



Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com

REVUE FRANÇAISE
D'**Allergologie**

Revue française d'allergologie xxx (2011) xxx-xxx

Revue générale

Acariens de stockage et acariens pyroglyphides : ressemblances, différences et conséquences pratiques

Storage mites and pyroglyphidae mites: Similarities, differences and practical consequences

J.-C. Bessot ^{a,*}, C. Metz-Favre ^c, F. de Blay ^c, G. Pauli ^b

^a Ariale, ancienne ophtalmologie, hôpital civil, 1, place de l'Hôpital, BP 426, 67091 Strasbourg cedex, France

^b Ancienne ophtalmologie, hôpital civil, université de Strasbourg, 1, place de l'Hôpital, BP 426, 67091 Strasbourg cedex, France

^c Unité d'allergologie, service de pneumologie, pôle de pathologie thoracique, hôpitaux universitaires de Strasbourg, BP 426, 67091 Strasbourg cedex, France

Reçu le 26 avril 2011 ; accepté le 28 avril 2011

Résumé

La taxonomie, la morphologie, le cycle biologique et l'écologie des acariens pyroglyphides et des acariens de stockage sont comparés. L'anatomie des acariens pyroglyphides et des acariens de stockage est voisine, il existe cependant des clefs qui permettent de les différencier comme la présence de poils sensoriels chez les glycyphagidae ou d'un appareil urinaire chez les acaridae. La fécondité des acariens de stockage est nettement supérieure à celle des pyroglyphides. L'humidité relative et la température optimales sont de 80 % et de 30 °C pour les acariens de stockage qui se nourrissent de denrées alimentaires et de moisissures. Initialement considérés comme des acariens du secteur agricole et des professions qui s'y rattachent, les acariens de stockage sont également des acariens du milieu urbain humide. Les symptômes entraînés par les acariens de stockage sont respiratoires, mais aussi dermatologiques et anaphylactiques. Les allergènes majeurs font partie du groupe 2 ; entre allergènes du groupe 2 les relations sont étroites et les réactivités croisées importantes, alors qu'avec les allergènes des acariens pyroglyphides les réactivités croisées sont faibles.

© 2011 Publié par Elsevier Masson SAS.

Mots clés : Acariens de stockage ; Acariens pyroglyphides ; Allergènes ; Réactivités croisées

Abstract

Taxonomy, morphology, biological cycle and ecology are compared between pyroglyphidae (*Dermatophagoides*) and storage mites (acaridae, glycyphagidae). Pyroglyphidae and storage mites have a similar morphology; however, some keys allow their differentiations, such as the presence of numerous hair-like structures on Glycyphagidae and the existence of a primitive urinary system in Acaridae. Storage mites fecundity is superior to these of Glycyphagidae. Optimal temperature and humidity are respectively 30 °C and 80 % RH. If bedding dust is the main pyroglyphidae feeding habit, storage mites mainly feed on damaged grains and moulds. Storage mites were initially associated with agricultural environment. However, these mites are also present in urban homes. Rhinitis and asthma are the main storage mite symptoms but they can also be able to induce dermatological and anaphylactic symptoms. Major allergens from storage mites are present in group 2. Cross reactivity at the immunoglobulin E (IgE)-level is common between group 2 storage mite allergens. Cross-reactivity studies of pyroglyphidae and storage mite allergens suggest a low cross reactivity between pyroglyphidae and storage mites.

© 2011 Published by Elsevier Masson SAS.

Keywords : Storage mite allergy; Pyroglyphidae mite allergy; Storage mite allergens; Cross reactivity

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : jcbessot@cegetel.net (J.C. Bessot).

1. Introduction

Quatre familles d'acariens jouent un rôle majeur en allergie respiratoire :

- les Pyroglyphidae qui comprennent essentiellement *Dermatophagoïdes pteronyssinus*, *Dermatophagoïdes farinae* et *Euroglyphus maynei* ;
- les Acaridae dont les principaux représentants sont *Acarus siro* et *Tyrophagus putrescentiae* ;
- les Glycyphagidae auxquels appartiennent *Glycyphagus domesticus*, *Lepidoglyphus destructor* et *Lepidoglyphus domesticus* ;
- les Echimyopodidae avec comme espèce majeure *Blomia tropicalis* qui faisait partie antérieurement des Glycyphagidae.

Moins fréquemment, d'autres genres peuvent être présents dans une localisation géographique ou un environnement particulier : parmi les Acaridae : *Aleuroglyphus*, *Suidasia*, *Thyreophagus*, parmi les Glycyphagidae : *Gohieria* et *Austroglycyphagus*, parmi les Chortoglyphidae : *Chortoglyphus* (Tableau 1).

Ces acariens non pyroglyphides ont été appelés acariens de stockage ou acariens détriticoles, détritivores, acariens des denrées alimentaires, acariens d'engrangement... ces dénominations faisant référence à leur mode de nutrition et à leur biotope.

2. Anatomie comparée des acariens pyroglyphides et des acariens de stockage

Acariens pyroglyphides et acariens de stockage dérivent probablement d'un ancêtre commun dont l'apparition est estimée entre 400 et 600 millions d'années et qui s'est progressivement diversifié au cours des siècles. L'origine ancestrale des acariens pyroglyphides se situe au niveau des nids d'oiseaux [1] alors que celle des acariens de stockage est plutôt celle des nids et des terriers de rongeurs ou de petits mammifères.

La morphologie des acariens de stockage et des acariens pyroglyphides est semblable : corps globuleux d'un seul tenant, exosquelette chitineux formant une carapace, cuticule d'aspect variable selon les espèces. Octopodes, ils possèdent des pattes articulées munies sur le dernier article de griffes ou de ventouses qui constituent un système de fixation et d'accrochage.

Acariens pyroglyphides et acariens de stockage sont encore caractérisés par un gnathosome, sorte de groin semi-mobile au niveau duquel s'ouvrent la bouche et ses annexes, portant une paire de chélicères adaptés à l'alimentation spécifique de chaque espèce et une paire de palpes [2]. Il existe néanmoins des différences morphologiques entre acariens pyroglyphides et acariens de stockage, qui sont autant de clés permettant de les différencier. Si l'on compare *G. domesticus* (Fig. 1) à *Dermatophagoïdes pteronyssinus*, on remarque sur le corps et les pattes de *G. domesticus* de nombreux poils sensoriels ou sensilles, longs et fortement barbulés. Ces poils sensoriels assurent les sens du toucher, du goût et de l'odorat. La taille des *Dermatophagoïdes* (environ 1/3 mm) est inférieure à celle des acariens de stockage (environ 1/2 mm). Les acariens de stockage sont parfois colorés ; *A. siro* a des pattes de couleur rougeâtre et lorsque ces espèces sont regroupées, elles forment une masse cuivrée qui, en se déplaçant, constitue une véritable « poussière vivante » visible à l'œil nu [3]. *Lepidoglyphus* a une couleur d'un blanc laiteux à l'origine de traînées blanchâtres sur les denrées sur lesquelles il se développe.

L'anatomie interne des acariens peut différer chez les acariens de genres différents. L'appareil digestif qui est à la source de la majorité des allergènes enzymatiques joue un rôle important plus chez les acariens pyroglyphides que chez les acariens de stockage où l'on n'a pas mis en évidence d'allergènes protéasiques du groupe 1. Constitué d'un pharynx pourvu dans sa partie antérieure de glandes salivaires à l'origine de glycosidases, l'appareil digestif se poursuit par l'intestin antérieur, l'intestin moyen et l'intestin postérieur débouchant sur l'ouverture anale. Nous sommes moins bien renseignés sur la localisation précise des sites où sont synthétisés les allergènes des acariens de stockage que sur celle où sont synthétisés les allergènes des acariens pyroglyphides. Certaines structures, tels que les tubes de Malpighi (Fig. 2) constituant une sorte d'appareil d'excrétion rudimentaire participant à la régulation ionique sont présentes chez les Acaridae mais pas chez les Pyroglyphidae [4]. Ces comparaisons peuvent sembler anecdotiques, cependant, les données taxonomiques nous apprennent qu'aux ressemblances et aux différences morphologiques correspondent des ressemblances et des différences du capital protéique d'un être vivant et notamment de ses allergènes protéiques. La classification moléculaire des protéines n'a apporté que peu de modifications à la taxonomie traditionnelle. Plus deux espèces sont taxonomiquement proches (*L. destructor* et *G. domesticus* par exemple), plus leurs protéines allergisantes sont proches et plus le risque de réactions allergiques croisées est important. Cependant, plus

Tableau 1
Principales familles et espèces d'acariens de stockage.

Familles	Acaridae	Glycyphagidae	Echimyopodidae	Chortoglyphidae
Espèces	<i>Acarus siro</i> <i>Tyrophagus putrescentiae</i> <i>Aleuroglyphus ovatus</i> <i>Suidasia medanensis</i> <i>Thyreophagus entomophagus</i>	<i>Glycyphagus domesticus</i> <i>Lepidoglyphus destructor</i> <i>Lepidoglyphus domesticus</i> <i>Gohieria fusca</i> <i>Austroglycyphagus malayiensis</i>	<i>Blomia tropicalis</i> <i>Blomia tjiabodas</i> <i>Blomia freemani</i> <i>Blomia kulagini</i>	<i>Chortoglyphus arcuatus</i>

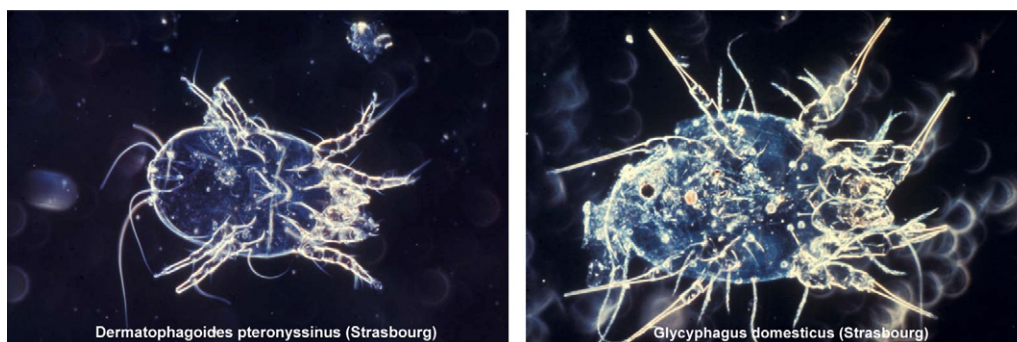


Fig. 1. Acariens pyroglyphides (*Dermatophagoïdes*) et acariens de stockage (*Glycyphagus*). Comparaison des anatomies externes.

une fonction cellulaire est indispensable, plus les gènes responsables de cette fonction sont conservés au cours de l'évolution. On peut alors observer des réactions croisées entre espèces éloignées : tel est le cas de la tropomyosine et probablement des paramyosines et de la troponine C.

3. Biologie et écologie des acariens de stockage

3.1. Cycle biologique des acariens de stockage

En raison de leur carapace, le développement des acariens de stockage, comme celui des Pyroglyphides, ne peut se faire graduellement ; il obéit à des phénomènes cycliques qui sont des sortes de mues. À partir de l'œuf, l'ontogenèse comporte six stases successives : une prélarve, une larve, trois nymphes (protonympe, deuteronympe et tritonympe) et un adulte. Chaque transformation donne naissance à un individu actif susceptible de déclencher des manifestations allergiques. Cette ontogenèse complexe est relativement souvent à l'origine d'anomalies à l'état adulte, telles que des mutilations des pattes. Les acariens de stockage ne vivent que six semaines mais se reproduisent selon un rythme accéléré ; la fécondité de *T. putrescentiae* est sept fois plus élevée que celle de *D. pteronyssinus* [5].

3.2. Écologie des acariens de stockage

L'écologie des acariens de stockage dépend de trois facteurs :

- un facteur crucial : l'humidité ;
- un facteur important : la température ;
- un facteur nécessaire : la nourriture.

3.2.1. Rôle de l'humidité et de la température

Plus encore que pour les acariens pyroglyphides, une humidité relative élevée est indispensable, variant selon les espèces de 80 à 90 %. La température nécessaire à la croissance optimale des acariens de stockage est également plus élevée, variant de 25° à 30 °C. L'altitude sèche leur est néfaste, en revanche dans des régions d'altitude humide, les acariens de stockage sont présents : *T. putrescentiae* et *L. destructor* ont été détectés à 2500 et 2800 mètres dans la Cordillère des Andes [6].

3.2.2. Rôle de la nourriture

Les acariens de stockage ont une prédilection pour les aliments conservés dans des lieux humides. Du blé renfermant moins de 13 % d'humidité n'est pas attaqué par *A. siro* [3]. Leur nourriture commune est faite de grains, de paille, de semences, de

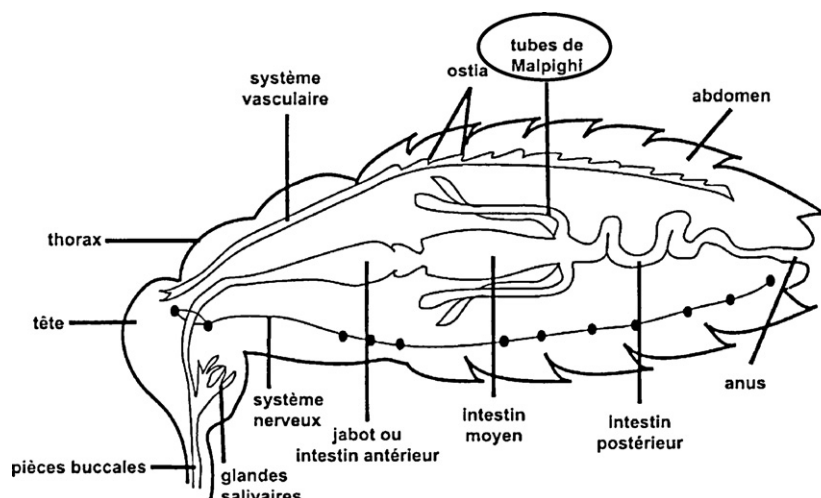


Fig. 2. Anatomie interne d'un acarien de stockage. Présence d'un appareil urinaire rudimentaire (tubes de Malpighi).

farines, de semoules, de fruits secs, de fromages. . . [7]. Il existe aussi une nourriture plus spécifique en fonction de chaque espèce. Enfin, lorsque l'humidité est majeure, les acariens de stockage se nourrissent essentiellement de moisissures.

A. siro est le ciron dont parle Pascal ; il était à son époque le plus petit animal identifiable à l'œil nu. C'est un acarien de la farine et du fromage.

Tyrophagus casei est voisin du précédent, cependant il est rarement abondant.

T. putrescentiae est un acarien fongivore, nécessitant une humidité et une température élevées. Il se nourrit d'aliments moisissus ou en décomposition. Présent en zone tempérée, il se rencontre plus souvent en zones chaudes et humides.

G. domesticus, comme son nom l'indique, préfère les produits riches en sucre.

L. destructor a été initialement décrit dans les silos à grains et les étables [8].

G. domesticus et *L. destructor* peuvent être présents à l'intérieur des habitats où ils constituent de véritables acariens domestiques.

Chortoglyphus arcuatus est une espèce cosmopolite, présente à la fois dans les aliments stockés et à l'intérieur des habitats. Son rôle allergénique important a été souligné par Puerta et al. dès 1993 [9].

3.2.3. Facultés d'adaptation des acariens de stockage

Les acariens de stockage disposent de facultés d'adaptation étonnantes : à la température et à l'humidité notamment. *A. siro* peut encore se développer à 4 °C pourvu que l'humidité relative soit au moins égale à 65 % [3]. *Lepidoglyphus* peut résister à une température de moins 24 °C. Si l'humidité relative chute, les acariens de stockage recherchent des zones microclimatiques plus favorables par leur humidité relative et leur température. Ils se rassemblent côte-à-côte pour maintenir une chaleur suffisante et faire en sorte que l'humidité de l'un soit recouverte par l'autre.

Ici interviennent certaines phéromones. Le sens de l'olfaction, particulièrement développé chez les acariens, leur permet de reconnaître différentes phéromones. Ces phéromones constituent une sorte de langage, un moyen de communication entre les acariens. La connaissance de ces phéromones a considérablement progressé au cours des 30 dernières années avec notamment les recherches de Kuwahara [10]. Les phéromones des acariens sont produites et relarguées par les glandes opisthosomales. Ces phéromones sont essentiellement des monoterpènes mais également des phénols, des furanoterpènes, des alcanes et des alkènes, d'odeur florale ou mentholée. Il existe trois groupes différents de phéromones :

- des phéromones d'alarme entraînant une fuite et une dispersion des acariens ;
- des phéromones d'agrégation qui sont relâchées le plus souvent en réponse à une diminution de l'humidité relative ;
- enfin des phéromones sexuelles attractives produites à la fois par les mâles et les femelles.

Lorsque les conditions de vie deviennent franchement hostiles, les acariens sont capables au cours de l'ontogenèse

d'intercaler un nouveau stade entre la deutéronympe et la tritonympe. Ce stade appelé hypope, rare chez les acariens pyroglyphides, est fréquent chez les acariens de stockage. Deux formes ont été décrites : l'hypope inerte, forme quiescente, de résistance et d'attente, avec arrêt provisoire des processus de nutrition et de reproduction [11] et l'hypope mobile qui peut s'accrocher grâce à ses ventouses, ses griffes ou ses chélicères, à des insectes et se faire transporter vers des lieux plus propices. Cette stratégie de dispersion, connue chez les arthropodes, est appelée phorésie [2].

3.2.4. Cadre de vie et réservoirs des acariens de stockage

À l'exception des granges, étables, greniers à foin, la répartition des acariens de stockage à l'intérieur de l'habitat est plus ubiquitaire que celle des *Dermatophagoïdes*. Les environnements chauds et humides de la cuisine, des salles de bain, des toilettes, sont favorables à la présence d'acariens de stockage. Turner et Bishop [12] ont montré que 17 % de 727 cuisines contenaient des acariens de stockage. Selon Warner et al. [13], *T. putrescentiae* était présent dans 38 échantillons provenant de salles de bain et de cuisines, mais également dans 42 % de 38 échantillons de poussière de literie. Dans les salles de séjour, ce même acarien avait été aussi identifié dans 38 % des échantillons. D'autres auteurs ont signalé la présence d'acariens de stockage dans les interstices des planchers, les placards à provision, les garde-mangers, les greniers, les meubles cannés ou paillés, les toits de chaume. . .

Une autre particularité des acariens de stockage est leur présence sur des murs humides. Kort et al. [14] ont mis en évidence des Glycyphagidae, des Tarsonemoïdae, des Chelytidae, des Psocoptères, des moisissures, sur des échantillons de poussière recueillis sur 74 murs de 26 maisons hollandaises. Plus récemment, Charpin et al. [15] ont montré qu'il y avait sur la plupart des murs humides, à la fois des moisissures et des acariens, les acariens étant le plus souvent des acariens de stockage.

La présence des acariens de stockage dans la literie peut s'expliquer par le fait que les acariens de stockage peuvent se nourrir non seulement de reliefs alimentaires mais aussi de squames humaines. *G. domesticus* a pu être facilement élevé sur un milieu de culture à base de squames humaines [16], de même que *T. putrescentiae*.

4. Rappel historique

Le rôle des acariens de stockage dans l'asthme a été suspecté bien avant que ne soit reconnu en 1964 l'importance des acariens pyroglyphides et notamment des *Dermatophagoïdes* par Voorhorst, Spijksma et Mme Spijksma-Boozeman [17]. En 1924, Storm van Leeuwen et al. [18] avaient rapporté la survenue d'une crise d'asthme chez un fermier après inhalation d'avoine infestée par *A. siro* et *G. domesticus*. Dekker [19] en 1928 avait souligné la relation existant entre l'apparition de certains asthmes et la présence d'acariens dans la poussière de maison. Les acariens qu'il avait identifiés dans les échantillons de poussière recueillis sous les lits de ses patients asthmatiques étaient des acariens de stockage appartenant aux genres

Glycyphagus, *Aleurobius* et *Tyrophagus*. En 1939, Henriette Oboussier [20] avait procédé au recensement de la faune acarienne des maisons de Hambourg et mis en évidence uniquement des acariens de stockage des genres *Glycyphagus*, *Tyrophagus* et *Carpoglyphus*. On s'est demandé pourquoi à cette époque il était davantage question d'acariens de stockage que d'acariens pyroglyphides. Un certain nombre d'hypothèses a été émis : à cette époque, les acariens de stockage étaient réellement plus nombreux à l'intérieur de l'habitat que les acariens pyroglyphides. Plus gros, parfois colorés, ils étaient plus facilement identifiables que les *Dermatophagoïdes*, incolores et transparents. Par ailleurs, 70 % de l'alimentation mondiale était céréalière ; la préserver de l'action délétère des acariens de stockage constituait un enjeu économique majeur à l'origine de recherches sur la biologie et l'écologie des acariens de stockage [4]. Les paillasses, les literies, les chaises et les fauteuils étaient encore largement rembourrés de paille et d'autres éléments végétaux. Les denrées alimentaires étaient plus difficiles à conserver en l'absence de réfrigérateur. Enfin, la composition de la poussière de maison était peut-être différente. Il y avait encore 50 000 chevaux à Londres en 1900, ce qui n'était pas sans répercussion sur la composition de la poussière de maison des habitats, comme l'ont souligné Colloff [11] et Van Bronswijk et Pauli [21].

De 1964 à 1980, les acariens de stockage sont relégués au deuxième plan alors que les *Dermatophagoïdes* sont considérés comme les véritables acariens de la poussière domestique.

Spieksma et al. [22] relèvent néanmoins en 1969 chez 200 patients allergiques aux *Dermatophagoïdes* que 83 étaient sensibilisés à *L. destructor*, 68 à *T. putrescentiae* et 68 à *A. siro*.

Le basculement du milieu rural à un milieu urbain ou suburbain, les modifications de l'habitat et des conditions de vie, l'utilisation plus fréquente des substrats textiles comme élément de confort ou de décoration, le recours aux réfrigérateurs et congélateurs pour le stockage et la conservation des aliments, ont probablement contribué à majorer la prolifération des acariens Pyroglyphides au détriment des acariens de stockage.

5. Rôle des acariens de stockage en milieu agricole

À la suite de Maunsell et al. [23] en 1968, de nombreuses publications ont attiré l'attention sur le rôle des acariens de stockage en milieu agricole. Cuthbert et al. [24] ont montré l'importance des acariens de stockage dans ce qu'ils ont appelé la *barn allergy* chez 270 fermiers écossais ; 21 % avaient de l'asthme et des tests cutanés positifs à ces acariens. Ultérieurement, de nombreux cas analogues ont été décrits par Eaton et al. [25] en Angleterre et en Ecosse, par Tehro et al. [26] en Finlande, par Van Hage Hamsten et al. [27] en Suède, par Mumcuoglu [28] dans des fermes suisses, par Iversen et al. [29] au Danemark, par Marx et al. [30] aux États-Unis, et également par Franz et al. [31] en Allemagne. Toutes ces publications sont issues de régions ou de pays froids et humides, a priori peu favorables au développement des acariens de stockage. Les sensibilisations observées l'ont été chez des fermiers ayant pendant la saison hivernale un contact rapproché avec le cheptel, dans le milieu relativement chaud et humide des

étables, favorisant la prolifération des acariens de stockage dans l'alimentation destinée au bétail.

En dehors de leur rôle chez les agriculteurs et les fermiers, les acariens de stockage peuvent être responsables d'asthme professionnel chez des sujets travaillant au stockage, au transport, à la manipulation des céréales : employés de silos à grains [32–34], dockers, bateliers, livreurs de produits à base de céréales et de denrées alimentaires en vrac. Les meuniers, les boulangers, les pâtisseries, les fabricants de pâtes alimentaires, peuvent aussi être exposés professionnellement aux acariens de stockage [35–37]. *A. siro* et *T. putrescentiae* sont les principaux acariens présents dans les produits à base de céréales [38], mais *G. domesticus* et *L. destructor* peuvent aussi être présents [37].

Les fromagers sont un exemple classique d'une profession pouvant exposer à une allergie aux acariens de stockage *A. siro* et *T. casei* [39]. *A. siro* est pulvérisé sur la croûte de certains fromages : tomme de Savoie, Mimolette et surtout fromages du Puy-en-Velay auxquels il donnerait un parfum inédit et subtil. L'inspection de 20 fromageries en Angleterre a mis aussi en évidence la présence d'acariens de stockage à la fois sur la croûte des fromages et à l'intérieur des fromageries [40]. Pour cette raison, les fromages sont souvent affinés sur des clayettes badigeonnées d'acaricides [41].

On retrouve encore des acariens de stockage dans les litières et l'alimentation des animaux [42]. Les vendeurs et les possesseurs d'animaux, animaux domestiques mais aussi animaux de laboratoire, les vétérinaires, les éleveurs de volaille, les cavaliers, les jockeys... sont susceptibles de se sensibiliser aux acariens de stockage. Des artisans (tapissiers), des commerçants (épiciers de l'alimentation générale ou des grandes surfaces, épiciers ou traiteurs spécialisés dans la préparation de poissons fumés, de jambons fumés, de chorizo, ont présenté des manifestations respiratoires ou ORL imputées aux acariens de stockage [43]. La présence d'acariens de stockage a été signalée également dans l'industrie de la pâte à papier ; parmi 32 patients asthmatiques, 38,5 % avaient des tests cutanés positifs vis-à-vis de *L. destructor* et de *T. putrescentiae* [44]. En 2006, 65 échantillons de litières contenant des débris alimentaires, prélevés dans un zoo, étaient contaminés dans plus de 80 % des cas par des acariens de stockage, le genre *Tyrophagus* étant prédominant [45]. Enfin en 2010, une note d'information de l'industrie des cigares a attiré l'attention sur la présence abondante de *L. destructor* sur les feuilles des cigares et sur les difficultés rencontrées pour les supprimer.

6. Présence des acariens de stockage en milieu urbain

Un surcroît d'intérêt s'est porté plus récemment sur les acariens de stockage lorsque plusieurs publications mirent en évidence leur présence en milieu urbain. Entre acariens des champs et acariens des villes, la frontière devenait de plus en plus ténue lorsque les acariens de stockage rencontraient des conditions favorables à leur développement et devenaient de véritables acariens domestiques. Arlian et al. [46] ont montré que 9,3 % d'une population de l'Ohio, qu'il s'agisse de milieux urbain, suburbain ou rural, étaient sensibilisés à *L. destructor* et

à *T. putrescentiae*. Luczynska et al. [47] ont noté que chez 196 patients vivant en milieu urbain et non exposés professionnellement aux acariens de stockage, 14 % avaient des immunoglobulines E (IgE) spécifiques vis-à-vis de *L. destructor*, *Tyrophagus longior* ou *A. siro*. En Autriche, Ebner et al. [48] ont relevé que si 91 % de 24 fermiers avaient une sensibilisation aux acariens de stockage, 61 % de 16 citadins en présentaient également une. En Italie, Dal Monte et al. [49] ont souligné la fréquence des sensibilisations aux acariens de stockage en milieu urbain : chez 43 patients allergiques à *D. pteronyssinus*, 50 % avaient des tests cutanés positifs aux acariens de stockage et 43 % avaient des IgE spécifiques vis-à-vis de ces mêmes acariens. En Espagne, plusieurs études ont confirmé la présence d'acariens de stockage dans plus de 30 % des échantillons de poussière de maison [50–52]. L'étude la plus approfondie est celle d'Arias-Irigoyen [52] qui a étudié 136 échantillons de poussière de maison, a effectué des tests cutanés et des dosages d'IgE spécifiques chez 136 patients, ainsi que des inhibitions des Radio Allergosorbent Test (RAST) des acariens de stockage entre eux et de *D. pteronyssinus* par *G. domesticus*. Dans plus de 40 % des 136 échantillons de poussière, des acariens de stockage ont été identifiés : par ordre de fréquence, *G. domesticus*, puis *T. putrescentiae*, *L. destructor*, *A. siro* et *B. tropicalis*. 48 % des échantillons provenaient du milieu rural, les autres du milieu urbain.

En France : la présence de *L. destructor* et/ou de *G. domesticus* a été reconnue en Alsace [53], à Montpellier [54], et à Grenoble notamment [55]. Parmi 36 échantillons de poussière de maisons strasbourgeoises, *G. domesticus* avait été identifié dans neuf cas et *T. putrescentiae* dans quatre cas. Nous avons testé 51 asthmatiques avec un extrait de *D. pteronyssinus* et un extrait de *G. domesticus* [56]. Trente-trois patients avaient des tests cutanés positifs à Dpt ; parmi ces 33 patients, 14 avaient également des tests cutanés positifs à *G. domesticus* et 19 des tests cutanés négatifs à *G. domesticus*. Les 18 asthmatiques ayant des tests cutanés négatifs à *D. pteronyssinus* avaient parallèlement des tests cutanés négatifs à *G. domesticus*. Araujo-Fontaine et al. [53] avait analysé 135 échantillons de poussière de maison en provenance de Strasbourg, mais aussi de nombreuses villes alsaciennes d'importance moyenne. *G. domesticus* était présent dans 64 échantillons soit 48 %, et *T. putrescentiae* dans 56 échantillons soit 41 %, alors que *D. pteronyssinus* était retrouvé majoritairement dans 99,5 % des cas. Hardel et al. [57], dans un échantillon de jeunes conscrits asthmatiques de l'Est de la France, également répartis entre citadins et ruraux, ont relevé 43,1 % de tests cutanés positifs pour *T. putrescentiae* et 44,9 % de tests cutanés positifs pour *L. destructor*. Pour Heyraud et al. [58], qui ont testé 200 jeunes asthmatiques de la région parisienne, 11 à 18 % avaient des tests cutanés positifs à *L. destructor* et 4 à 13 % à *T. putrescentiae*. Sonnevile et al. [59] ont effectué systématiquement des tests à sept espèces d'acariens dont trois espèces d'acariens de stockage et noté une positivité fréquente des tests aux acariens de stockage. Enfin, chez 248 enfants asthmatiques du Nord de la France, domiciliés majoritairement en milieu urbain, Lelong et al. [60] relèvent chez 50 d'entre eux des tests cutanés positifs à *A. siro*.

D'autres études effectuées en Turquie, en Russie, à Cuba, à Mexico, au Chili, au Caire, ont confirmé l'existence de sensibilisations aux acariens de stockage en milieu urbain [11].

6.1. *Blomia tropicalis*

B. tropicalis, qui fait partie des acariens non pyroglyphides, a été considéré pendant longtemps comme un acarien de stockage faisant partie de la famille des glycyphagidae. Elle a été reclassée dans la famille des Echimyopodidae et constitue un véritable acarien domestique. Dans les zones tropicales ou subtropicales où elle bénéficie d'une température et d'une humidité élevées (25 °C et 80 % d'humidité relative) favorables à son développement : Argentine, Brésil, Colombie, Pérou, Vénézuëla, mais aussi Asie du Sud-Est : Malaisie, Singapour, Taïwan, Floride, et même en Europe : Espagne. Son importance allergénique est apparue majeure au cours des quinze dernières années. Dans certains pays ou régions tels que la Colombie [61], Singapour [62], la Malaisie [63], *B. tropicalis* peut être l'acarien le plus souvent identifié dans les prélèvements de poussière de maison, responsable de sensibilisations fréquentes. Stanaland et al. [64] ont montré que 36 % des asthmatiques et des rhinitiques de la région de Tampa en Floride avaient des tests cutanés positifs à *Blomia*. Ce pourcentage peut s'élever à 85 et 96,2 % à Singapour [65] et à Cuba [66]. Ariel-Gudiel et al. [67] ont rassemblé les résultats de plusieurs études concernant la prévalence des sensibilisations aux aéro-allergènes en Amérique du Sud, notamment au Brésil, en Argentine et au Pérou. Au Pérou, les acariens responsables de sensibilisations, *D. pteronyssinus* et *D. farinae* (71,1 et 56,9 %, respectivement) étaient le plus souvent en cause, suivis par *B. tropicalis* (54,6 %) chez 493 enfants souffrant d'asthme. Au Brésil, des résultats voisins ont été retrouvés : tests cutanés positifs pour *D. pteronyssinus* (78,7 %), pour *D. farinae* (74 %) et *B. tropicalis* (64 %). En Argentine, des constatations identiques ont été faites : 89,8 % de tests cutanés positifs pour *D. pteronyssinus*, 87,7 % pour *D. farinae* et 84,70 % pour *B. tropicalis*. *B. tropicalis* n'est pas seulement la source de sensibilisations fréquentes, elle est à l'origine d'asthmes aigus graves chez l'enfant et chez l'adulte [68,69]. Des IgE spécifiques vis-à-vis de *B. tropicalis* ont été mises en évidence chez 42,8 % des enfants, et 54,5 % des adultes hospitalisés pour asthme grave.

7. Manifestations cliniques provoquées par les acariens de stockage (Tableau 2)

7.1. Manifestations respiratoires

La symptomatologie provoquée par les acariens de stockage est globalement proche de celle des acariens pyroglyphides, ce qui a probablement contribué à minimiser le rôle des acariens de stockage, lorsque des Pyroglyphides cohabitaient avec eux. Asthmes, rhinites, conjonctivites, sont les manifestations allergiques les plus fréquentes, corroborées pour les deux types d'acariens par l'existence de tests cutanés positifs, la

Tableau 2
Ressemblances et différences entre acariens pyroglyphides et acariens de stockage.

	Acariens pyroglyphides	Acariens de stockage
Habitat ancestral	Nids d'oiseaux	Nids de rongeurs et de petits mammifères
Taille	Petite taille ($\approx 1/3$ mm)	Plus grande taille ($\approx 0,5$ mm)
Aspect et odeur	Transparents, incolores, inodores	Parfois colorés (<i>Acarus siro</i> , <i>Lepidoglyphus destructor</i>), odeur mentholée
Fécondité	Modeste	Accélérée (7 fois plus que les pyroglyphides) ; colonisation rapide des nouveaux habitats
Alimentation	Phanérophages carnivores	Omnivores, granivores, fungivores
Nourriture	Continuellement renouvelée, toujours suffisante	Plus diversifiée
Intérêt	Écologique : décomposition et recyclage des matières organiques	Économique. Action délétère (industrie céréalière...)
Habitat	Poussière de literie	Milieu agricole, environnement professionnel, environnement urbain humide
Température et humidité optimales	23 °C, 75 % d'humidité relative	25 à 30 °C, 85 à 90 % d'humidité relative
Symptomatologie	Manifestations ORL et respiratoires essentiellement	Manifestations ORL et respiratoires (dermatites de contact, chocs anaphylactiques...)

présence d'IgE spécifiques, ainsi que par la positivité des tests de provocation bronchique, nasale et conjonctivale [23]. Le début des symptômes engendrés par les Pyroglyphides est habituellement observé dans une population plus jeune que celle des acariens de stockage, ce qui peut être lié au fait que les asthmes aux acariens de stockage sont surtout observés chez des adultes ayant un asthme professionnel [51].

7.2. Manifestations dermatologiques

Le rôle des acariens pyroglyphides a été suspecté, puis confirmé dans l'eczéma atopique. Il est possible que les Dermatophagoïdes soient aussi à l'origine de dermatites de contact. Cependant, s'il en était ainsi, ce type de dermatite devrait être beaucoup plus fréquent étant donné la fréquence et l'abondance des Dermatophagoïdes dans l'habitat.

Inversement, et depuis longtemps, les acariens de stockage ont été impliqués dans des dermatites de contact provoquées par le contact de substances alimentaires qu'ils avaient colonisées. Les plus fréquentes sont la dermatite des boulangers imputée à *A. siro*, la dermatite des épiciers provoquée par *G. domesticus*, la dermatite du Copra due à *T. putrescentiae*, la dermatite des fruits secs provoquée par *Carpoglyphus lactis* [70].

8. Chocs anaphylactiques

Une autre particularité des acariens, acariens pyroglyphides mais surtout acariens de stockage, est leur responsabilité dans la survenue de chocs anaphylactiques provoqués par l'ingestion de farines contaminées par ces acariens, chez des patients qui par ailleurs présentent une allergie respiratoire aux acariens.

En 2002, Dutau [71] effectuant une revue de la littérature, avait recensé 55 cas et attiré l'attention sur les « acariens, de nouveaux allergènes alimentaires masqués ».

Sanchez-Borgez, qui dans 25 cas sur 30 avait mis en évidence des taux élevés d'acariens dans des farines et de nombreux aliments à base de farine : *pancakes*, beignets, crêpes, pizzas, gâteaux divers, sandwichs, aliments panés, a proposé d'appeler ces accidents anaphylactiques *oral mite*

anaphylaxis (OMA) ou Pancake syndrome [72,73]. Il a également décrit des anaphylaxies d'effort associées à l'ingestion de farines contaminées [74].

L'observation princeps, publiée par Erben et al. [75] en 1993, concernait un choc anaphylactique après ingestion de farine contaminée par *D. farinae*. La grande majorité des cas décrits ultérieurement l'ont été dans des pays chauds : Brésil, Venezuela, Canaries, Espagne, Japon, où la prolifération des acariens de stockage était favorisée par une température et une humidité relative élevées [76–79].

De nombreux acariens de stockage ont été incriminés : *A. siro*, *T. putrescentiae*, *Thyreophagus entomophagus* [80,81], *B. tropicalis*, *Blomia freemani* [82], *Suidasia nesbitti*, *Aleuroglyphus ovatus* [83].

Sanchez-Machin et al. [81], à Tenerife, ont rapporté récemment 42 cas d'anaphylaxies orales aux acariens. Fait remarquable, dans tous les cas les patients avaient une sensibilisation à *T. entomophagus* qui était présent dans les sacs de farine laissés ouverts dans les cuisines des malades sensibilisés. Cet acarien, préalablement décrit comme un acarien de stockage dans des fermes allemandes est considéré actuellement comme l'acarien principal responsable d'anaphylaxie orale aux acariens. Il s'agit d'un acarien de stockage peu cité jusqu'à présent, qu'il faudra sans doute prendre en considération à l'avenir. Le nombre d'acariens par gramme de farine peut varier de 1680 à 52 200. La farine de blé serait le plus souvent infestée [84], mais les farines d'orge et de sarrasin seraient également favorables au développement d'*A. siro*. L'apparition des symptômes varie généralement de cinq minutes à deux heures. Enfants et adultes peuvent être atteints [72,80]. Les aliments cuits à l'origine des chocs anaphylactiques laissent à penser que les allergènes incriminés sont thermorésistants, ce qui oriente vers les allergènes du groupe 2, allergènes majeurs des acariens de stockage. Un moyen diagnostique simple consiste à effectuer parallèlement des tests cutanés avec des farines contaminées et non contaminées. Enfin, plus de 60 % des patients dans les principales séries rapportées, présentaient une intolérance à l'aspirine et aux AINS, dont l'explication reste hypothétique [81,85].

9. L'acariase

En 1944, Carter et al. [86] ont décrit sous le nom d'acariase pulmonaire un syndrome asthmatiforme qu'ils avaient attribué à la présence d'acariens dans l'arbre trachéobronchique. Soysa et al. [87] étudiant 30 militaires de la garnison de Ceylan, présentant une dyspnée sibilante associée à une éosinophilie sanguine et parfois à des infiltrats labiles, relevaient chez dix d'entre eux la présence d'acariens dans l'expectoration. Van der Sar [88] à Curaçao, a rapporté également huit observations analogues. Au Japon [89], en Espagne [90], des cas identiques ont été publiés. Les acariens incriminés étaient des acariens de stockage vivant dans des magasins où l'on stockait des denrées alimentaires et responsables de ce qui fut appelé parfois « l'asthme du soukier ». Ces travaux accueillis avec scepticisme, puis tombés dans l'oubli, ont connu récemment un regain d'intérêt lorsque plusieurs auteurs du Sud-Est Asiatique [91,92] ont décrit des acariases non plus respiratoires mais urinaires et intestinales chez des patients travaillant dans des boutiques où étaient entreposées des denrées à usage alimentaire ou médicinal (farines, riz, fruits secs, herbes médicinales...). Li et al. [92], en 2003, ont recherché systématiquement la présence d'acariens dans les urines et les selles de 1944 individus. 161 étaient porteurs d'acariens : 92 dans les selles, 37 dans les urines, 32 à la fois dans les selles et les urines. Les acariens individualisés faisaient partie des familles des Acaridae, des Glycyphagidae et des Carpoglyphidae. Les patients ayant des acariens dans leurs selles se plaignaient de douleurs abdominales, de diarrhée... ceux qui avaient des acariens dans leurs urines de dysurie, de pollakiurie, d'urines troubles...

10. Allergènes des acariens de stockage

L'identification et la caractérisation des principaux allergènes des acariens de stockage a bénéficié des progrès de la biologie moléculaire. Cependant, si 21 allergènes des acariens Pyroglyphidae ont été enregistrés par l'Union internationale des sociétés d'immunologie (UISI), le nombre d'allergènes des acariens de stockage reconnus à ce jour est nettement inférieur, dépassant rarement la dizaine (Tableau 3).

Il est surprenant de constater qu'aucun allergène du groupe 1 n'ait été identifié. Cela pourrait être en rapport avec la présence d'inhibiteurs d'enzymes dans les céréales, susceptibles d'inactiver les protéinases du groupe 1 [11]. Une autre hypothèse est celle d'une liaison de ces enzymes aux prolamines, pouvant minimiser également le contenu en allergènes du groupe 1 [93]. Les allergènes du groupe 2 des acariens de stockage, comme ceux du groupe 2 des Pyroglyphidae, sont considérés comme des allergènes majeurs. Il s'agit de protéines de liaison aux lipides ; il serait intéressant de savoir s'il existe une homologie des ces allergènes avec MD2, molécule adaptatrice et corécepteur de TLR4, nécessaire à la reconnaissance des lipopolysaccharides par le Toll récepteur de type 4 [94].

Tableau 3
Allergènes de acariens de stockage.

<i>Glycyphagus domesticus</i>	<i>Lepidoglyphus destructor</i>	<i>Tyrophagus putrescentiae</i>	<i>Acarus siro</i>
Gly d 2	Lep d 2	Typ p 2	Aca s 2
Gly d 3	Lep d 3	Tyr p 3	
Gly d 5	Lep d 5		
Gly d 7	Lep d 7		
Gly d 8			
Gly d 10	Lep d 10	Tyr p 10	
Gly d 11			
Gly d 12	Lep d 12		
Gly d 13	Lep d 13	Tyr p 13	Aca s 13
Thaumatine, Protéine de transfert lipidique, Cyclophilline, Enolase	α -tubuline Cystatine	Typ p 24 α -tubuline	

11. Allergènes de *Lepidoglyphus destructor*

Onze allergènes ont été identifiés et obtenus sous forme recombinée à partir de *L. destructor*. Lep d 1 a été reclassé dans le groupe 2. Lep d 2 est une protéine de 13,7 kDa. Il s'agit d'un allergène majeur reconnu par environ 90 % des IgE des sujets globalement allergiques à *L. destructor*. Il existe deux isoformes de Lep d 2 : Lep d 2 0101 et Lep d 2 0201 qui ont la même aptitude à lier les IgE que Lep d 2 [95]. Outre Lep d 2, Lep d 5 (12,5 kDa) et Lep d 7 (22 kDa) sont considérés comme des allergènes majeurs. Lep d 10 est une tropomyosine. Lep d 13 est une protéine de liaison aux acides gras. Lep d 3, Lep d 8, Lep d 12 sont d'autres allergènes. Une α -tubuline, d'un PM de 7 kDa a également été caractérisée. Les allergènes recombinés sont rLep d 2, rLep d 3, rLep d 5, rLep d 7, rLep d 8, rLep d 10, rLep d 12, rLep d 13, et rLep α -tubuline (Tableau 3).

12. Allergènes des *Glycyphagus domesticus*

Sept allergènes ont été identifiés à partir de *G. domesticus* :

- Gly d 2 un allergène majeur qui appartient aux allergènes du groupe 2 [96] et qui a un haut degré d'homologie avec d'autres allergènes majeurs du groupe 2 des acariens de stockage, notamment Lep d 2 ;
- Gly d 3 qui fait partie des allergènes des acariens du groupe 3 ;
- Gly d 5, Gly d 7, Gly d 8 ;
- Gly d 10, une tropomyosine ;
- et Gly d 13, protéine de liaison aux acides gras.

13. Allergènes de *Tyrophagus putrescentiae*

Bien que les premières études aient mis en évidence au moins 20 composants allergéniques, six allergènes ont été caractérisés :

- Tyr p 2, allergène majeur faisant partie des protéines du groupe 2 des acariens ;

- Tyr p 3, Tyr p 10 ;
- Tyr p 13, protéine de liaison aux acides gras, détectée chez 6,4 % des sérums de patients positifs à *T. putrescentiae* ;
- Tyr p α -tubuline qui a une fréquence d'IgE réactivité de 29,3 % sur les sérums des patients globalement allergiques à *T. putrescentiae* [97] ;
- récemment Tyr p 24, une troponine C a été obtenue sous forme recombinée [98] ;
- les allergènes Tyr p 2, Tyr p 13 et Tyr p α -tubuline ont été également obtenus sous forme recombinée.

14. Allergènes d'*Acarus siro*

Concernant *A. siro*, seuls deux allergènes ont été jusqu'à présent caractérisés. Aca s 2 est une protéine de 15 kDa, allergène majeur faisant partie des allergènes du groupe 2 des acariens, et Aca s 13, protéine de liaison aux acides gras de 14,2 kDa.

Aca s 13 a pu être obtenu sous forme recombinée.

Aca s 13 a 64 % d'identité avec Blo t 13, ainsi qu'avec d'autres protéines de liaison aux acides gras. Sa réactivité IgE est de 23 %.

15. Autres allergènes des acariens de stockage

L'inventaire des allergènes des acariens de stockage est loin d'être terminé. À partir de *G. domesticus* ont été mises en évidence une thaumatine, une cyclophilline, une émolase.

16. Allergènes de *Blomia tropicalis*

En ce qui concerne les allergènes de *B. tropicalis*, 25 bandes protéiques se liant aux IgE des patients allergiques à *B. tropicalis* ont été mises en évidence par Immunoblot [99,100]. Dix allergènes (Blo t 1, Blo t 3, Blo t 4, Blo t 5, Blo t 6, Blo t 10, Blo t 11, Blo t 12, Blo t 13 et Blo t 19) ont été officiellement dénommés et déposés dans la banque de données <http://www.allergen.org/>. Les allergènes de *B. tropicalis* n'ont qu'une réactivité croisée basse ou modérée avec les allergènes des *Dermatophagoides*. Blo t 5 est un allergène majeur, son IgE réactivité varie de 60 à 70 % [100]. Viennent ensuite selon leur pourcentage d'IgE réactivité décroissant, Blo t 12, Blo t 13 et Blo t 6. Les IgE de moins de 10 % des patients se lient à Blo t 4 et Blo t 10. Blo t 1, contrairement à ce qui avait été initialement proposé, ne semble pas être un allergène majeur. En 2007, un nouvel allergène important, Blo t 21, a été identifié par Gao et al. [101] en ayant recours à l'Expressed Sequence Tagging (EST). Blo t 21 a été reconnu par l'IUIS. Il s'agit d'une protéine de 129 AA ayant 39 % d'homologie avec Blo t 5. Bien que plus de 75 % des sujets allergiques à un extrait global de *B. tropicalis* soient sensibilisés à la fois à Blo t 5 et Blo t 21, ces deux allergènes n'ont entre eux qu'une réactivité croisée modérée. Il s'agit probablement de protéines provenant de gènes paralogues s'étant séparés très tôt dans l'évolution, de sorte que leurs pourcentages d'identité en AA sont faibles.

17. Provenance des allergènes des acariens de stockage

La provenance des allergènes des acariens de stockage n'est pas complètement élucidée. Classiquement, on assigne aux allergènes des acariens de stockage trois localisations : les cellules du tube digestif, les cellules autres que les cellules digestives ce qui est pour le moins imprécis, enfin les cellules d'origine musculaire. Lep d 2 a été localisé à la partie antérieure du tube digestif et au niveau des glandes salivaires [102]. Une activité amylasique a été mise en évidence pour certains allergènes de *G. domesticus* et de *T. putrescentiae*, ce qui suggère également une synthèse à partir des glandes salivaires.

Parmi les allergènes d'origine intracellulaire autres que les cellules digestives, on relève les protéines de liaison aux acides gras Lep d 13, Gly d 13, Tyr p 13, A sir 13.

Enfin les allergènes provenant de cellules impliquées dans la contraction musculaire sont les tropomyosines Lep d 10, Gly d 10, Tyr p 10, et la troponine Tyr p 24.

18. Réactions croisées

18.1. Réactions croisées entre acariens de stockage

Les réactions croisées entre acariens de stockage sont étroites.

18.1.1. Covariation de sensibilisation

Il existe une covariation de sensibilisation appréciée par les tests cutanés et/ou le dosage des IgE spécifiques [52,103] pour les acariens des genres *Lepidoglyphus*, *Glycyphagus* et *Tyrophagus*. Les allergènes spécifiques d'*A. siro* semblent présenter moins d'homologie de structure avec les allergènes des trois genres précédents, peut-être en raison d'un mode alimentaire plus spécifique.

18.1.2. Inhibitions du RAST

Des inhibitions du RAST ou de ses équivalents ont montré que *L. destructor* entraînait une inhibition de la liaison aux IgE de *G. domesticus* de 80 % et qu'inversement *G. domesticus* inhibait la liaison aux IgE de *L. destructor* de 82 %. En outre, *G. domesticus* et *L. destructor* pouvaient inhiber complètement la liaison à *T. putrescentiae*, alors que *T. putrescentiae* était capable d'inhiber partiellement la liaison des IgE à *G. domesticus* et *L. destructor*. *L. destructor* et *G. domesticus* sont très proches alors que *T. putrescentiae* ne possède pas le répertoire complet des épitopes de *L. destructor* et de *G. domesticus* [52]. Des inhibitions d'immunoblots ont abouti aux mêmes résultats [103,104].

18.1.3. Identités de séquence en acides aminés des allergènes

Enfin les identités de séquence en acides aminés des allergènes des différentes espèces d'acariens de stockage sont élevées, de l'ordre de 80 % [96], notamment pour les allergènes majeurs du groupe 2 de *L. destructor*, *G. domesticus*, *T. putrescentiae* et *A. siro*. Ces allergènes

du groupe 2 sont considérés comme la base moléculaire des réactions croisées. Par ailleurs, il a été suggéré que les identités de séquence supérieures à 70 % étaient nécessaires pour entraîner une coréactivité croisée significative entre les allergènes homologues [105]. Cela est le cas pour les allergènes des acariens de stockage qui présentent entre eux une coréactivité majeure.

18.2. Réactions croisées entre acariens de stockage et acariens pyroglyphides

Une concomitance des tests cutanés est souvent observée entre acariens de stockage et acariens pyroglyphides [106], ce qui a longtemps fait considérer que leurs allergènes étaient très proches. En raison de la distribution très large des *Dermatophagoides*, il est difficile d'avoir des malades uniquement sensibilisés aux acariens de stockage. La présence de *D. pteronyssinus* dans les échantillons de poussière analysés, même lorsque les acariens de stockage ou *B. tropicalis* sont abondants, est quasi constante [98]. La question se pose de savoir si les sensibilisations observées sont dues à des allergènes croissants ou à des allergènes propres à chaque espèce entraînant des sensibilisations parallèles. Il existe de rares études venant essentiellement du milieu professionnel où certains patients ont des tests cutanés positifs aux acariens de stockage sans positivité aux *Dermatophagoides* [31,32,103]. Selon Armentia et al. [31], parmi 50 ouvriers employés à la manipulation des grains, 11 n'étaient sensibilisés qu'aux seuls acariens de stockage. Van der Heide et al. [103] ont étudié 250 patients : 200 étaient sensibilisés à la fois à Dpt et aux acariens de stockage ; parmi les 50 patients non sensibilisés à Dpt seuls cinq avaient des IgE spécifiques uniquement pour les acariens de stockage.

Des résultats contradictoires ont été rapportés dans les études reposant sur des inhibitions du RAST ou de ses équivalents. Certaines études montrent une inhibition très limitée de la liaison aux IgE des extraits d'acariens de stockage par Dp et Df et réciproquement [52,106] tandis que d'autres études montrent l'inverse. Il est vrai que les sérums provenaient de régions différentes où les profils de sensibilisation des patients pouvaient être différents ; par ailleurs, la quantité d'allergènes utilisés pour obtenir une inhibition de 50 % pouvait varier de un à 1000, voire plus. D'une manière générale, les allergènes de Dpt provoquent une inhibition d'environ 60 % de la fixation des IgE aux allergènes des acariens de stockage, alors que les extraits d'acariens de stockage n'inhibent que très faiblement la fixation des IgE aux allergènes des extraits de Dpt [104].

L'étude des séquences en acides aminés des allergènes des acariens de stockage et des acariens pyroglyphides montre de faibles pourcentages d'homologie : 36 % entre Lep d 2 et Der p 2, 41 % entre Der p 2 et Tyr p 2, 30 % entre Lep d 5 et Der p 5, 29 % entre Lep d 7 et Der p 7 (Tableau 4).

De toutes ces études, il ressort que la réactivité croisée entre acariens pyroglyphides et acariens de stockage est peu importante, ce qui est en accord avec les données taxonomiques.

Tableau 4

Homologie des séquences en acides aminés des acariens pyroglyphides, des acariens de stockage et de *Blomia tropicalis*.

		%	Réactions croisées probables
Der p 1	Blo t 1	36	Non
Der p 2	Lep d 2	36	Non
Der p 2	Tyr p 2	41	Non
Der p 3	Blo t 3	48	Non
Der p 5	Blo t 5	43	Non
Der p 5	Lep d 5	30	Non
Der p 6	Blo t 6	58	Non
Der p 7	Lep d 7	29	Non
Der p 9	Blo t 9	56	Non
Der p 10	Lep d 10	94	Oui (tropomyosine)

19. Mise en évidence des allergènes des acariens de stockage

19.1. Méthodes optiques de comptage et d'identification des acariens de stockage

Elles sont particulièrement intéressantes dans l'allergie aux acariens de stockage pour préciser la présence et l'abondance respectives d'acariens pyroglyphides et d'acariens de stockage qui cohabitent fréquemment, ce que ne permettent pas les tests cutanés et les IgE spécifiques en raison de réactions croisées. Julia et al. [107] ont pu ainsi montrer que la sensibilisation à *L. destructor* mise en évidence par les tests cutanés était en fait due à un autre acarien de stockage, l'examen optique n'ayant mis en évidence que de rares espèces de *L. destructor*.

Un autre avantage des méthodes optiques est qu'elles permettent de distinguer les acariens morts des acariens vivants, leurs œufs et leurs larves, ce qui permet d'apprécier de façon indirecte la vitalité des colonies observées. Malheureusement, il est nécessaire d'avoir recours à des personnels spécialisés dans l'identification des acariens ; les méthodes à mettre en œuvre, longues, fastidieuses et coûteuses, ne sont plus suffisamment utilisées.

19.2. Méthodes immunochimiques

Elles sont basées sur des méthodes de type Elisa ayant recours à des anticorps monoclonaux dirigés contre les épitopes des allergènes des acariens. En pratique, un dosage de Lep d 2 a pu être mis au point [108]. Ce dosage est bien corrélé avec les comptages de *L. destructor*, aussi bien dans les échantillons provenant de poussière de grange que dans des échantillons de céréales [109,110]. Des dosages de Gly d 2, Tyr p 2 et Aca s 2 sont également possibles.

19.3. Dosage de la guanine

Le dosage de la guanine permet une bonne évaluation de l'exposition aux allergènes des acariens pyroglyphides [111,112]. Cependant, les acariens de stockage n'ont pas le même mode alimentaire que les acariens pyroglyphides, et lorsque l'humidité est majeure, les moisissures deviennent leur

principal aliment. Cela pourrait expliquer une moindre présence de guanine dans les particules fécales des acariens de stockage [113].

19.4. Démarche diagnostique

La démarche diagnostique est classique : anamnèse orientée lorsqu'il existe une suspicion d'exposition professionnelle, tests cutanés et/ou dosage des IgE spécifiques, éventuellement complétée par un test ventilatoire.

19.4.1. Tests cutanés

Une revue de la littérature montre que les acariens de stockage le plus souvent en cause sont *L. destructor*, *G. domesticus*, *T. putrescentiae* ou *A. siro*. L'idéal serait de pouvoir tester ces quatre espèces d'acariens. Le choix des allergènes semble avoir été fait, moins en fonction de l'écologie des acariens de stockage que des extraits disponibles. En raison de la forte homologie existant entre ces quatre espèces, notamment de *G. domesticus* et *L. destructor*, les résultats semblent identiques quel que soit l'acarien testé. Ce qui est plus important est d'utiliser des extraits contenant suffisamment d'allergènes. Il a été montré que les taux d'antigènes présents dans des solutions pour prick-tests de *L. destructor* et d'*A. siro* pouvaient varier de un à dix selon les firmes produisant des extraits d'acariens de stockage [114]. Les tests cutanés valent ce que valent les extraits et certains extraits peuvent probablement être à l'origine de faux résultats négatifs. Il est regrettable que les praticiens ne puissent avoir à leur disposition certains allergènes moléculaires recombinés comme Lep d 2 par exemple.

19.4.2. Recherche d'IgE spécifiques

La recherche d'IgE spécifiques des acariens de stockage est possible par ImmunoCAP pour *A. siro* (d70), *L. destructor* (d71), *G. domesticus* (d73), *T. putrescentiae* (d72), *B. tropicalis* (d201). Il n'y a pas pour l'instant d'allergènes moléculaires provenant des acariens de stockage, ni d'allergènes des acariens de stockage purifiés, naturels, sur la biopuce Phadia.

20. Conséquences pratiques

20.1. Faut-il tester les acariens de stockage ?

La réponse est différente selon qu'il s'agit de patients travaillant en milieu agricole ou dans des professions exposées et de patients tout-venant consultant pour une rhinite ou un asthme perannuels.

En milieu agricole et dans des professions exposées, la réponse, qui nous semble-t-il est positive, mérite d'être nuancée. En milieu agricole, les fermiers sont exposés à de multiples aérocontaminants, organiques, chimiques et biologiques. Ces aérocontaminants peuvent entraîner des atteintes respiratoires par des mécanismes nombreux et parfois intriqués, allergiques, mais aussi inflammatoires ou pharmacologiques.

Dans la charge allergénique, la part revenant aux acariens de stockage est difficile à apprécier. L'institut de prévention et de médecine du travail de Bochum [114] a récemment dressé la liste des principaux allergènes dans certaines professions où il existe traditionnellement une exposition aux acariens de stockage. Chez les boulangers et les meuniers sont fréquemment en cause les farines de blé, de seigle, de maïs, l' α -amylase, les mouches de la farine, les acariens de stockage. Chez les fermiers, il peut s'agir d'allergènes de bovins, de porcs, de chevaux, de chèvres, de la poussière de foin, de moisissures, d'acariens de stockage. Enfin, chez les employés de laboratoire on retrouve les allergènes des souris, des lapins, des cochons d'Inde, des acariens de stockage, le latex. Ces listes sont loin d'être exhaustives. De plus, dans des professions classiquement exposées aux acariens de stockage, une sensibilisation à leurs allergènes n'est pas toujours mise en évidence. Vidal et Gonzales-Quintela [115] ont montré qu'un patient ayant des IgE spécifiques vis-à-vis des acariens de stockage, des acariens pyroglyphides, des farines de céréales, avait un test de provocation ventilatoire uniquement positif à la farine d'orge. Chez 21 boulangers, meuniers et fermiers souffrant d'allergie respiratoire, Alvarez et al. [116] ont noté que les agents sensibilisants les plus fréquents étaient l' α -amylase, le soja, puis les acariens de stockage. Tee et al. [117] ont relevé que deux tiers des boulangers souffrant d'une rhinite et d'un asthme n'avaient pas de sensibilisation aux acariens de stockage. Dans l'industrie céréalière, seuls 11,88 % des malades allergiques l'étaient aux acariens de stockage [33]. À côté des acariens de stockage, il existe de nombreux insectes potentiellement allergisants dans les grains stockés, appartenant essentiellement aux coléoptères et lépidoptères, charançons, tribolium, sylvains, capucins, teignes, alucites, psocues...

Dans une consultation tout-venant de patients souffrant d'asthme ou de rhinite perannuels, faut-il effectuer des tests cutanés et/ou un dosage des IgE sériques spécifiques aux acariens de stockage ? Rares sont les études qui permettent de répondre à cette question. Les auteurs qui ont mis en évidence des sensibilisations aux acariens de stockage en milieu urbain établissent un constat sans proposer de recommandations quant à la nécessité de faire systématiquement des tests à ces acariens [46,47,51,57,58,60].

En France, Sonnevile et al. [59] ont montré que le dosage d'IgE spécifiques vis-à-vis des acariens de stockage était suffisamment fréquemment positif pour élargir la gamme des recherches systématiques aux acariens de stockage. Arias et al. [52] recommandent la pratique des tests cutanés et/ou du dosage des IgE spécifiques afin d'obtenir un diagnostic plus précis et d'envisager un traitement plus adéquat. Elle souligne cependant que ces recommandations ne sont valables en Espagne que dans certaines régions chaudes et humides. Les acariens de stockage ne sont habituellement pas inclus dans des études de prévalence de l'atopie ou des sensibilisations effectuées par tests cutanés.

La démarche diagnostique ne se justifie que si elle doit déboucher sur des mesures pratiques : éviction et désensibilisation.

20.2. Éviction

20.2.1. À l'intérieur de l'habitat

Les méthodes sont identiques à celles qui ont été proposées pour l'éviction des acariens pyroglyphides. L'abaissement de la température, et plus encore, la diminution de l'humidité relative en-dessous de 60 % sont deux mesures prioritaires. Ces mesures doivent être proposées, discutées et expliquées par des conseiller(e)s en environnement, habitués à mesurer l'humidité relative à l'intérieur de l'habitat et à repérer les zones d'humidité.

Des mesures plus spécifiques visent à empêcher la contamination des denrées alimentaires ; les emballages contenant farines, céréales, nourriture pour animaux, doivent être hermétiquement scellés sous peine d'être contaminés après cinq semaines de stockage sans protection. Les dates de péremption ne doivent pas être dépassées [118].

20.2.2. En milieu céréalier

Certaines céréales telles que le maïs ou le sorgho ont une humidité telle à la récolte que leur séchage est obligatoire préalablement à leur stockage. Une fois ensilées, les graines doivent être mélangées en atmosphère froide avec une humidité relative inférieure à 60 %.

Des acaricides peuvent être utilisés en surface : le pirimiphos-méthyl est délaissé en raison d'une résistance aux acariens (93 % en 1992 pour *A. siro*). Le chlorpyrifos-méthyl est autorisé à la dose de 2,5 g par tonne, la pyréthrine et ses dérivés à la dose de 0,5 à 1 g par tonne ; le benzylbenzoate a été également utilisé. On s'oriente actuellement vers des produits comme l'haflénoside qui sont des perturbateurs de croissance et seraient inoffensifs pour l'homme [119]. Reste aussi le recours aux phéromones, préconisées depuis longtemps mais qui ne semblent pas avoir été utilisées à grande échelle.

20.3. Immunothérapie

Une seule étude, à notre connaissance, a montré l'intérêt de l'utilisation des acariens de stockage dans la désensibilisation. Armentia et al. [120] ont effectué pendant un an une désensibilisation avec *L. destructor*, avec une bonne efficacité : diminution des signes cliniques et fonctionnels, et augmentation des IgG1 et des IgG4.

Les réactions croisées entre *Dermatophagoides* et acariens de stockage sont-elles suffisantes pour que l'on puisse se contenter d'une immunothérapie effectuée avec les allergènes de l'un ou l'autre groupe ? La réponse nous semble être négative. Certains auteurs considèrent, peut-être à juste titre, que des échecs de la désensibilisation à *D. pteronyssinus* seraient dus à la non désensibilisation avec des allergènes également responsables tels que ceux des acariens de stockage.

Faut-il alors ajouter une désensibilisation aux acariens de stockage lorsqu'il existe une double sensibilité et que les patients sont exposés professionnellement aux acariens de stockage ? Dans cette éventualité, il pourrait être envisagé dans le futur de rajouter un allergène recombiné significatif des allergènes de stockage, tel que Lep d 2.

21. Conclusion

L'allergie aux acariens de stockage vient au deuxième plan, en Europe tout au moins, loin derrière l'allergie aux pyroglyphides, qui restent la principale source des allergènes des acariens de la poussière de maison. Le nombre de publications consacrées aux acariens de stockage constitue un reflet partiel de leur importance et de l'intérêt qu'on leur accorde. Jusqu'en 2009, 154 publications avaient été consacrées à *L. destructor*, 140 à *G. domesticus*, 61 à *A. siro* et 42 à *T. putrescentiae*, alors que 827 publications faisaient état de *Dpt* [11]. Le problème des acariens de stockage n'intéresse pas seulement les allergologues et les acarologues, mais toutes les professions impliquées dans le stockage des céréales ou bien encore les vétérinaires. Dans certains environnements, en milieu agricole, en milieu professionnel, en milieu urbain humide, les acariens de stockage peuvent jouer un rôle prépondérant. L'homologie et les disparités existant entre allergènes des acariens de stockage et acariens pyroglyphides sont en accord avec la phylogénétique ; allergie aux acariens de stockage et allergie aux acariens pyroglyphides ne sont que partiellement superposables. Pour rendre compte de cette différence, il a été proposé d'appeler acariens domestiques à la fois les acariens de stockage et *B. tropicalis*, et de conserver la dénomination d'acariens de la poussière de maison pour les pyroglyphides.

Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

Références

- [1] Fain A, Guérin B, Hart BJ. Acariens et allergies. Varennes-en-Argonne: Guérin B, Allerbio; 1988 (p. 179).
- [2] Coineau Y, Cléva R, du Chatenet G. Ces animaux minuscules qui nous entourent. Lausanne-Paris: Delachaux et Niestlé ed.; 1997 [p. 16–9].
- [3] Mourier H, d'Aguilar J. Animaux et insectes, hôtes cachés de nos maisons. Lausanne-Paris: Delachaux et Niestlé ed.; 1996 [p. 63–5].
- [4] Hugues AM. The mites of stored foods. Ministry Agric Fish Food Tech Bull 1961;9:142–52.
- [5] Hart BJ. Écologie et biologie des acariens allergéniques. In: Fain A, Guérin B, Hart BJ, editors. Acariens et allergies. 1988. p. 131–42.
- [6] Valdevisio R, Iraola V, Estupinan M, Fernandez-Caldas F. Sensitization and exposure to house dust and storage mites in high altitude of Ecuador. Ann Allergy Asthma Immunol 2006;97:532–8.
- [7] Thind BA, Clarke PG. The occurrence of mites in cereal-based foods for human consumption and possible consequences of infestation. Exp Appl Acarol 2001;25:203–15.
- [8] Van Hage-Hamsten M, Johansson SG, Hoglund S, Tull P, Wiren A, Zetterström O. Storage mite allergy is common in a farming population. Clin Allergy 1985;15:555–64.
- [9] Puerta L, Fernandez-Caldas E, Lockey RF, Carabello LR. Sensitization to *Chortoglyphus arcuatus* and *Aleuroglyphus ovatus* in *Dermatophagoides* spp-allergic individuals. Clin Exp Allergy 1993;23:117–23.
- [10] Kuwahara Y. Pheromone studies on astigmated mites-alarm aggregation and sex. In: Dusbabeck F, Bukva V, editors. Modern acarology, 1. The Hague: Academia, Prague and SPB Academic Publishing bv; 1991. p. 43–53.
- [11] Colloff MJ. Dust mites. Collingwood Australia: Springer, Dordrecht, The Netherlands, CSIRO publishing; 2009 [583 p.].

- [12] Turner B, Bishop J. An analysis of the incidence of psocids in domestic kitchens: the PPFA 1997, household survey what's bugging your kitchen. *Environ Health* 1998;106:310–4.
- [13] Warner A, Bostrom C, Möller C, Kjellman NIM, Warner A. Mite fauna in the home and sensitivity to house dust and storage mites. *Allergy* 1999;54:681–90.
- [14] Kort HS, Schoenber G, Koren LGH, Sharringa J. Mould-devouring mites differ in guanine excretion from dust-eating acari, a possible error source in mite allergens study. *Clin Exp Allergy* 1997;27:921–5.
- [15] Charpin D, Parola P, Areski I, Charpin-Kadouch C, Paloy A, Dumon H. House dust mites on wall surfaces of damp dwellings belong to storage mites genus. *Allergy* 2010;65:274–5.
- [16] Araujo-Fontaine A, Wagner M, Moreau G, Basset A. Élevage des acariens de la poussière domestique et recherche des anticorps précipitants anti-poussière et anti-acariens par immunodiffusion en gélose. *Rev Fr Allergol* 1972;12:231–8.
- [17] Voorhorst R, Spieksma-Boezeman MIA, Spieksma FTHM. Is a mite (Dermatophagoides sp) the producer of the house dust allergen? *Allerg Asthma* 1964;10:329–34.
- [18] Storm van Leeuwen W, Bein Z, Varekamp H. Experimentelle allergische krankheit. *Z Immun Exp Ther* 1924;40:552–5.
- [19] Dekker H. Asthma und Milben. *Münch Med Wschr* 1928;75:515–6.
- [20] Oboussier H. Beiträge zur Biologie und Anatomie der Wohnungsmilben. *Zeitschr Angen Entomol Berlin* 1939;26:253–96.
- [21] von Bronswijk JEMH, Pauli G. An update on long-lasting mite avoidance, dwelling construction, humidity management, cleaning. Aachen: Johanna EMH von Bronswijk, Gabrielle Pauli ed.; 1996 [65 p.].
- [22] Spieksma FTHM, Voorhorst R. Comparison of skin reactions to extracts of house dust, mites and human skin scales. *Acta Allergol* 1969;24: 124–46.
- [23] Maunsell K, Wraith DG, Hugues AM. Mites and house dust allergy in bronchial asthma. *Lancet* 1968;ii:1267–70.
- [24] Cuthbert OD, Brostoff J, Wraith DG, Brighton WD. Barn Allergy: asthma and rhinitis due to storage mites. *Clin Allergy* 1979;9:229–36.
- [25] Eaton KK, Downing FS, Griffith DA, Lynch S, Hackland S, McNulty DW. Storage mites culturing, sampling technique, identification and their role in house dust allergy in rural areas in the United Kingdom. *Ann Allergy* 1985;55:62–7.
- [26] Terho EO, Leskinen L, Husman K, Kärenlamp L. Occurrence of storage mites in Finnish farming environment. *Allergy* 1982;37:15–9.
- [27] van Hage-Hamsten M, Johansson E, Wren A, Johansson SGO. Storage mites dominate the fauna in Swedish barn dust. *Allergy* 1991;46:42–6.
- [28] Mumcuoglu Y. House dust mites in Switzerland. I. Distribution and taxonomy. *J Med Ent* 1975;12:5–9.
- [29] Iversen M, Korsgaard J, Hallas T, Dahl R. Mite allergy and exposure to storage mites and house dust mites in farmers. *Clin Exp Allergy* 1990;20:211–9.
- [30] Marx JJ, Twigg J, Ault B. Inhaled aero-allergens and storage mites reactivity in a Wisconsin farmer nests care-control study. *Am Rev Respir Dis* 1993;147:354–8.
- [31] Franz JTh, Masuch G, Müschen H, Bergmann KCH. Mite fauna of German farms. *Allergy* 1997;52:1233–7.
- [32] Blainey AD, Topping MD, Ollier S, Davies RJ. Allergic respiratory disease in grain workers: the role of storage mites. *J Allergy Clin Immunol* 1989;84:296–303.
- [33] Armentia A, Martinez A, Castrodeza R, Martinez J, Jimeno A, Mendez J, et al. Occupational allergic disease in cereal workers by stored grain pests. *J Asthma* 1997;34:369–78.
- [34] Revsbech C, Feldner H, Ebner H, Kraft D. Storage mites allergy among grain elevator workers. *Allergy* 1987;42:423–9.
- [35] Revsbech P, Dueholm M. Storage mites allergy among bakers. *Allergy* 1987;42:423–9.
- [36] De Zotti R, Larese F, Bovenzi M, Negro C, Molinari S. Allergic airway disease in Italian bakers and pastry makers. *Occup Environ Med* 1994;51:548–52.
- [37] Armentia A, Tapias J, Barner D, Martin J, De la Fuente R, Sanchez P, et al. Sensitization to the storage mite *Lepidoglyphus destructor* in wheat flour respiratory allergy. *Ann Allergy* 1991;68:398–403.
- [38] Green WF, Woolcock AJ. *Tyrophagus putrescentiae*: an allergically important mite. *Clin Allergy* 1978;8:135–44.
- [39] Molina C, Tourreau F, Aiache J, Brun J, Jeanneret A, Roche G. Manifestations allergiques chez les fromagers. Étude clinique, épidémiologique et immunologique. *Rev Fr Allergol* 1977;17: 235–8.
- [40] Wilkin DR. The control of mites in cheese stores. *Recent Adv Acarol* 1979;1:221–9.
- [41] Pignier D. Un acarologue, entretien avec le Professeur Coineau. *Respir* 1992;84:8–10.
- [42] Brazis P, Serra M, Selles A, De Thioux F, Biourge V, Puigoemont A. Evaluation of storage mites contamination of commercial dry dog foods. *Vet Dermatol* 2008;19:209–14.
- [43] Armentia A, Fernandez A, Erez-Santos CP, de la Fuente R, Anchez DS, Sanchis F. Occupational allergy to mites in salty ham, chorizo and cheese. *Allergol Immunopathol* 1994;22:152–4.
- [44] Macan J, Kanceljak-Macan B, Suskin E, Milkovic-Kraus S. Sensitization to storage mites in urban working environment. *Arch Indust Hygiene Toxicol* 1998;49:27–32.
- [45] Szilman P, Szilman E, Szilman M, Meszynka E, Maniurka H, Solari K, et al. Occupational exposure to allergenic mites among workers of the Silesian zoo. *Biol Lett* 2006;43:375–80.
- [46] Arlian LG, Morgan MS, Neal JS. Dust mite allergens: ecology and distribution. *Curr Allergy Asthma Rep* 2002;2:404–11.
- [47] Luczynska CM, Griffin P, Davies RJ, Topping MD. Prevalence of specific IgE to storage mites (*A. siro*, *L. destructor*, *T. longior*) in an urban population and cross reactivity with the house dust mite *D. pteronyssinus*. *Clin Exp Allergy* 1990;20:403–6.
- [48] Ebner C, Feldner H, Ebner H, Kraft D. Sensitization to storage mites in house dust mite (*Dermatophagoides pteronyssinus*) allergic patients. Comparison of a rural and an urban population. *Clin Exp Allergy* 1994;24:347–52.
- [49] Dal Monte M, Tomasini C, Califa V, Pederzoni P. The role of the sensitization to storage mites in the diagnosis of allergic respiratory diseases. *Aerobiologia* 1992;8:419–22.
- [50] Vidal C, Chomon B, Pérez Carral C, Gonzales-Quintela A. Sensitization to *Lepidoglyphus destructor* and *Acarus siro* in patients allergic to house dust mites (*Dermatophagoides* spp). *J Allergy Clin Immunol* 1997;100: 716–8.
- [51] Boquete M, Carballada F, Armisen M, Nieto A, Martin S, Polo F, et al. Factors influencing the clinical picture and the differential sensitization to house dust mites and storage mites. *J Allergy Clin Immunol* 2000; 10:229–34.
- [52] Arias-Irigoyen J, Lombardero M, Arteaga C, Carpizo JA, Barber D. Limited IgE cross-reactivity between *Dermatophagoides pteronyssinus* and *Glycyphagus domesticus* in patients naturally exposed to both mite species. *J Allergy Clin Immunol* 2007;120:98–104.
- [53] Araujo-Fontaine A, Wagner M, Kremer M. Contribution à l'étude des acariens de la poussière domestique en Alsace. Relation avec les conditions d'habitat. *CR Seances Soc Biol* 1974;167:371–8.
- [54] Rousset G. Contribution à l'étude systématique et écologique des acariens impliqués dans l'allergie à la poussière de maison. Thèse, Fac. Med. Université de Montpellier, 1971.
- [55] Bruttman G. L'allergie à la poussière de maison : valeur antigénique des acariens. *Cahiers Med* 1975;6:407–16.
- [56] Bessot JC. L'asthme aux acariens. Thèse Med, Université Louis-Pasteur, Strasbourg 1973, 196 p.
- [57] Hardel PJ, Lajudie JP, Portal B, Ville G, Guilloux L, D'Athis P. L'allergie à *Tyrophagus putrescentiae* et à *Lepidoglyphus destructor* dans une population d'adultes jeunes asthmatiques. *Allergie Immunol* 1986;18:23–52.
- [58] Heyraud JD, Marotel C, Natali F, L'Her P, Vaylet F, Allard P. Étude de la sensibilisation cutanée au *Lepidoglyphus destructor* et au *Tyrophagus putrescentiae* chez 200 asthmatiques. *Rev Fr Allergol Immunol Clin* 1989;29:181–3.
- [59] Sonnevile A, Ribault-Lebègue D, Lucas H. Antigénicité et allergénicité des acariens : étude sur une population de 33 patients allergiques. *Allergie Immunol* 1990;22:10–3.

- [60] Lelong M, Henard J, Thelliez P, Bras C, Drain JP, Puprey J. Acarus siro peut-il être considéré comme un acarien allergisant chez l'enfant ? Bilan de 248 explorations. *Allergie Immunol* 1986;18:10–2.
- [61] Fernandez-Caldas E, Puerta L, Mercado D, Lockey RF, Caraballo LR. Mite fauna, Der p 1, Der f 1 and *Blomia tropicalis* allergen levels in a tropical environment. *Clin Exp Allergy* 1993;23:292–7.
- [62] Chew FT, Zhang L, Ho TM, Lee BW. House dust mite fauna of tropical Singapore. *Clin Exp Allergy* 1999;29:201–6.
- [63] Mariana A, Ho TM, Sofian-Azirun M, Wong AL. House dust mite fauna in the Kiang Valley. *Malaysia Southeast Asian J Tropical Med Publ Health* 2000;31:712–21.
- [64] Stanaland BE, Fernandez-Caldas E, Jacinto CM, Trudeau WL, Lockey RF. Sensitization to *Blomia tropicalis*: skin-test and cross-reactivity studies. *J Allergy Clin Immunol* 1994;94:452–7.
- [65] Chew FT, Lim SH, Goh DY, Lee BW. Sensitization to local dust-mite fauna in Singapore. *Allergy* 1999;54:1150–9.
- [66] Ferrandiz R, Casas R, Dreborg S. Sensitization to *Dermatophagoides siboney*, *Blomia tropicalis*, and other domestic mites in asthmatic patients. *Allergy* 1996;51:501–5.
- [67] Adriel-Gudiel H, Jorge-Gudiel H, Lissie-Tincopa A, Dutau G, Rancé F. Étude des sensibilisations aux aéro-allergènes chez les enfants asthmatiques âgés de plus de 3 ans et habitant dans la zone Nord de Lima. *Rev Fr Allergol* 2009;40:403–9.
- [68] Nelson Jr RP, DiNicolo R, Fernandez-Caldas E, Seleznick MJ, Lockey RF, Good RA. Allergen-specific IgE levels and mite allergen exposure in children with acute asthma first seen in an emergency department and in nonasthmatic control subjects. *J Allergy Clin Immunol* 1996;98:258–63.
- [69] Carabello L, Puerta L, Fernandez-Caldas E, Lockey RF, Martinez B. Sensitization to mite allergens and acute asthma in a tropical environment. *J Invest Allergol Clin Immunol* 1998;8:281–4.
- [70] Fain A. Gale et dermatites produites par les acariens. *Louvain Med* 1969;88:755–61.
- [71] Dutau G. Les acariens, de nouveaux allergènes masqués. *Rev Fr Allergol Immunol Clin* 2002;42:171–7.
- [72] Sanchez-Borgez M, Capriles-Hulett A, Caballero-Fonseca F. Oral mite anaphylaxis (pancake syndrome) are also observed in the children. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2006;96:755–6.
- [73] Sanchez-Borgez M, Suarez-Chacon R, Capriles-Hulett A, Caballero-Fonseca F. An update on oral anaphylaxis from mite ingestion. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2005;94:216–21.
- [74] Sanchez-Borgez M, Iraola V, Fernandez-Caldas E, Capriles-Hulett A, Caballero-Fonseca F. Dust mite ingestion-associated exercise induced anaphylaxis. *J Allergy Clin Immunol* 2007;120:714–5.
- [75] Erben AM, Rodriguez OL, McCullough J, Ownby JR. Anaphylaxis after ingestion of beignets contaminated with *Dermatophagoides farinae*. *J Allergy Clin Immunol* 1993;92:846–9.
- [76] Blanco C, Quiralte J, Castillo R, Delgado J, Arteaga C, Barber D, et al. Anaphylaxis after ingestion of wheat flour contaminated with mites. *J Allergy Clin Immunol* 1997;99:308–13.
- [77] Guerra Bernd LA, Arruda LK, Barros Antunes HB. Oral anaphylaxis to mites. *Allergy* 2001;56:83–4.
- [78] Matsumoto T, Goto Y, Mike T. Anaphylaxis to mites-contaminated flour. *Allergy* 2001;56:247.
- [79] Matsumoto T, Satho A. The occurrence of mite-containing wheat flour. *Pediatr Allergy Immunol* 2004;15:469–71.
- [80] Iglesias-Souto J, Sanchez-Machin I, Iraola V, Poza P, Gonzales R, Matheu V. Oral mite anaphylaxis to *Tyrophagus entomophagus* in a child: a case report. *Clin Mol Allergy* 2009;7:10–3.
- [81] Sanchez-Machin I, Glez-Paloma Poza R, Iglesias-Souto J, Iraola V, Matheu V. Oral mite anaphylaxis. *Allergy* 2010;65:1345–7.
- [82] Wen DC, Shyr SO, Ho CM, Chiang YC, Huang LH, Lim MT. Systemic anaphylaxis after the ingestion of pancake contaminated with the storage mite: *Blomia freemani*. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2005;95:612–4.
- [83] Geller M, Hahnstad R, Ludwig R, Rosiheiro M, Fernandez-Caldas E. Dust mite contaminated wheat flour induced anaphylaxis. *Rev Bras Allergic Immunopathol* 2009;32:199–201.
- [84] Yi FC, Chen JY, Chua KY, Lee BW. Dust mite infestation of flour samples. *Allergy* 2009;64:1788–9.
- [85] Sanchez-Borges M, Capriles-Hulett A, Caballero-Fonseca F. A new trial: sensitivity to aspirin, allergic rhinitis and severe allergic reaction to ingested aero-allergens. *Cutis* 1997;56:311–4.
- [86] Carter H, Wedd G, d'Abrera V. The occurrence of mites (Acarina) in human sputum and their possible significance. *Indian Med Gaz* 1944;79:163–8.
- [87] Soysa E, Jayawardena MDS. Pulmonary acariasis, a possible cause of asthma. *Brit Med J* 1945;4383:1–6.
- [88] van der Sar. Pulmonary acariasis. Its relationship to eosinophil lung and Loeffler's syndrome. *Amer Rev Tuberc* 1946;43:440–6.
- [89] Sasa M. Mites of the genus *Dermatophagoides* Bogdanov 1864 found from three cases of human acariasis. *Jap J Exp Med* 1950;20:519–27.
- [90] de Figueroa Taboada M. Pulmonary acariasis in Spain. *Brit Med J* 1954;1:437–8.
- [91] Chen X, Fu C. Mites causing pulmonary intestinal and urinary acariasis. In: Chen X, Ma E, editors. *Researches of acarology in China*. Chongqing: Chongqing Publishing House; 1992. p. 109–13.
- [92] Li LP, Lui YB, Wang J, Yang QG, Tian Y. Acarid mites, intestinal and urinary acariasis. *World J Gastro-Enterol* 2003;9:874–7.
- [93] Barber D, Pernas M, Chamoro M, Carreira J, Arteaga C, Sanchez-Monge R, et al. Specific depletion of the huse dust mite allergen Der p 1 cereal flour prolamines. *J Allergy Clin Immunol* 1996;97:963–5.
- [94] Trompette A, Divanovic S, Vishtin A, Blanchard C, Hedge RS, Madan R, et al. Allergenicity resulting from functional mimicry of a toll-like receptor complex protein. *Nature* 2009;457:585–8.
- [95] Kaiser L, Gavvelin G, Johansson E, Van Hage Hamsten M, Rasoul O. Lep d 2 polymorphisms in wild and cultured *Lepidoglyphus destructor* mites. *Eur J Biochem* 2003;270:645–6.
- [96] Gavvelin G, Johansson E, Lundin A, Smith AM, Chapman MD, Benjamin DC, et al. Cross-reactivity studies of a new group 2 allergen from the dust mite *Glycyphagus domesticus*, Gly d 2, and group 2 allergens from *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Lepidoglyphus destructor*, and *Tyrophagus putrescentiae* with recombinant allergens. *Allergy Clin Immunol* 2001;107:511–8.
- [97] Jeong KY, Lee N, Lee JS, Lee J, Lee IY, Ree HI. Immunoglobulins E binding reactivity of recombinant allergen homologous to alpha tubulin from *Tyrophagus putrescentiae*. *Clin Diagn Lab Immunol* 2005;12:1451–4.
- [98] Jeong KY, Kim C, Un S, Yi M, Lee IY, Park JW, et al. Allergenicity of recombinant troponin C from *Tyrophagus putrescentiae*. *Int Arch Allergy Immunol* 2010;151:207–13.
- [99] Carabello L, Puerta L, Martinez B, Moreno L. Identification of allergens from the mite *Blomia tropicalis*. *Clin Exp Allergy* 1994;24:1056–60.
- [100] Arruda LK, Vailes LD, Platts-Mills TA, Fernandez-Caldas E, Montea-legre F, Lin KL, et al. Sensitization to *Blomia tropicalis* in patients with asthma and identification of allergen Blo t 5. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:343–50.
- [101] Gao YF, Wang DY, Ong TC, Tay SL, Yap KH, Chew FT. Identification and characterization of a novel allergen from *Blomia tropicalis*: Blo t 21. *J Allergy Clin Immunol* 2007;120:105–12.
- [102] Van Hage-Hamsten M, Olsson S, Emilson A, Harfast B, Svensson A, Scheynius A. Localisation of major allergens in the dust mites *Lepidoglyphus destructor* with confocal scanning microscopy. *Clin Exp Allergy* 1995;25:536–42.
- [103] Van der Heide S, Niemeijer NR, Hovenga H, de Monchy JG, Dubris AE, Kauffman HF. Prevalence of sensitization to storage mites *Acarus siro*, *Tyrophagus putrescentiae* and *Lepidoglyphus destructor* in allergic patients with different degrees of sensitization to the house dust-mite *Dermatophagoides pteronyssinus*. *Allergy* 1998;53:426–30.
- [104] Johansson E, Johansson SG, Van Hage-Hamsten M. Allergenic characterization of *Acarus siro* and *Tyrophagus putrescentiae* and their cross reactivity with *Lepidoglyphus destructor* and *Dermatophagoides pteronyssinus*. *Clin Exp Allergy* 1994;24:743–51.
- [105] King TP, Spaugford MD. Structure and biology of stinging insect venom allergens. *Int Arch Allergy Immunol* 2000;123:99–106.
- [106] Van Hage-Hamsten M, Johansson SGO, Hoglund S, Tull P, Wiren A, Zetterström O. Lack of allergenic cross reactivity between storage mites and *Dermatophagoides pteronyssinus*. *Clin Allergy* 1987;17:23–31.

- [107] Julia K, Munir AKM, Vasar M, Björkstén B. Indoor allergen levels and other environmental risk factors for sensitization in Estonian homes. *J Investig Allergol Clin Immunol* 1995;5:318–21.
- [108] Harfast B, Johansson E, Johansson SGO, van Hage-Hamsten M. ELISA method for detection of mite allergens in barn dust: comparison with mite counts. *Allergy* 1996;51:257–61.
- [109] Parvaneh S, Johansson E, Elfman LH, van Hage-Hamsten M. An ELISA for recombinant *Lepidoglyphus destructor*, Lep d 2 and monitoring of exposure to dust mite allergens in farming households. *Clin Exp Allergy* 2002;32:80–6.
- [110] Dun J. Rapid methods for the detection of storage mite in cereals: feasibility of an ELISA band approach. *Bull Entomol Res* 2008;98: 207–13.
- [111] Pauli G, Hoyet C, Tenabene A, Le Mao J, Thierry R, Bessot JC. Guanine and mite allergenicity in house-dust. *Clin Allergy* 1988;18:383–92.
- [112] Haouichat H, Pauli G, Ott M, Hedelin G, de Blay F, Vérot A, et al. Réévaluation de l'Acarex-test 10 ans après. *Rev Fr Allergol Immunol Clin* 2000;90:783–92.
- [113] Kort HS, Schober G, Koren LG, Scharringae J. Mould-devouring mites differ in guanine excretion from dust-eating Acari, a possible error source in mite allergen exposure studies. *Clin Exp Allergy* 1997;27:921–5.
- [114] van Kampen V, Merget R, Sander I, Bruening T, Raulf-Heimsoth M. Comparison of SPT solutions from different manufacturers for selected occupational allergens. *Allergy* 2010;Suppl. 92:121 [Abst].
- [115] Vidal C, Gonzales-Quintela A. Food induced and occupational asthma due to barley flour. *Ann Allergy Asthma Immunol* 1995;75:121–4.
- [116] Alvarez MJ, Tabar AI, Quirce J, Olaguibel JM, Lizaso MT, Echechipia M, et al. Diversity of allergens causing occupational asthma among cereal workers as demonstrated by exposure procedures. *Clin Exp Allergy* 1996;26:147–58.
- [117] Tee RD, Gordon DJ, Van Hage-Hamsten M, Gordon S, Nunn AJ, Johansson SG, et al. Comparison of allergic responses to dust mites in UK bakery workers and Swedish farmers. *Clin Exp Allergy* 1992;22: 233–5.
- [118] Brazis P, Serra M, Selles A, De Thioux F, Biourge V, Puigdemont A. Evaluation of storage mites contamination of commercial dry dog foods. *Vet Dermatol* 2008;19:209–14.
- [119] Prickett AJ. Recent surveys of pest-harvest pest problems in farm and commercial grain stores in the UK. *Pest Dis* 1992;4:271–280L.
- [120] Armentia-Medina A, Tapias JA, Martin JF, Ventas P, Fernandez A. Immunotherapy with the storage mite *Lepidoglyphus destructor*. *Allergol Immunopathol (Madr)* 1995;23:211–23.