. [ A. Lelief-Delcourt, 2011, page 24-25 ]

En masque capillaire, le rassoul dégraisse et régule la sécrétion de sébum du cheveu gras. Il élimine les pellicules et assainit le cuir chevelu. Il aide au démêlage et crée du volume pour le cheveux fin. [ A. Lelief-Delcourt, 2011, page 27 ]

### **3. 3. 2. 1. 3. En tant que nettoyant**

Pour la peau, le rassoul offre un nettoyage en douceur contrairement aux gels douches contenant des agents tensioactifs, trop décapants. Son fort pouvoir absorbant nettoie en profondeur. La structure de son grain d'un point de vu microscopique, les rebords nets des particules ont un effet gommant sur la peau. Cette roche argileuse est communément retrouvée dans les hammams, pour l'hygiène et le soin corporel traditionnel. Elle est particulièrement appréciée par les peaux mixtes à grasses et acnéiques pour son effet purifiant.

En tant que shampoing, le rassoul convient à tout type de cheveux et particulièrement aux cheveux gras qu'il dégraisse efficacement. Il régule la production de sébum et aide à éliminer les pellicules. Démêlant efficace, il offre un volume, idéal pour les cheveux fins.

Les Illites et les kaolinites en association aux produits nettoyants (savons, shampoing, dentifrice,...) doivent être utilisées sous forme humide afin de ne pas dessécher la zone à nettoyer. Une forme sèche ajoutée au produit nettoyant, adsorberait l'eau de la peau comme une éponge et provoquerait une déshydratation (se reporter au chapitre 1. 3. 1. Absorbante et Adsorbante). [ R. Dextrait, 1957, page 31 ]

### **3. 3. 2. 1. 4. Dans le bain**

La poudre d'argile peut être ajoutée à l'eau du bain pour faire profiter le corps en son entier de ses vertus apaisantes, relaxantes et décontractantes. Ses propriétés radioactives (se reporter au chapitre 1. 3. 3. Autres propriétés : Acide, Oxydo-réductrice, Photovoltaïque, Radio-active) vont réguler le taux de radiation du corps. Elle captera les radiations si le corps en émet en excès, et en fournira si celui-ci est en carences. L'argile joue également un rôle sur les zones touchées par un rayonnement ionisant. Elle calme la brûlure et aide à sa cicatrisation en fournissant aux cellules les éléments nécessaires à leur réparation. [ P. Chavanne, 2011, page 32 ]

### **3. 3. 2. 2. Contres-indications**

L'application d'argile sur la peau n'a pas de contre-indication.

### **3. 3. 2. 3. Précautions d'emploi**

En masque, l'argile appliquée ne doit pas sécher. L'argile, en séchant, absorbe l'eau et risque de déshydrater la peau à son contact. Pour l'application de cataplasmes, commencer par une fine couche puis appliquer petit à petit une couche de plus en plus épaisse jusqu'à atteindre 2cm d'épaisseur. Procéder par étapes dans l'application de l'argile permet à l'organisme de s'habituer à cette thérapie et ne pas provoquer de réaction de l'organisme. Ne jamais arrêter un traitement à base d'argile avant la fin, soit la guérison complète.

### **3. 3. 2. 4. Interactions médicamenteuses**

Tout traitement local ne doit pas être mis en contact avec l'argile. Les principes actifs peuvent être absorbés ou adsorbés par l'argile, empêchant leur action pharmacologique.

## **3. 4. Proposition d'une fiche d'aide au conseil de l'argile à l'officine, Méthodologie de construction de l'outil**

### **3. 4. 1. L'idée**

#### **3. 4. 1. 1. Pourquoi ?**

À l'officine, l'argile reste discrète. Elle est peu utilisée telle quelle pour soigner. Surtout retrouvée en usage cosmétique, l'argile, produit naturel et non toxique, peut être utilisé en usage interne et externe en thérapeutique pour ses nombreuses propriétés.

Le personnel officinal n'est pas formé, ou très peu, aux alternatives thérapeutiques naturelles. Une fiche conseil leur apprenant les différences au niveau des types, couleurs d'argiles ; leurs propriétés ; leurs indications et comment les utiliser pourrait présenter un intérêt pour offrir toujours un conseil plus adapté et complet au patient. Cela leur permettrait de proposer au comptoir une alternative à certaines thérapeutiques.

#### **3. 4. 1. 2. Pour qui ?**

Cette fiche s'adresserait aux pharmaciens, préparateurs, étudiants et conseillers en parapharmacie désirant en apprendre sur l'argile, ses utilisations et savoir comment la conseiller.



### **3. 4. 1. 3. Quel support ?**

Un support papier de format A2 est facilement affichable sur le mur dans le back office, aux yeux de tous. Les dimensions de ce support offrent à la fois une visibilité d'ensemble et la possibilité de lire des informations en détails rapidement.

Des fiches conseil cartonnées peuvent être proposées au cours d'un conseil suivi d'une vente pour une utilisation précise de l'argile nécessitant un protocole.

### **3. 4. 1. 4. Quelles ressources ? Quels freins ?**

Les quelques études sur les propriétés de l'argile ainsi que son utilisation depuis des siècles pour de nombreuses pathologies avant de tomber dans l'oubli par les lobbys pharmaceutiques sont des ressources riches, ayant fait leurs preuves.

Les freins sont les idées reçues sur l'argile et les thérapeutiques dites « naturelles », le peu d'études prouvant l'efficacité de l'argile et donc le faible appui scientifique du professionnel de santé faisant son conseil.

## **3. 4. 2. Le projet**

### **3. 4. 2. 1. Analyser la situation**

Sur 63 réponses à la question sur l'intérêt de fiches conseil dédiées aux professionnels, seuls 11 d'entre eux ont décliné. Parmi les professionnels de santé, 52 sont intéressés par des fiches, justifiant qu'une formation est toujours bonne à prendre.

### **3. 4. 2. 2. Analyser les pertinences**

La proposition de fiches a donc tout son sens dans le cas où une majorité est intéressée. Néanmoins ces fiches se doivent d'être informatives et donc d'apporter une valeur ajoutée aux professionnels de santé d'après les commentaires en répondant à l'enquête.

### **3. 4. 2. 3. Formuler les objectifs**

#### **3. 4. 2. 3. 1. Fiche d'aide au conseil**

Les objectifs peuvent être formulés selon des questions que se posent les employés d'officine au comptoir :

-pour qui? (contres indications, patient réceptif à la thérapeutique)

-pour quoi? (Quel type de demande)

-quelle forme?

-quel protocole d'administration? (Comment appliquer, quelle durée, quelle fréquence)

#### **3. 4. 2. 3. 2. Fiches explicatives d'utilisation**

Ces fiches se doivent de répertorier le protocole d'utilisation de l'argile en tant que masque, que cataplasme. Soit comment utiliser l'argile pour réaliser un masque ; comment utiliser l'argile pour réaliser un cataplasme.

#### **3. 4. 2. 3. 3. Fiche récapitulative des argiles les plus communes retrouvées à la vente**

Cette fiche recense les grandes propriétés des principales argiles et les usages qui en découlent. Elle se destine aux employés des pharmacies afin qu'ils mémorisent rapidement les propriétés des argiles et leurs utilisations. Ceci permet de justifier et d'appuyer le conseil.

### **3. 4. 3. Le prototype**

#### **3. 4. 3. 1. Construction du contenu**

##### **3. 4. 3. 1. 1. Fiche d'aide au conseil**

Le contenu est construit autour de 6 items. Le cheminement de la fiche pour obtenir l'intégralité du conseil se fait de 1 à 6. Ce concept est ludique et donne des réponses rapidement.

Le premier point « pour qui? » cite les contres-indications à la prise d'argile.

Le second « pour quoi? » référence les besoins des patients pouvant s'apparenter à l'utilisation de l'argile pour les traiter.

Le troisième item, « quelle forme? », propose les formes à utiliser selon les besoins.

Le quatrième point, « quelle argile? », conseille le type d'argile à utiliser selon l'indication.

Le cinquième point, « posologie », explique le mode d'utilisation de la forme ainsi que les fréquences et durées de prises.

Le sixième et dernier item, « pourquoi? » référence rapidement les propriétés de l'argile afin de relier son utilisation à ses propriétés.

##### **3. 4. 3. 1. 2. Fiches explicatives d'utilisation**

Le contenu des fiches répertorie le protocole de réalisation d'un masque, d'un cataplasme à l'argile à partir de poudre d'argile. Des images sont jointes à chaque étape pour rendre ludique la lecture du protocole. Les explications sont simplifiées et réduites afin de ne pas surcharger la fiche et risquer de perdre l'attention du lecteur. Le but des fiches est d'obtenir une explication simple et rapide. Les fiches sont articulées autour de 8 points, dont le premier est placé en haut à gauche. Un conseil indispensable est visible en bas de page.

### **3. 4. 3. 1. 3. Fiches récapitulative des argiles les plus communes retrouvées à la vente**

Cette fiche cite, sans développer, les propriétés et usages des argiles retrouvées à l'officine. Elle est concise afin que la personne la lisant, s'approprie rapidement les informations inscrites.

### **3. 4. 3. 2. Conception de la forme**

Les fiches réalisées sur powerpoint, logiciel de traitement d'image. Ce logiciel permet de travailler dans le détail. Les fiches contenant beaucoup d'informations avec un cheminement d'idées, le logiciel permet un travail propre et offre une clarté au travail.

# Comment faire un conseil sur l'argile?

## VOIE INTERNE

## VOIE EXTERNE

### 1 Pour Qui?

**Eviter chez la femme enceinte, si antécédent de constipation, précaution d'emploi si prises médicamenteuses**

**Selon les indications de l'argile**

### 2 Pour Quoi?

1. Reminéralisant
2. Stimulant, Drainant
3. Infection
4. Fracture osseuse
5. Troubles digestifs

6. Plaie (pansement)
7. Plaie (cicatrisant)
8. Douleur, Inflammation
9. Protecteur de radiations
10. Peau sèche, fragile / cheveu sec, cassant
11. Purifiant, Reminéralisant, Hydratant, Adoucissant
12. Apaisant
13. Peau irritée, fatiguée, mature / Rougeurs
14. Peau, cheveu normaux
15. Peau, cheveu mixte à gras / Acné / Gommage doux / Démêlant / Antipelliculaire / Volume capillaire

### 3 Quelle forme?

1. Eau d'argile (=lait d'argile) / Eau argileuse
2. Eau d'argile (=lait d'argile) / Eau argileuse
3. Eau d'argile (=lait d'argile) / Eau argileuse
4. Eau d'argile (=lait d'argile) / Eau argileuse
5. Diosmectite

6. Cataplasme
7. Cataplasme
8. Cataplasme
9. Cataplasme
10. Masque +/- Nettoyant
11. Masque +/- Nettoyant
12. Masque +/- Nettoyant
13. Masque +/- Nettoyant
14. Masque +/- Nettoyant
15. Masque +/- Nettoyant

### 4 Quelle argile?

1. Illite verte
2. Illite verte / Monmorillonite verte
3. Eau d'argile (=lait d'argile) / Eau argileuse
4. Eau d'argile (=lait d'argile) / Eau argileuse
5. Diosmectite

6. Monmorillonite verte
7. Illite verte
8. Illite verte
9. Monmorillonite verte
10. Kaolinite blanche
11. Illite verte
12. Illite jaune
13. Illite rouge
14. Illite jaune
15. Rassoul

## 5 Protocole d'administration

**Eau d'argile :** 1 c. à c. dans un verre d'eau (1/2 c. chez l'enfant) remuer puis laisser décanter, préparer la veille de la prise.

**Eau argileuse :** eau d'argile + argile au fond du verre (remuer avant de boire).

**Comprimés / gélules :** forme sèche, la prise nécessite une grande quantité d'eau.

**Prise 1x/j à 2H d'écart des aliments et médicaments.**

Une cure ne doit pas dépasser 3 semaines avec une pause d'au moins 1 semaine entre 2 cures. Pour une cure d'eau argileuse, commencer progressivement avec de l'eau d'argile.

### Cataplasme :

- Froid sur une zone chaude (arthrose, inflammation,...)
- Chaud sur une zone froide (fracture,...)
- Lorsque le cataplasme froid est devenu chaud (et inversement) il faut le changer
- Ne pas appliquer des cataplasmes sur plus d'un organe vital à la fois (foie, reins,...)
- Commencer progressivement par une compresse imbibée puis passer aux cataplasmes de plus en plus épais jusqu'à atteindre 2cm.

**Nettoyant :** additionné au gel douche ou shampooing, l'argile doit être humidifiée au préalable mais déconseillé, utiliser tel quel en mélangeant 2 c. à s. d'argile avec de l'eau chaude.

**Masque :** appliquer sur peau sèche pendant 15 à 20 mn en couche épaisse, éviter de laisser sécher (humidifier avec un brumisateur dans ce cas), rincer à l'eau claire

Le chlore présent d'eau l'eau du robinet altère les propriétés de l'argile

Laisser sécher le masque déshydrate la peau.

## 6 Pourquoi?

La structure cristalline en feuillets de l'argile lui offre des propriétés absorbante et adsorbante vis-à-vis des micro-organismes, toxines, sebum, peaux mortes. Ces feuillets auront un effet gommant doux. La richesse minérale et en oligoéléments de la structure de l'argile (ceux-ci diffèrent selon le type d'argile) offre des propriétés cicatrisantes, anti-inflammatoire, reminéralisante.

Image 11. Fiche protocole explicative sur la réalisation d'un masque.

## Fiche conseil comment réaliser un masque à l'argile



Bien choisir ses ustensiles  
(Du verre et du bois pour  
ne pas altérer les proprié-  
tés de l'argile)



Mettre 2 cuillères a soupe  
d'argile dans un bol en  
verre ou en céramique



Ajouter de l'eau de  
source en bouteille



Mélanger à l'aide d'une  
spatule en bois pour  
obtenir une pâte  
homogène



Se laver préalablement  
le visage



Appliquer une couche  
épaisse (environ 1cm  
d'épaisseur)



Laisser poser  
20 minutes



Rincer

*Conseil ne laissez pas  
l'argile sécher ou  
vous risquerez de  
déshydrater votre  
peau*



## Fiche conseil comment réaliser un cataplasme à l'argile



Bien choisir ses ustensiles  
(Du verre et du bois pour  
ne pas altérer les proprié-  
tés de l'argile)



Mettre 2 cuillères a soupe  
d'argile dans un bol en  
verre ou en céramique



Ajouter de l'eau de  
source en bouteille



Mélanger à l'aide d'une  
spatule en bois pour  
obtenir une pâte  
homogène



Commencer par appliquer  
une couche fine



Laisser poser  
20 minutes









Rincer



Renouveler l'opération  
toutes les heures en  
appliquant une couche  
de plus en plus épaisse  
jusqu'à atteindre 2cm  
d'épaisseur

*Ne jamais arrêter un  
traitement à l'argile  
avant guérison  
complète, espacer les  
chargements de  
cataplasmes à 3/j puis  
une fois par jour*



Argiles retrouvées à la vente		
Purifiant	 Rhassoul	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Shampooing</li> <li>- Nettoyant</li> </ul>
Cicatrisant et reminéralisant	 Montmorillonite verte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cataplasme sur les cicatrices</li> <li>- Per os après dispersée dans l'eau</li> </ul>
Anti inflammatoire antalgique. Très bon absorbant antibactérien	 Illite Verte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cataplasme</li> <li>- Articulaire/Musculaire</li> <li>- Pensement sur des plaies</li> </ul>
Chimiquement inerte Hydratant	 Blanche	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masque sur les peaux sèches</li> </ul>
Réparatrice	 Rose	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masque sur les peaux fragiles</li> </ul>
Apaisante	 Rouge	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masque sur les peaux réactives</li> </ul>
Propriétés	➤ Usages	

## 3. 5. Discussion

### 3. 5. 1. L'enquête

#### 3. 5. 1. 1. Pertinence

Lors de la réalisation de l'enquête auprès des professionnels de santé, la plupart n'étaient pas très réceptifs au questionnaire, ayant des difficultés à répondre puisque : ils ne s'y connaissaient pas réellement dans ce domaine, ils n'avaient pas franchement d'avis, ils étaient perplexes pour la plupart quand à la nature du sujet, l'argile, produit peu conseillé au quotidien et donc peu connu ou méconnu.

A la question « La place de l'argile à l'officine par rapport aux autres commerces est-elle justifiée ? » il aurait été intéressant de demander au professionnel de santé s'il trouvait normal de trouver des huiles essentielles ou du charbon dans d'autres types de commerces (tout comme l'argile) pour apprécier leurs réponses.

Pour l'enquête consommateurs, il aurait été intéressant d'ajouter la question « pour quelle raison ? » suite à celle « où achetez vous l'argile ? ». Le lieu étant en majorité la pharmacie, est-ce suite à un conseil du professionnel de santé ou par habitude ou pour un aspect pratique ou économique ? La réponse aurait été intéressante à traiter pour en conclure qu'un conseil apporte une valeur ajoutée à la vente et peut donc les booster. L'intérêt que porte le professionnel de santé au patient/client et l'orientation sur le choix du produit en fonction de ses besoins en font sa valeur ajoutée.

#### 3. 5. 1. 2. Limites

Les limites viennent surtout des populations interrogées. L'enquête se limite à 63 professionnels et en ce qui concerne l'enquête consommateurs 65 réponses. Ces nombres sont suffisants pour une étude mais ne peuvent pas être qualifiés représentatifs des deux populations françaises, les résultats ont été extrapolés par manque de ressources de diffusion, de temps. Le mode de diffusion de l'enquête consommateur limite la moyenne d'âge aux personnes ayant un ordinateur et un accès à internet. Les plus âgées sont donc naturellement diminuées puisque ceci n'est pas de leur génération.

## **3. 5. 2. La proposition de l'outil**

### **3. 5. 2. 1. Pertinence**

Les fiches sont-elles réellement informatives et claires? Pour répondre à cela il faudrait réaliser une évaluation de l'outil.

### **3. 5. 2. 2. Limites**

Les limites du projet se réduisent à l'intérêt que peut porter l'officine à l'argile. Tout d'abord si le titulaire accepte, il faut que les employés présents au comptoir suscitent l'envie de se former sur l'argile puisque ce seront eux qui feront le conseil. Elle se reflète également par la clientèle, l'officine sait si sa clientèle peut être interpellée, intéressée, à l'écoute, observante pour ce type de thérapeutique.

## **3. 5. 3. Du projet à la mise en place des outils**

### **3. 5. 3. 1. Comment évaluer?**

Le projet de mise en place d'outils d'aide au conseil de l'argile à l'officine peut être réalisé sur une cohorte de pharmacies test. La population de pharmacies peut être sélectionnée sur un département comme le Maine et Loire. Les pharmacies intéressées par le projet acceptent la proposition et l'évaluation de l'efficacité des fiches peut être mesurée sur les ventes de produits sélectionnés à base d'argile sur un an. Ces ventes seront ensuite comparées à celles des années précédentes si les produits étaient déjà en stock dans la pharmacie. Si les produits ont été intégrés au stock de la pharmacie après le début de l'étude, l'état des ventes peut être comparé mois par mois. Les statistiques de ventes par employé peuvent être évaluées dans le but de comparer l'intérêt des membres du personnel au projet et la répercussion sur les ventes.

### **3. 5. 3. 2. Par qui évaluer?**

L'évaluation peut être faite par un étudiant en pharmacie dans le cadre d'une thèse développant une formation sur l'argile et son conseil à l'officine.

# CONCLUSION

L'argile est liée à la vie. Elle a toujours fait parti du quotidien. Potentielle source de vie, abri, outil, thérapie, l'argile est une ressource riche et bon marché.

A l'officine, le patient est au centre de la démarche du praticien. Le conseil avec l'argile peut être ce qu'il recherche et ce qui lui faut. La prise en charge, le conseil ainsi que le suivi étant le cœur du métier officinal, seule une formation permet de proposer au patient ce qui lui sera optimal, créant un lien et donc une confiance avec le professionnel de santé.

L'argile n'a pas seulement, en santé, des vertus beauté et bien être.

Elle représente surtout une alternative aux thérapeutiques classiques dans les domaines du soin des plaies, qu'elles soient digestives ou cutanées, la cicatrisation, l'antalgie, l'inflammation, le renforcement de l'organisme, du système osseux, la croissance, le renouvellement cellulaire. Ses nombreuses propriétés interagissent avec l'organisme à de nombreux niveaux.

Elle pourrait enfin, devenir une solution galénique pour demain à haute valeur ajoutée. En effet un vecteur de médicaments « vert » qui ferait oublier les nombreuses toxicités induites par les transporteurs de principes actifs actuels. Ces « nanotubes » d'argile pourraient ainsi transporter la molécule active jusqu'aux cellules cibles sans altérer l'intégrité des cellules des tissus sains. Les thérapies de demain deviendront-elles sans dangers?

# ANNEXES

## Annexe 1. Produits à base d'argile vendus à l'officine

	Argiletz	Cattier	Laino
Argile verte	X	X	X
Argile blanche	X	X	X
Argile rose	X	X	X
Argile rouge	X		
Argile jaune	X	X	
Rhassoul	X		
Poudre	X	X	X
Pâte	X	X	X
Masque	X	X	X
Cataplasme	X		
Gel nettoyant		X	
Savon	X	X	
Shampooing	X	X	
Dentifrice	X	X	
Gommage	X	X	
Crème mains	X	X	
Stick lèvres	X		
Bandes	X		

## Annexe 2. Questionnaires googleform.

Enquête sur l'argile à l'officine destinée aux professionnels

11/12/2015 10:32

### Enquête sur l'argile à l'officine destinée aux professionnels

Dans le cadre de ma thèse sur l'argile et son utilisation à l'officine, je réalise une étude basée sur un questionnaire destiné aux différents postes officinaux. Cette étude a pour objectif la mise en évidence de la place de l'argile dans le conseil officinal et parapharmaceutique.

**1. Quel est votre poste?**

*Mark only one oval.*

- ☐ Pharmacien titulaire
- ☐ Pharmacien assistant
- ☐ Etudiant en pharmacie
- ☐ Préparateur
- ☐ Conseiller parapharmacie
- ☐ Représentant d'un laboratoire
- ☐ Other: .....

**2. Quelle est votre tranche d'âge?**

*Mark only one oval.*

- ☐ 20-25 ans
- ☐ 26-35 ans
- ☐ 36-50 ans
- ☐ 51 ans et plus

**3. Avez-vous suivi une formation sur l'argile?**

*Mark only one oval.*

- ☐ Oui
- ☐ Non

**4. Si oui, par un laboratoire ou un organisme indépendant? (Précisez lequel)**

.....

**5. Que pensez-vous de la place de l'argile dans le milieu officinal?**

(Son rôle par rapport à d'autres alternatives.)

*Mark only one oval per row.*

	moins efficace	aussi efficace	plus efficace
thérapeutique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
complément alimentaire	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
dispositif médical	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
cosmétique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**6. La place de l'argile à l'officine par rapport aux autres commerces est-elle justifiée ?**

(pensez-vous que l'argile devrait être réservé à l'officine ou non?)

.....

.....

.....

.....

.....

**7. Etes-vous personnellement convaincu des propriétés de l'argile?***Mark only one oval.*

- ☐ Oui
- ☐ Non

**8. Conseillez-vous l'argile?***Mark only one oval.*

- ☐ Oui
- ☐ Non

**9. Si oui, quel(s) type(s)?***Tick all that apply.*

- ☐ Montmorillonite
- ☐ Smectite
- ☐ Kaolin
- ☐ Illite
- ☐ Ne sais pas
- ☐ Other: .....

**10. Si oui, quelle(s) couleur(s)?***Tick all that apply.*

- ☐ Verte
- ☐ Blanche
- ☐ Rose
- ☐ Rouge
- ☐ Jaune
- ☐ Other: .....

**11. Si oui, pour quelle(s) utilisation(s)?**

.....

.....

.....

.....

.....

**12. Seriez-vous intéressé par la mise à disposition pour le personnel de l'officine d'une fiche conseil sur les différentes propriétés de l'argile et sur ses utilisations possibles?***Mark only one oval.*

- ☐ Oui
- ☐ Non

Powered by  
 Google Forms



## Enquête consommateurs sur l'utilisation de l'argile

Dans le cadre de ma thèse sur l'argile et son utilisation à l'officine, je réalise une étude basée sur un questionnaire destiné aux consommateurs. Cette étude a pour objectif la mise en évidence des différentes utilisations de l'argile.

### 1. Quel est votre métier?

.....

### 2. Quelle est votre tranche d'âge?

*Mark only one oval.*

- ☐ 20-25 ans  
☐ 26-35 ans  
☐ 36-50 ans et plus  
☐ 51 ans et plus

### 3. Quelle(s) type(s) d'argile(s) utilisez-vous ?

*Tick all that apply.*

- ☐ Montmorillonite  
☐ Smectite  
☐ Kaolin  
☐ Illite  
☐ Ne sais pas  
☐ Other: .....

### 4. Quel(s) couleur(s) d'argile(s) utilisez-vous ?

*Tick all that apply.*

- ☐ Verte  
☐ Rose  
☐ Blanche  
☐ Jaune  
☐ Rouge  
☐ Other: .....

**5. Quelle(s) forme(s) d'argile utilisez-vous?***Tick all that apply.*

- ☐ Poudre
- ☐ Masque (pate)
- ☐ Cataplasme (pate)
- ☐ Bandes
- ☐ Complément alimentaire
- ☐ Médicament
- ☐ Dentifrice
- ☐ Other: .....

**6. Dans quelle(s) indication(s) utilisez-vous l'argile?**

.....

.....

.....

.....

.....

**7. Où achetez vous l'argile?***Mark only one oval.*

- ☐ En pharmacie
- ☐ En parapharmacie
- ☐ Dans des magasins bio
- ☐ Dans des enseignes cosmétiques
- ☐ En grande distribution

**8. Comment avez-vous connu l'argile (par qui, quoi)?**

.....

**9. Etes-vous satisfait des propriétés de l'argile?***Mark only one oval.*

- ☐ Oui
- ☐ Non

10. **Conseilleriez-vous l'argile?**

*Mark only one oval.*

☐ Oui

☐ Non

---

Powered by  
 Google Forms

# Bibliographie

Par ordre alphabétique d'auteur :

P. Adrienne , L'argile, médecine ancestrale de la tradition aux preuves scientifiques, éditions Amirys SPRL, dépôt légal : 4<sup>e</sup> trimestre 2003, ISBN : 2-930353-15-5.

F. R. Ahmed, M. H. Shoaib, M. Azhar, S. H. Um, R. I. Yousuf, S.I Hashmi, A. Dar, In-vitro assessment of cytotoxicity of halloysite nanotubes against HepG2, HCT116 and human peripheral blood lymphocytes, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Volume 135, Pages 50–55, doi:10.1016/j.colsurfb.2015.07.021, November 2011.

M. F. Aldersley, P. C. Joshi, J. D. Price, J. P. Ferris, The role of montmorillonite in its catalysis of RNA synthesis, Applied Clay Science, Volume 54, Issue 1, Pages 1–14, doi: 10.1016/j.clay.2011.06.011, November 2011.

J. Allègre, Les silicates d'alumine (argiles) en thérapeutique une pratique coutumière ancienne relayée dans la médecine moderne, thèse de médecine, soutenue publiquement à Bobigny, le 19 décembre 2012.

N.C. Amin, Y.Y.J. Andji, M. Aké, S.F. Yolou, Abba A. Touré, Gabrielle Kra, Minéralogie et physicochimie d'argiles de traitement de l'ulcère de Buruli en Cote d'Ivoire. J. sci. pharm. biol., Vol.10, n°1, 2009, pages 21-30.

T. Bardinet, Les Papyrus médicaux de l'Egypte pharaonique, éditions Fayard, dépôt légal : 1995, EAN : 9782213592800.

F. Bonneville, E.N. Moyen, M.T. Droy-Lefaix, J.L. Fauchère, In vitro effect of smectite on Campylobacter pylori adhesion upon epithelial cells. Gastroentérologie Clinique et Biologique 14 : Abstract 123, 1990.

R. Bouabid, M. Badraouf, Analyse quantitative des minéraux argileux des sols par la méthode des bilans chimiques associée à la diffraction des rayons X, (en ligne), <http://www.anafide.org/doc/HTE%2094/94-5.pdf>, consulté le 20 janvier 2016.

M.Y. Brouillard, J.G. Rateau, Pouvoir d'adsorption de deux argiles, la smectite et le kaolin sur des entérotoxines bactériennes. *Gastroenterolog. Clin. Biol.* 13 : 18-24, 1989.

M.I. Carretero, Clay minerals and their beneficial effects upon human health: a review. *Applied Clay Science* 21, 2002, pages 155-163.

M. I. Carretero, Manuel Pozo, Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical industry Part I. Excipients and medical applications. *Applied Clay Science* 46, 2009, pages 73–80.

M. I. Carretero, M. Pozo, Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical and cosmetic industries Part II. Active ingredients. *Applied Clay Science* 47, 2010, pages 171–181.

M. E. Chávez-Delgado, C. V. Kishi-Sutto, X. N. A. de la-Riva, M. Rosales-Cortes, P. Gamboa-Sánchez, Topic usage of kaolin-impregnated gauze as a hemostatic in tonsillectomy, *Journal of Surgical Research*, PMID 24952410, 01-12-2014.

P. Chavanne, 200 remèdes à l'argile, éditions First, dépôt légal : août 2011, ISBN : 978-2-7540-3136-3.

J. Choy, S. Choi, J. Oh, T. Park, Clay minerals and layered double hydroxides for novel biological applications. *Applied Clay Science* 36, 2007, pages 122–132.

C.A. Cohn, S. Mueller, E. Wimmer, N. Leifer, S. Greenbaum, D.E Strongin, M.A.A. Schoonen, Pyrite induced hydroxyl radical formation and its effect on nucleic acids. *Geochemical Transactions* 7 (3), 2006, page 11.

N. Cousin, Argile, éditions Eyrolles, dépôt légal : avril 2013, ISBN : 978-2-212-55642-1.

L. Coyne, Evidence found supporting mineral origins of life theory, NASA activities, Volume 15 à 16, 1984.

J.D. De Korwin, B. Forestia, O. Plique, 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, 1993.

C. L. Darcel : A" liver" antigen associated with avian erythroblastosis : binding by bentonite and precipitation with sodium dodecyl sulphate. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 46(1), 1982, page 97.

R. Dextrait, L'argile qui guérit mémento de médecine naturelle, éditions de la revue « vivre en harmonie », dépôt légal : décembre 1957, ISBN : 2-7155-0013-0

M.T. Droy-Lefaix, Smectite et barrière muqueuse intestinale. *Revue Med.Vet.* 138, 1987, pages 411- 421.

M.T. Droy-Lefaix, B. Schatz, Y. Drouet, Altération de la barrière muqueuse digestive par les sels biliaires : effet de la smectite. 8ème Congrès Mondial de Gastroentérologie, Sao Paulo, Brésil, 1986.

M.T. Droy-Lefaix, Y. Drouet, G. Geraud, B. Schatz, Cytoprotection intestinale. *Gastroenterol. Clin. Biol.* 9, 1985, pages 37-44.

C. Dupont, J.L.K. Foo, P. Garnier, N. Moore, H. Mathiex-Fortunet, E. Slazar-Lindo, Oral Diosmectite Reduces Stool Output and Diarrhea Duration in Children With Acute Watery Diarrhea. *Clinical Gastroenterology and Hepatology* 7, 2009, pages 456-462.

M.R. Dzamukova *et coll.* Enzyme-activated intracellular drug delivery with tubule clay nanoformulation. *Sci. Rep.* 5, 10560; doi: 10.1038/srep10560, 2015.

C. Estrela, G.B. Sydney, L.L. Bammann, O.Jr. Felipe, Mechanism of action of calcium and hydroxyl ions of calcium hydroxide on tissue and bacteria. *Brazilian Dental Journal* 6, 1995, pages 85-90.

European Pharmacopoeia, 4th Edition: European Pharmacopoeia Convention, Strasbourg, France, 2002.

Evangile de Jean 9, 1-7, Nouveau testament, la Bible.

P.D. Fenn, R.A. Lens, Wool growth and sulphur amino acid entry rate in sheep fed roughage based diets supplemented with bentonite and sulphur amine acids, *Australian Journal of Agricultural Research*, 40/889-896, 1989.

H.J.H. Fenton, Oxidation of tartaric acid in the presence of iron. *Journal of the Chemical Society* 65, 1894, pages 899-910.

C. Ferret, Rôle des *Pseudomonas fluorescents* dans la biodisponibilité des métaux contaminant les minéraux du sol : application à la phytoremédiation, Thèse de Doctorat de l'université de Strasbourg, soutenue publiquement à Strasbourg, en 2012.

J. Fioramonti, M.T. Droy-Lefaix, L. Buéno, Changes in gastrointestinal motility induced by cholera toxin and experimental osmotic diarrhea in dog. Effect of treatment with argillaceous compound clay. *Digestion* 36, 1987, pages 230-237.

T. S. Gaaz, A. B. Sulong, M. N. Akhtar, A. A. H. Kadhum, A. B. Mohamad and A. A. Al-Amiery, Properties and Applications of Polyvinyl Alcohol, Halloysite Nanotubes and Their Nanocomposites, *Molecules* 2015, 20(12), 22833-22847; doi:10.3390/molecules201219884, 19 December 2015.

A. Giancarelli, K.L. Birrer, R.F. Alban, B.P. Hobbs, X. Liu-DeRyke, Hypocalcemia in trauma patients receiving massive transfusion, *J Surg Res.* 1;202(1):182-7, doi: 10.1016/j.jss.2015.12.036, Epub 2015 Dec 30, mai 2016.

K.E. Giller, E. Witter, S.P. McGrath, Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review. *Soil Biol. Biochem.* 30, 1998, pages 1389–1414.

G. Gorrasi, Dispersion of halloysite loaded with natural antimicrobials into pectins: Characterization and controlled release analysis, doi:10.1016/j.carbpol.2015.03.050, Carbohydrate Polymers, Volume 127, 20 August 2015, Pages 47–53.

S.A. Goldes, H.W. Ferguson, R.D. Moccia, P.Y. Daoust, Histological effects of the inerte suspende clay kaolin on the girls of juvenile rainbow trout, salmo gairdneri Richardson, Journal-of-Fish-Diseases, 11:1, pages 23-33, 22 ref, 1988.

J.J. Gonzalez, W. Owens, P. C. Ungaro, E. E.Jr. Werk, P. W. Wentz, Clay ingestion : a rare cause of hypokalemia. Ann Intern Med, 1982, 97(1), pages 65-66.

Grandjean et Aloï, Use of smectite in acute diarrhoea in sledges dogs, Reccueil de médecine vétérinaire, 168:5, éditions Ecole nationale Vétérinaire de Maison Alfort France, 1992, pages 323-329.

A. Guarino, M. Bisceglia, G. Castellucci, et coll., Smectite in the treatment of acute diarrhea : a nationwide randomized controlled study of the Italian Society of Pediatric Gast- roenterology and Hepatology (SIGEP) in collaboration with primary care pediatricians. J Pe- diatr Gastroenterol Nutr 32, 2011, pages 71-75.

K. Gwozdinski, A. Jedrzejewska, M. Janocka, M.T. Droy-Lefaix, Effect of diosmectite on the physico-chemical properties of gastric mucus in vivo and in vitro. Gastroenterology 12 : Abstract 136, 1997.

S. Habi, Etude de la Métillo-résistance et de l'Halo-tolérance des Entérobactéries Isolées des Eaux de Surface de la Région de Sétif, Doctorat d'État en sciences de la nature et de la vie, 2010.

J.A. Halsted, Geophagia in man : its nature and nutritional effects. Am J Clin Nutr. 21(12), 1968, pages 1384-1393.

S.E. Haydel, C.M. Remineh, L.B Williams, Broad-spectrum in vitro antibacterial activities of clay minerals against antibiotic-susceptible and antibiotic-resistant bacterial pathogens, Journal of Antimicrobial Chemotherapy 61 (2), 2008, pages 353–361.



J. Hower, T. C. Mowatt, The mineralogy of illites and mixed-layer illite/montmorillonites. *American Mineralogist*, vol. 51, no 5-6, 1900.

R. Iskra, V.G. Ianovych, Biochemical mechanisms of chromium action in the human and animal organism, *Ukr Biokhim Zh* (1999), 83(5):5-12, Octobre - Décembre 2011.

F. Khediri, A.I. Mrad, M. Azzouz, H. Doughi, T. Najjar, H. Mathiex-Fortunet, P. Garnier, A. Cortot, 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.

Kingsley et alii, Buruli ulcer, *Mycobacterium ulcerans* infection : rapport de l'OMS, WHO/CDS/CPE/GBUI/2000.1, 2002.

G. Y. Kırımlıoğlu, Y. Yazan, K. Erol, Ç. Ç. Ünel, Gamma-aminobutyric acid loaded halloysite nanotubes and *in vitro-in vivo* evaluation for brain delivery, doi:10.1016/j.ijpharm.2015.08.087, 2015.

J. Knight, J.P. Pearson, M.T. Droy-Lefaix, A. Alle, 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, 1998.

M.A. Kohanski, D.J. Dwyer, B. Hayete, C.A. Lawrence, J.J. Collins, A common mechanism of cellular death induced by bactericidal antibiotics, *Cell*, 130, 2007, pages 797-810.

L.P. M-S Kouakou, Y.J.Y Andji, Y. Coulibaly, Mineralogy, geochemistry of clay raw material from Ivory Coast (West Africa) used as pharmaceutical products, *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.*, 34, 2012, pages 38-44.

L. P. M.-S. Kouakou, Y. J. Andji-Yapi, J. Coulibaly-Kalpy, K. E. Coulibaly, Argiles utilisées dans la curation de diverses affections en Cote d'Ivoire : étude de l'effet anti-bactérien, ISSN 1813-3290, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 24, 2014, pages 84-92.

A. Shehab Lafi, Mohammed R. Al-Dulaimy, Antibacterial Effect of some Mineral Clays In Vitro, Egypt. Acad. J. biolog. Sci., 3(1), 2011, pages 75-81.

C. Langlois, Les argiles, genèse et utilisations, [http://www.normalesup.org/~clanglois/Sciences\\_Terre/Argiles/Argiles0.html](http://www.normalesup.org/~clanglois/Sciences_Terre/Argiles/Argiles0.html), Date de création : Septembre 2005.

A. Lelief-Delcourt, Argile c'est malin, éditions Leduc.s, dépôt légal : 2011, ISBN : 978-2-84899-448-2.

A. Leonard, M.T. Droy-Lefaix, A. Allen, 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), 1994, pages 609-616.

S. R. Levis, P. B. Deasy, Characterisation of halloysite for use as a microtubular drug delivery system, International Journal of Pharmaceutics, PMID 12176301, 28-08-2002.

O. Liétard : Contribution à l'étude des propriétés physicochimiques, cristallographiques et morphologiques des kaolins. Thèse doct. ès sciences. 322p. INPL Nancy.

S.M. Lipson, G. Stotzky, Effect of proteins on reovirus adsorption to clay minerals, Applied Environmental Microbiology 8, 1984, pages 525-530.

Livre de la Génèse, Chapitre 1, verset 24, Ancien testament.

Livre de la Génèse, Chapitre 1, verset 25, Ancien testament.

Livre de la Génèse, Chapitre 2, verset 7, Ancien testament.

T.J. Lovely, J.P. MacAllister, D.W. Miller, A.A. Lamperti, B.J. Wolfson, Effect of hydrocephalus and surgical decompression on cortical norepinephrine levels in néonatal cas, Neurosurgery, 24(1), janvier 1989, pages 43-52.

Y. Lvov, W. Wang, L. Zhang, R. Fakhrullin, Halloysite Clay Nanotubes for Loading and Sustained Release of Functional Compounds, DOI: 10.1002/adma.201502341, First published: 6 October 2015.

S. Maa, C.A. Cohn, E. Roemer, R. Laffers, S.R. Simon, T O'Riordan, Mineral-induced formation of reactive oxygen species, In: Sahai N, Schoonen MAA, editors. Medical Mineralogy and Geochemistry. Reviews in Mineralogy & Geochemistry 64, 2006, pages 179–221.

L. Mahraoui, M. Heyman, O. Plique, M.T. Droy-Lefaix, J.F. Desjeux, Apical effect of diosmectite on damage to the intestinal barrier induced by basal tumour necrosis factor alpha, Gut 40, 1997, pages 339-343.

M. Massaro, C. G. Colletti, R. Noto, S. Riela, P. Pom, S. Guernelli, F. Parisi, S. Milioto, G. Lazzara, Pharmaceutical properties of supramolecular assembly of co-loaded cardanol/triazole-halloysite systems, doi:10.1016/j.ijpharm.2014.12.004, 2014.

D. Merabet,, H. Belkacemi, Caractérisation minéralogique et chimique du kaolin de Tamazert (Algérie), *Annales de Chimie Science des Matériaux* (Vol. 28, No. 5, pp. 61-83). No longer published by Elsevier, octobre 2003.

D. M. Moore, R. C. Reynolds : X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. Vol. 378. Oxford: Oxford university press, 1989.

M.-F. Muller, L'argile facile, éditions Jouvence, dépôt légal : 1998, ISBN : 978-2-88353-158-1.

B. Meknini, P. Bernades, 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), 1994, pages 442-444.

C.E. Mengel, Carter WA, Horton ES, Geophagia with iron deficiency and hypokalemia, *Arch Intern Med* 114, 1964, pages 470-474.

V. Minnich, A. Okcuoglu, Y. Tarcon, A. Arcasoy, S. Cin, O. Yorukoglu, F. Renda, B. Demirag, Pica in Turkey, II. Effect of clay upon iron absorption, *Am J Clin Nutr* 21(1), 1968, pages 78-86.

T. Nakamura, T. Takeda, Y. Tokuji, The Oral Intake of Organic Germanium, Ge-132, Elevates  $\alpha$ -Tocopherol Levels in the Plasma and Modulates Hepatic Gene Expression Profiles to Promote Immune Activation in Mice, *Int J Vitam Nutr Res*, 84(3-4):183-95. doi: 10.1024/0300-9831/a000205, 2014.

J.P. Oliva, S. Courgey, L'isolation thermique écologique, isbn : 978-2-914717-88-5, 2010.

J. Orcel, S. Caillère, S. Hénin, Nouvel essai de classification des chlorites, *Mineral. Mag*, 1950.

D. Ouachem, M. Soltane, K. Abbas, L'argile améliore la croissance des ovins (Clay improves the growth of sheep), *Renc. Rech. Ruminants*, 2005.

A. Passebecq, L'argile pour votre santé Applications thérapeutiques et esthétiques. Dictionnaire de naturopathie indiquant les traitements naturels à associer à l'argile, Éditions Dangles, ISSN : 0180-8818, ISBN : 2-7033-0192-8, 2006.

J.P. Pearson, D. Ayre, M.T. Droy-Lefaix, A. Alle, Mucolysis of the colonic mucus barrier by oxygen free radicals : implication for ulcerative colitis, *Gastroenterology* 110 : Abstract 988, 1996.

T.C. Pereira, M.M. Campos, M.R. Bogo, Copper toxicology, oxidative stress and inflammation using zebrafish as experimental model, *J Appl Toxicol*. 2016 Feb 17. doi: 10.1002/jat.3303, Février 2016.

T. D. Phillips, Dietary clay in the chemoprevention of aflatoxin-induced disease, *Toxicol Sci* 52 (2 Suppl), 1999, pages 118-126.

T. D. Phillips, E. Afriyie-Gyawu, J. Williams, H. Huebner, N.A. Ankrah, D. Ofori-Adjei, P. Jolly, N. Johnson, J. Taylor, A. Marroquin-Cardona, L. Xu, L. Tang, J. S. Wang, Reducing

human exposure to aflatoxin through the use of clay: a review, Food Addit. Contam Part A Chem Anal. Control Expo. Risk Assess, 25(2), 2008, pages 134-145.

T.D. Phillips, A.B. Sarr, P.G. Grant, Selective chemisorption and detoxification of aflatoxins by phyllosilicate clay, Nat. Toxins, 3(4), 1995, pages 204-213.

J.M. Picard : Ecrouissage thermique des argiles saturées: application au stockage des déchets radioactifs. Diss. Ecole nationale des ponts et chaussées-ENPC Paris/Marne la Vallée, 1994.

R. Prost : Etude de l'hydratation des argiles: interactions eau-minéral et mécanisme de la rétention de l'eau. II. Etude d'une smectite (hectorite). *Annales agronomiques*, 1975.

O. Qabaqous, N. Tijani, M. N. Bennani, A. El Krouk : Elaboration et caractérisation des supports plans à base d'argile (Rhassoul) pour membranes minérales (Preparation and characterization of supports plans from the (Rhassoul) Clay for mineral membranes), Mater. Environ. Sci. 5 (S1), 2244-2249, ISSN : 2028-2508, CODEN: JMESCN, MPE14, 2014.

Rencontre avec Line de Courssou, La revue de l'au-delà, 17, 10-14, 1998.

Rencontre avec Line de Courssou, La revue de l'au-delà, 58, 11-14, 2002.

H.J. Samson, J.P. Pearson, E.D. Srivastava, M.T. Droy-Lefaix, A. Allen, Increased serine dependant proteinases in ulcerative colitis : mucolysis and inhibition by diosmectite, Gastroenterology 108, Abstract 909, 1995.

Schake, L.M. et B.E. Garner, Influence of calcium bentonite on feedlot performance of heifers, Texas Agricultural Experiment Station P.R. 3383:19, 1976.

T.C. Schell, M.D. Lindemann, E.T. Kornegay, D.J. Blodgett, 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, 1993, pages 1209-1218.

M. Segad, B. Jonsson, T. Åkesson, B. Cabane : Ca/Na montmorillonite: structure, forces and swelling properties, *Langmuir* 26.8, 2010, pages 5782-5790.

P. Ségalen, Contribution à la connaissance de la couleur des sols à sesquioxydes de la zone intertropicale : sols jaunes et sols rouges. *Cah. Orstom, Sér. Pédol*, 7(2), 1969, pages 225-236.

H.W.Jr. Severance, T. Holt, N. A. Patrone, L. Chapman, Profound muscle weakness and hypokalemia due to clay ingestion, *South Med J*, 81(2), 1988, pages 272-274.

B. Sorgho, S. Pare, B. Guel, L. Zerbo, K. Traore, I. Persson, Etude d'une argile locale du Burkina Faso à des fins de décontamination en  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  et  $\text{Cr}^{3+}$  = Study of locale mixed clay from Burkina Faso for the removal of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  and  $\text{Cr}^{3+}$ , 2011, *Journal de la Société ouest-africaine de chimie*, Presses universitaires, Ouagadougou, BURKINA FASO, ISSN 0796-6687, n°31, 1995, pages 49-59, (35 ref.).

Sourate 15 AL-HIJR, 26, Salam alaykoum wa rahmatoulahi wa barakatouhu, Le Coran.

V. Theodorou, B. Chrestian, J. Fioramonti, M.T. Droy-Lefaix, M.T. Bueno, Protective action of diosmectite treatment on digestive disturbances induced by intestinal anaphylaxis in the guinea pig, *Alimentary Pharmacology and Therapeutics* 8, 1994, pages 295-299.

US Pharmacopoeia 29-NF 24: United States Pharmacopoeial Convention, 2006.

M. Valášková, G. S. Martynkova, Vermiculite : structural properties and examples of the use. *Clay minerals in nature-their characterization, modification and application*, InTech, 2012, pages 209-238.

J. Vatie, J.F. Olivier, M.T. Vitre, A. Papazian, Influence du pH dans la capacité d'adsorption des sels biliaires et des lysolecithines in vitro par les antiacides contenant de l'argile et/ou de l'aluminium, ed. Masson, Paris, FRANCE, 1977-2010, *Revue Gastroentérologie clinique et biologique* ISSN 0399-8320, CODEN GCBIDC vol. 13, no5, (22 ref), 1989, pages 445-451.

F. Villieras, Argiles : histoire d'avenir, éditions Récréateurs, dépôt légal : 2008.

J.S. Wang, H. Luo, M. Billam, Z. Wang, H. Guan, L. Tang, T. Goldston, E. Afriyie-Gyawu, C. Lovett, J. Griswold, B. Brattin, R.J. Taylor, H. J. Huebner, T.D. Phillips, Short-term safety evaluation of processed calcium montmorillonite clay (NovaSil) in humans. Food Addit. Contam 22(3), 2005, pages 270-279.

L.B. Williams, S.E. Haydel, Evaluation of the medicinal use of clay minerals as antibacterial agents. Int Geol Rev 52 (7-8), 2010, pages 745-770.

L. B. Williams, S. E. Haydel, R. F. JR. Giese et D. D. Eberl, Chemical and mineralogical characteristics of French green clays used for healing. Clays and Clay Minerals, Vol. 56, No. 4, 2008, pages 437–452.

F. Wu, P. Khlangwiset, Evaluating the technical feasibility of aflatoxin risk reduction strategies in Africa. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess 27 (5), 2010, pages 658-676.

H. Yamata, A. Yokota, A. Fureta, A. Horie, Reconstitution of shunted mantle in experimental hydrocephalus, J-Neurosurg, 76(5):856-62 mai 1992 Georges Millot, Géologie des Argiles, altérations, sédimentologie, géochimie, éditions Masson et Cie, dépôt légal : 1964.

H. Zhang, T. Ren, Y. Ji, L. Han, Y. Wu, H. Song, L. Bai and X. Ba, Selective Modification of Halloysite Nanotubes with 1-Pyrenylboronic Acid: A Novel Fluorescence Probe with Highly Selective and Sensitive Response to Hyperoxide, ACS Appl. Mater. Interfaces, 2015, 7 (42), pp 23805–23811 DOI: 10.1021/acsami.5b08600 Publication Date (Web): October 9, 2015 Copyright © 2015 American Chemical Society.

W.Y. Zhou, A.B.M. Rabie, R.W.K. Wong, B. Tang, Nanocoating of montmorillonite/Mg- $\beta$ -tricalcium phosphate on orthodontic titanium miniscrews, The 3rd IEEE International NanoElectronics Conference (INEC), Hong Kong, 3-8 January 2010. In Proceedings of 3rd INEC, 2010, pages 817-818.