

L'ÉRIONITE, UN FACTEUR EXPOSITIONNEL LIÉ AU MÉSOTHÉLIOME PLEURAL

DELHAISE J (1), GUSTIN M (1)

RÉSUMÉ : Les mésothéliomes sont des néoplasies se développant à partir du mésothélium, feuillet recouvrant, d'une part, les viscères (feuillet viscéral) et, d'autre part, la cavité où se trouvent les organes (feuillet pariétal). Le plus connu, et le plus fréquemment rencontré, est le mésothéliome pleural. Cette maladie a un lien étroit avec l'exposition à l'amiante, fibre minérale maintenant interdite dans plusieurs pays. Cependant, d'autres facteurs expositionnels ont également été incriminés, dont un autre reconnu comme cancérigène certain depuis plusieurs années : l'ériionite. Nous présentons le cas d'un patient atteint d'un mésothéliome pleural pour lequel une exposition à l'ériionite a pu être étayée. La présentation du cas clinique sera complétée d'une revue de la littérature sur cette exposition particulière moins connue et majoritairement environnementale, contrairement à l'amiante dont l'exposition est majoritairement professionnelle.

MOTS-CLÉS : *Néoplasie - Mésothéliome pleural - Amiante - Ériionite*

ERIONITE, AN EXPOSURE FACTOR LINKED TO PLEURAL MESOTHELIOMA

SUMMARY : Mesotheliomas are neoplasia developed from the mesothelium, a layer covering the viscera (visceral layer) and the cavity where the organs are (parietal layer). The best known, and the most frequently encountered is the pleural mesothelioma. This disease has a close link with exposure to asbestos, a mineral fibre now banned in several countries. However, other exposure factors have also been incriminated, including another one recognised as a certain carcinogenic agent for several years now : erionite. We present the case of a patient with pleural mesothelioma whose exposure to erionite could be demonstrated. The presentation of this clinical case will be complemented by a literature review on this less known and mostly environmental exposure, contrary to asbestos which is mostly professional.

KEYWORDS : *Neoplasia - Pleural mesothelioma - Asbestos - Erionite*

INTRODUCTION

Le mésothéliome est une néoplasie qui se développe à partir du mésothélium, membrane issue initialement du mésoderme latéral lors de l'organogenèse, recouvrant, d'une part, les viscères (le feuillet viscéral) et, d'autre part, la cavité contenant les organes (le feuillet pariétal). Ce cancer peut toucher la plèvre, localisation la plus fréquemment rencontrée, mais également le péritoine et, exceptionnellement, la vaginale testiculaire ou encore le péricarde (1, 2). Le facteur de risque principal est l'exposition à l'amiante, fibre minérale connue depuis l'Antiquité, utilisée à très grande échelle durant un siècle, de la deuxième moitié du XIX^e jusqu'à la fin du XX^e. Au fur et à mesure de la prise de conscience de son rôle pathogénique et oncogénique, son utilisation a été de plus en plus restreinte jusqu'à être interdite dans les années 1990 par plusieurs pays. Cependant, certains, comme les Etats-Unis, utilisent toujours cette fibre en 2023 (3, 4). Actuellement, l'incidence du mésothéliome pleural en Belgique est de l'ordre de 2,3/100.000 habitants, avec un sex-ratio de 4,5 hommes/1 femme. La survie à 5 ans ne dépasse pas les 10 % pour les hommes, et n'est

que de 16,5 % pour les femmes. Le diagnostic est souvent posé aux environs de l'âge de 60 ans, et la période de latence entre le début de l'exposition à l'asbeste et le diagnostic peut aller de 20 jusqu'à 60 ans (2).

Fin des années 1970, dans le village de Karain, dans la région de la Cappadoce en Turquie, des études épidémiologiques ont montré que l'incidence du mésothéliome pleural y était de 220/100.000 habitants, incidence bien plus importante que celle rencontrée à l'heure actuelle (5-7). Depuis, plusieurs études épidémiologiques portant sur le même village de Karain, mais également sur les villages de Tuzköy et de Sarihidir, dans la même région, ont mis en évidence des incidences allant jusqu'à 800/100.000 (400 fois plus élevées que l'incidence annuelle belge actuelle). L'âge au moment du diagnostic est plus précoce, aux alentours des 50 ans (avec une fourchette allant de 26 à 75 ans). Le ratio hommes/femmes diffère également, allant de 1/1 jusqu'à 1/2 suivant les cohortes (8-10). Aucun contact particulier avec des fibres d'amiante n'a été retrouvé dans cette région turque. Cependant, une autre fibre minérale semblant assez spécifique de la région, et présente dans les roches utilisées pour la construction des habitations a été retrouvée : l'ériionite. Cette fibre est déjà incriminée depuis les années 1980 comme facteur de risque, mais elle n'est considérée comme cancérigène de classe 1 par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) que depuis 2012, et comme C1A par l'Europe

(1) Service de Pneumologie, CHR Citadelle, Liège, Belgique.

seulement depuis 2005 (C venant de CMR pour agents chimiques Cancérogènes, Mutagènes ou toxiques pour la Reproduction, la catégorie 1A regroupant ceux aux effets avérés) (8, 11).

Nous présentons le cas d'un patient avec exposition documentée, sur base de l'anamnèse, à l'ériionite et atteint d'un mésothéliome pleural. Une discussion portant sur une revue de la littérature suivra avant la conclusion.

CAS CLINIQUE

Le patient est un homme âgé de 67 ans lors de sa première consultation en pneumologie. Ses antécédents comportent un lymphome non hodgkinien B à petites cellules associé à une gammopathie à IgM sous surveillance, une fièvre méditerranéenne familiale, une cardiopathie ischémique, un diabète de type 2, une maladie de Biermer et une agénésie rénale gauche. Son traitement consiste en de la metformine, de l'aspirine, de la nitroglycérine en transdermique, du bisoprolol, de l'empagliflozine, du pantoprazole, de l'atorvastatine, du colécalciférol, un complexe vitaminique B, du fer sulfate et de la colchicine au besoin.

Il est référé par son hématologue traitant qui, à la faveur de douleurs thoraciques droites persistant depuis 3 semaines, a demandé la réalisation d'un scanner thoracique. Ce dernier a mis en évidence une pleurésie droite avec

des nodules sous-pleuraux et péri-scissuraux (**Figure 1**).

L'anamnèse rapporte un tabagisme sévère 3 ans auparavant de 1 paquet/jour sur une durée imprécise. Le patient est d'origine turque, de la région de la Cappadoce, où il retourne encore régulièrement. Il a travaillé dans la métallurgie dans son pays, avant d'immigrer à l'âge de 21 ans en Belgique. Il a été mineur durant 10 ans, puis a travaillé la laine durant 6 ans. Il n'a pas d'exposition documentée à l'asbeste.

L'examen clinique met en évidence de bons paramètres hémodynamiques et respiratoires à l'air ambiant. L'examen respiratoire révèle une matité pulmonaire basale droite. Il n'y a pas d'adénopathie sus-claviculaire ou axillaire.

La biologie sanguine montre un léger syndrome inflammatoire tout au plus, le reste étant dans les normes. À noter une majoration aspécifique du marqueur tumoral CA 125 à 134 U/l pour une norme < 35 U/l.

Une pleurocentèse est réalisée. L'analyse du liquide montre un exsudat lymphocytaire à 84 % avec monoclonie B et une cytologie compatible avec un mésothéliome pleural épithélioïde.

Le PET-CT (Positron Emission Tomography - Computed Tomography) montre un hypermétabolisme diffus multifocal pleural droit, sans hypermétabolisme de l'épanchement pleural, avec présence d'adénopathies mammaires internes ipsilatérales (**Figure 2**).

Figure 1. Scanner thoracique

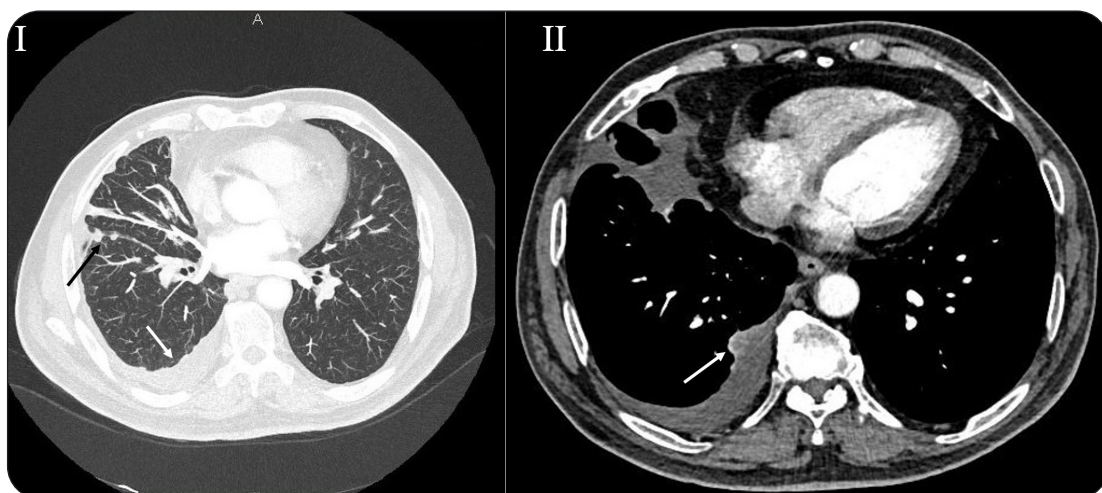


Image I (fenêtre parenchymateuse avec reconstruction MIP [Maximum Intensité Projection]) : 2 nodules péri-scissuraux (flèche noire). La flèche blanche pointe la pleurésie. Image II (fenêtre médiastinale, à un autre niveau de coupe) : un nodule sous-pleural (flèche blanche). À noter la pleurésie qui est, bien entendu, mieux visible sur cette fenêtre.

Figure 2. PET-CT

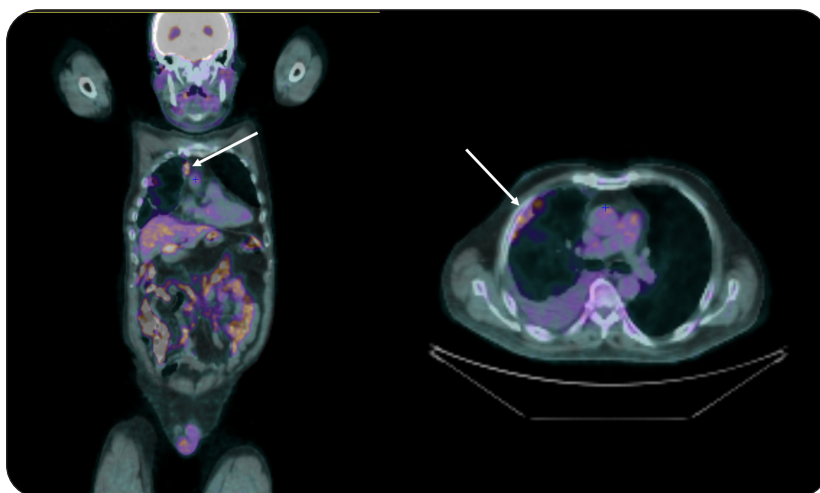


Image reconstruite en fusionnant les images du PET avec les images du scanner : les flèches blanches pointent les zones d'hypermétabolisme de la plèvre, en coupe coronale (à gauche) et en coupe transversale (à droite).

Finalement, une pleuroscopie médicale est entreprise : elle montre la présence de multiples plaques pleurales fibro-hyalines associées à des nodules pleuraux. Des biopsies de plèvre et un talcage sont réalisés. L'anatomopathologie reviendra positive pour un mésothéliome pleural épithélioïde. Malheureusement, aucune étude minéralogique n'a été réalisée sur le prélèvement.

Le patient commencera une chimiothérapie à base de cisplatine et pémétréxed avec 4 cycles. Suite à une rechute documentée 16 mois plus tard, une nouvelle cure de chimiothérapie sera réalisée. Actuellement, le patient est toujours suivi en pneumo-oncologie, 2 ans et demi après le diagnostic initial.

À noter que vu l'absence d'étude minéralogique, faute de disponibilité, le lien entre l'érionite et la maladie du patient ne repose que sur l'anamnèse : l'absence documentée d'exposition à l'amiante et l'exposition à l'érionite fort probable vu les origines cappadociennes du patient.

DISCUSSION

L'érionite est une fibre minérale faisant partie des zéolithes, famille minéralogique composée de molécules contenant, entre autres, de l'aluminium et du silicium (Figure 3). Sa formule chimique est variable : $M_2[Al_4Si_{14}O_{36}] \cdot 15H_2O$ (avec M étant soit K_2 , Na_2 , Ca ou Mg). Elle a des

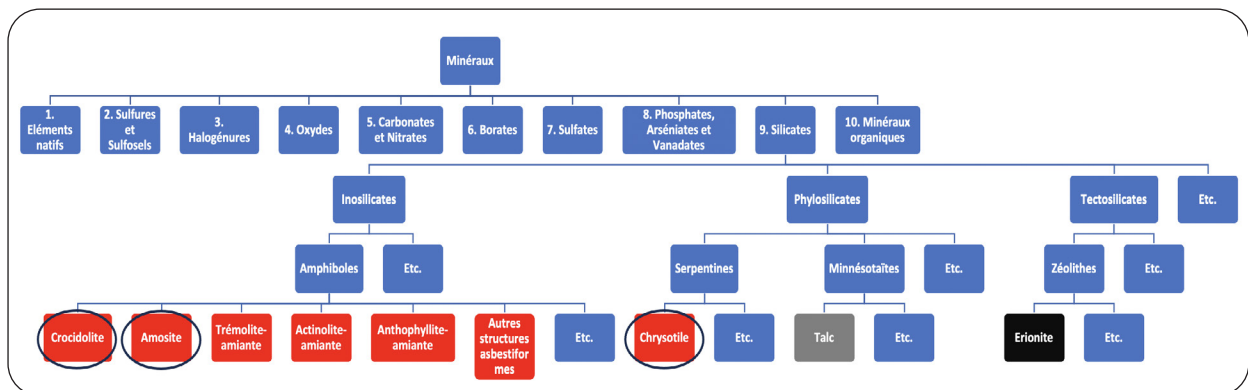
propriétés absorbantes remarquables : jusqu'à 20 % de son poids pour l'absorption d'eau, et permet même l'absorption de gaz. Elle a aussi des propriétés catalytiques et permet l'échange d'ions. Il en existe différentes formes : une forme avec des particules plus fines, dite «laineuse» ou «fibreuse», qui serait plus oncogène de par sa finesse, et la forme dite «prismatique» ou «aciculaire» (Figure 4). Les différentes formes ont tendance à co-exister au niveau des mêmes gisements (8, 13, 15). Historiquement, ce minéral fut nommé ainsi en 1898 par Arthur Starr Eakle sur base du grec $\epsilon\rho\iota\upsilon\nu$ (ériorion) qui signifie «laine» (13, 16).

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET UTILISATIONS

Fibre très décrite dans la région de la Cappadoce en Turquie, elle y est trouvée naturellement dans les cendres et roches volcaniques locales. Ces dernières y sont utilisées dans la construction des habitations, par exemple pour chauler. C'est ainsi que les habitants inhalent les fibres (8, 16).

Néanmoins, des études minéralogiques, notamment aux Etats-Unis, ont trouvé l'existence de gisements d'érionite. Elle y a même été utilisée commercialement, jusque dans les années 1980, pour ses propriétés absorbantes ou catalytiques, avant d'être remplacée par des zéolithes synthétiques. Elle a également été utilisée en agriculture pour limiter les odeurs dans les étables, ou dans la pétrochimie pour le craquage des hydrocarbures (8, 16).

Figure 3. Classification des minéraux



Classification des minéraux selon Strunz (12). Seules les branches concernant les éléments qui nous intéressent ont été détaillées. Les éléments en rouges représentent les minéraux qui présentent des caractéristiques minéralogiques asbestiformes, c'est-à-dire un minéral silicaté formant des fibres aux diverses propriétés spécifiques. Historiquement, l'amiante regroupe 6 minéraux : la crocidolite, l'amosite, la chrysotile et les formes amiantes de la trémolite, de l'actinolite et de l'anthophyllite. Au niveau industriel, seuls les 3 minéraux entourés ont été utilisés comme matériaux contenant de l'amiante. L'érieronite est indiquée en noire. A titre d'information, le talc est également indiqué en gris.

Il existe d'autres régions du Monde où cette fibre a été identifiée : en Europe, notamment en France ou en Italie, en Afrique, en Asie ou même en Antarctique. À ce jour, la littérature ne mentionne pas forcément de lien particulier avec le mésothéliome dans ces zones géographiques. Toutefois, une étude minéralogique des prélèvements oncologiques ne semble pas être réalisée systématiquement. Ainsi, à titre d'exemple, des cas de mésothéliomes induits par l'érieronite ont été décrits au Mexique. Par ailleurs, la composition exacte, c'est-à-dire le ratio entre les différentes formes, laineuse et prismatique, varie également suivant l'origine (8, 13, 16-18).

PHYSIOPATHOLOGIE

Dès suspicion d'un lien entre l'érieronite et le mésothéliome, des études sur animaux ont été menées pour prouver le lien de causalité : Wagner et coll. ont montré qu'après exposition à des fibres d'érieronite, 27 rats sur 28 ont présenté ce type de néoplasie (19). Suzuki a également prouvé, après injection unique intrapéritonéale d'une solution contenant de la zéolithe chez des souris, l'apparition de mésothéliomes et même de fibrose prédominant au site d'injection (20).

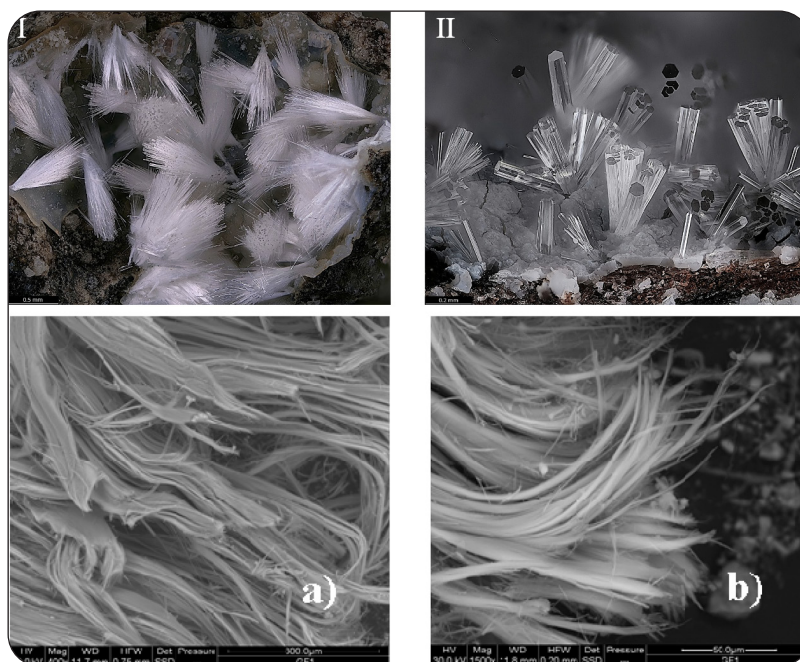
Par après, les chercheurs se sont intéressés aux processus oncogéniques de l'érieronite, *in vitro*, et les ont comparés avec ceux de l'amiante. Pour rappel, concernant l'asbeste, les particules inhalées sont phagocytées par les macrophages qui sont incapables de les éliminer (processus dit de «phagocytose frustrée»).

De là, les macrophages se transloquent à différents niveaux anatomiques du poumon, dont le mésothélium, où il y a libération de divers médiateurs cellulaires, ainsi que de dérivés réactifs de l'oxygène notamment. Parallèlement, une activation de l'inflammasome a lieu. Le phénomène inflammatoire «global» qui en découle conduit à des altérations de l'ADN, avec des mutations de proto-oncogènes entraînant une dysrégulation de la croissance et de la division cellulaire : le cancer commence donc à se développer (4, 8, 17, 21).

Pour l'érieronite, le mécanisme semble différent et n'est pas totalement élucidé : en effet, les cellules cultivées *in vitro* montrent des signes oncogéniques plus rapides, avec des activations de voies métaboliques pro-oncogènes. Il existe, probablement, un effet mutagène direct du minéral, sans passer par un état inflammatoire donnant secondairement des mutations génétiques (16, 17, 21). Ces observations permettent, au moins en partie, de comprendre le potentiel oncogène plus important et rapide de l'érieronite par rapport à l'asbeste (4, 8, 16, 17, 21). Par contre, son oncogénicité respiratoire semble concerner exclusivement le mésothélium, contrairement à l'amiante (4).

À noter que l'exposition à l'érieronite peut être objectivée par analyse minéralogique sur le lavage bronchoalvéolaire (LBA) ou sur le poumon (8, 22, 23). Toutefois, il n'y a pas de valeur seuil encore établie pour considérer l'exposition comme significative dans la littérature, juste des seuils de sensibilité de détection dans des

Figure 4. Érionite



Images I et II : photographies prises au microscope optique avec une technique de multi focus assistée par logiciel avec échelles respectives à 0,5 et 0,2 mm. Images utilisées, sans modification, avec l'aimable accord de Volker Betz (13). Images a et b : photographies prises au microscope électronique à balayage, avec échelles respectives à 300 et 50 μm . Reprises, sans modification, avec l'aimable accord de Pacella et coll. (14).

études sur LBA qui tiennent compte de la taille des fibres et toujours en comparaison avec une exposition à l'amiante (22). À noter que la recherche par analyse minéralogique sur les prélèvements humains n'est pas systématique : très peu d'articles en tiennent compte. Un diagnostic de mésothéliome et une documentation de l'exposome par anamnèse, voire par des prélèvements dans l'environnement du patient, semblent être la règle dans les études pour prouver l'exposition (24, 25). Cependant, l'analyse systématique a déjà été proposée, notamment par mesure sur sputum (26).

UN RÔLE DE LA GÉNÉTIQUE ?

En 2010, Metintas et coll. ont comparé l'incidence du mésothéliome en fonction de la présence ou non d'érionite dans les roches utilisées pour la construction des habitations dans le village de Karain. Le but de l'étude était de montrer la nécessité d'exposition au minéral pour que la maladie se développe, mais elle a permis de suggérer que la génétique jouait fort probablement un rôle mineur. En effet, les habitants non-exposés étaient génétiquement semblables à ceux exposés et les résultats ont

montré : 0 cas de mésothéliome chez les non-exposés contre 52 chez les exposés sur 322 villageois (27). Ce travail a été repris dans une revue systématique de 2022 (17).

Une autre étude, de 2021, menée par Metintas et coll. s'est intéressée à l'incidence de la maladie chez les jeunes émigrés de la région, considérés comme non-exposés, *versus* celle d'autochtones vivant sur place. Bien qu'elle soit perfectible (l'âge des non-exposés étant bien en deçà de l'âge moyen du diagnostic de la maladie), cette étude épidémiologique a montré une différence significative (28). Néanmoins, elle mériterait d'être poursuivie encore durant quelques années, jusqu'à atteindre l'âge moyen de diagnostic pour mieux préciser le rôle de la génétique de la population locale.

Théoriquement, pour totalement exclure l'implication des gènes, une étude, de préférence prospective, s'intéressant aux immigrés dans la région et dont l'exposition peut être étayée devrait être réalisée. Pour des raisons évidentes, une telle étude ne peut être raisonnablement envisagée, hormis possiblement une analyse épidémiologique rétrospective.

PRONOSTIC DIFFÉRENT ?

Concernant le pronostic, les données sont quasi inexistantes; l'exposome est peu documenté et la distinction n'est pas réalisée dans les études classiques à plus grande échelle. Une revue systématique de 2015 a néanmoins essayé de répondre à cette question : elle a, par exemple, repris une étude de 1992, menée par Selçuk et coll., qui comparait les mésothéliomes liés à l'ériionite, et ceux liés à l'amianté (24, 25). Malheureusement, les données sont à prendre avec précaution, car plusieurs chiffres sont incohérents par rapport à ceux trouvés habituellement dans la littérature : ainsi, la survie médiane était bien supérieure à la survie médiane «classique» décrite (habituellement entre 9 et 12 mois post-diagnostic contre une survie de 21 mois dans la cohorte de mésothéliomes liés à l'amianté de cette étude); par ailleurs, beaucoup de patients étaient perdus de vue, plusieurs patients étaient exclus de l'étude et l'anatomopathologie n'était pas prise en compte (le mésothéliome sarcomatoïde étant plus agressif que l'épithélioïde, avec le mixte présentant une agressivité intermédiaire) (25).

Un autre travail de 2005 sur 52 patients, repris dans la même revue, étudiant la survie par rapport à l'expression par le tissu tumoral de deux voies de l'apoptose, à savoir la voie Bcl-2/Bax et la voie Fas/FasL, ne montrait pas de différences, y compris en tenant compte de l'anatomopathologie (24, 29).

Toutefois, vu l'hétérogénéité des cohortes étudiées et des critères de jugement principaux des études reprises, il est difficile d'établir des conclusions fiables. De nouvelles études avec protocoles rigoureux mériteraient d'être menées pour trancher la question sur une potentielle différence de pronostic.

APPROCHE THÉRAPEUTIQUE DIFFÉRENTE ?

Par rapport aux études sur les thérapies, la littérature est pauvre et porte sur des schémas particuliers et spécifiques de chimiothérapie qui ne sont pas utilisés en première ligne, voire parfois sur la chirurgie. Par ailleurs, les populations étudiées sont assez hétérogènes. Parallèlement, les études sur la prise en charge du mésothéliome dont les cohortes sont subdivisées selon le facteur de risque principal sont peu nombreuses et très petites. Cependant, les quelques résultats décrits semblent ne pas montrer de différence de survie sous traitement bien que de nouvelles thérapies ciblées puissent être étudiées (24). Enfin, au moment de la publication de cet article, et à notre connaissance, il n'y

a pas eu d'étude s'intéressant aux différences sous immunothérapie.

AUTRES QUESTIONS EN SUSPENS

Pour rappel, on estime que l'exposition à l'amianté se retrouve dans environ 80 % «seulement» des cas de mésothéliome (30). Il ne faut donc pas considérer que tout mésothéliome pleural est secondaire à un seul type d'exposition toxique.

Force est de constater qu'avec les données actuelles, il persiste d'autres questions auxquelles il faut répondre : quelles sont «toutes» les populations à risque vis-à-vis de cette fibre, étant donné la relative ubiquité de celle-ci sur la Terre ? Existe-t-il des cofacteurs ? Le tabac joue-t-il également un rôle ? Existe-t-il d'autres minéraux potentiellement oncogènes à caractériser ? Comment se prémunir d'une exposition à l'ériionite, tant elle est plutôt environnementale, et donc plus difficilement évitable ? Certaines pistes ont déjà été soulevées, comme une étude minéralogique minutieuse des sols avant tout travail de terrassement par exemple (15-17). Toutefois, s'y ajoutent encore la question du coût de l'opération, celle de l'établissement d'un protocole standard d'analyse, et celle de la gestion de la situation en cas de découverte de particules oncogènes. D'autres recherches sont encore nécessaires afin d'établir de nouvelles lignes de conduite, tant préventives que thérapeutiques.

IMPLICATION CLINIQUE

Le mésothéliome pleural, connu par beaucoup comme la pathologie néoplasique liée à l'exposition à l'amianté, n'est donc pas toujours lié à celle-ci. Actuellement, une seule autre fibre minérale (ériionite) a pu être incriminée comme autre facteur oncogène notable, mais il est possible qu'il y ait encore d'autres facteurs non encore étayés. La littérature reste encore assez pauvre sur les implications cliniques directes de la différenciation de l'exposome du mésothéliome, hormis au niveau du profil type du patient qui est légèrement différent. Néanmoins, il est possible que ce profil soit amené à évoluer suivant l'avancée des connaissances.

CONCLUSION

À travers ce cas clinique qui a servi d'introduction à une revue de la littérature, nous avons

pu voir que l'exposition à l'ériionite est un facteur à potentiellement rechercher, surtout dans les populations à risque déjà connues.

Rappelons que contrairement à l'amiante, où l'exposition est plutôt professionnelle, celle à l'ériionite est majoritairement environnementale. Ainsi, il n'existe donc actuellement pas d'indemnisation post-expositionnelle, comme c'est le cas pour l'amiante.

Enfin, plusieurs points restent à éclaircir tout en ouvrant également la voie vers une question encore plus large : existe-t-il d'autres fibres minérales oncogènes à caractériser ?

BIBLIOGRAPHIE

- Mésothéliome pleural - La maladie [En ligne]. www.arcagy.org. Arcagy - Gineco; 2022 [modifié le 7 août 2022; cité le 10 juin 2023]. Disponible: <https://www.arcagy.org/infocancer/localisations/voies-aeriennes/mesotheliome-pleural/la-maladie.html>
- Mésothéliome | Fondation contre le Cancer [En ligne]. www.cancer.be. Fondation contre le Cancer; 2020 [modifié le 30 novembre 2020; cité le 10 juin 2023]. Disponible: <https://www.cancer.be/les-cancers/types-de-cancers/m-soth-liome>
- Asbestos Part 1: Chrysotile Asbestos; Regulation of Certain Conditions of Use Under Section 6(a) of the Toxic Substances Control Act (TSCA); Notice of Data Availability and Request for Comment [En ligne]. www.regulations.gov. Environmental Protection Agency; 2023 [modifié le 17 mars 2023; cité le 28 juin 2023]. Disponible: <https://www.regulations.gov/document/EPA-HQ-OPPT-2021-0057-0441>.
- Carbone M, Ly BH, Dodson RF, et al. Malignant mesothelioma: facts, myths, and hypotheses. *J Cell Physiol* 2011;**227**:44-58.
- Baris YI, Sahin AA, Ozesmi M, et al. An outbreak of pleural mesothelioma and chronic fibrosing pleurisy in the village of Karain/Urgup in Anatolia. *Thorax* 1978;**33**:181-92.
- Artvinli M, Bariş YI. Malignant mesotheliomas in a small village in the Anatolian region of Turkey: an epidemiologic study. *J Natl Cancer Inst* 1979;**63**:17-22.
- Emri SA. The Cappadocia mesothelioma epidemic: its influence in Turkey and abroad. *Ann Transl Med* 2017;**5**:239.
- IARC. Erionite. Dans: International Agency for Research on Cancer. Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts Volume 100 C - A review of human carcinogens | IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer (IARC); 2012. p. 311-5.
- Simonato L, Baris R, Saracci R, et al. Relation of environmental exposure to erionite fibres to risk of respiratory cancer. *IARC Sci Publ* 1989;**90**:398-405.
- Baris YI, Grandjean P. Prospective study of mesothelioma mortality in Turkish villages with exposure to fibrous zeolite. *J Natl Cancer Inst* 2006;**98**:414-7.
- INRS. Erionite [En ligne]. www.inrs.fr. Institut National de Recherche et de Sécurité; 2005 [modifié en 2005; cité le 11 juin 2023]. Disponible: https://www.inrs.fr/cmr/publigen_cmr_v2.nsf/allDocRechercheVisu/499C0F61A6720ECEC12571FE002F24DD?opendocument
- Mindat.org. Strunz-mindat (2023) Classification [En ligne]. www.mindat.org. The Hudson Institute of Mineralogy; [cité le 23 décembre 2023]. Disponible: <https://www.mindat.org/strunz.php>
- Mindat.org. Erionite [En ligne]. www.mindat.org. The Hudson Institute of Mineralogy; [cité le 17 juin 2023]. Disponible: <https://www.mindat.org/min-1399.html>
- Pacella A, Cremisini C, Nardi E, et al. Different erionite species bind iron into the structure: a potential explanation for fibrous erionite toxicity. *Minerals* 2018;**8**:36.
- Van Gosen BS, Blitz TA, Plumlee GS, et al. Geologic occurrences of erionite in the United States: an emerging national public health concern for respiratory disease. *Environ Geochem Health* 2013;**35**:419-30.
- Rezvani N, Bolduc DL. Erionites. In: Wexler P, ed.. *Encyclopedia of toxicology*. 3rd ed. Cambridge, USA: Academic Press; 2014. p. 448-52.
- Berry TA, Belluso E, Vigliaturo R, et al. Asbestos and other hazardous fibrous minerals: potential exposure pathways and associated health risks. *Int J Environ Res Public Health* 2022;**19**:4031.
- Attanoos RL, Churg A, Galateau-Salle F, et al. Malignant mesothelioma and its non-asbestos causes. *Arch Pathol Lab Med* 2018;**142**:753-760.
- Wagner JC, Skidmore JW, Hill RJ, Griffiths DMI. Erionite exposure and mesotheliomas in rats. *Br J Cancer* 1985;**51**:727-30.
- Suzuki Y. Carcinogenic and fibrogenic effects of zeolites: Preliminary observations. *Environ Res* 1982;**27**:433-45.
- Bertino P, Marconi A, Palumbo L, et al. Erionite and asbestos differently cause transformation of human mesothelial cells. *Int J Cancer* 2007;**121**:12-20.
- Dumortier P, Coplù L, Broucke I, et al. Erionite Bodies and Fibres in Bronchoalveolar Lavage Fluid (BALF) of Residents from Tuzköy, Cappadocia, Turkey. *Occup Environ Med* 2001;**58**:261-6.
- Kliment CR, Clemens K, Oury TD. North American erionite-associated mesothelioma with pleural plaques and pulmonary fibrosis: a case report. *Int J Clin Exp Pathol* 2008;**2**:407-10.
- Demirer E, Ghattas CF, Radwan MO, et al. Clinical and prognostic features of erionite-induced malignant mesothelioma. *Yonsei Med J* 2015;**56**:311-23.
- Seçuk ZT, Cöplü L, Emri S, et al. Malignant pleural mesothelioma due to environmental mineral fiber exposure in Turkey. Analysis of 135 cases. *Chest* 1992;**102**:790-6.
- Sebastien P, Gaudichet A, Bignon J, Baris YI. Zeolite bodies in human lungs from Turkey. *Lab Invest* 1981;**44**:420-5.
- Metintas M, Hillerdal G, Metintas S, Dumortier P. Endemic malignant mesothelioma: exposure to erionite is more important than genetic factors. *Arch Environ Occup Health* 2010;**65**:86-93.
- Metintas S, Metintas M, Ak G, et al. Mesothelioma in immigrants from Turkey: genes have a minor role. *Respir Med* 2021;**186**:106527.
- Kokturk N, Firat P, Akay H, et al. Prognostic significance of bax and fas ligand in erionite and asbestos induced Turkish malignant pleural mesothelioma. *Lung Cancer* 2005;**50**:189-98.
- Fonds des Maladies Professionnelles. Maladies professionnelles provoquées par l'amiante - Critères de reconnaissance et d'indemnisation. Bruxelles: Fonds des Maladies Professionnelles; 2004 Aug. Disponible sur: https://www.fedris.be/sites/default/files/assets/FR/Documentation_medicale/Publications_scientifiques/Criteres/maladies_professionnelles_provoquees_par_lamiante.pdf

Les demandes de tirés à part doivent être adressées au Dr Delhaise J, Service de Pneumologie, CHR Citadelle, Liège, Belgique.
Email : jerome.delhaise@student.uliege.be