




Disponible en ligne sur  
 ScienceDirect  
www.sciencedirect.com

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



SÉRIE « POLLUTION DE L'AIR INTÉRIEUR » /  
Coordonnée par F. de Blay

## Les acariens domestiques et leurs allergènes. Biologie et écologie des acariens

House dust mites and their allergens

J.-C. Bessot<sup>a</sup>, G. Pauli<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Ariale, bâtiment ancienne ophtalmologie, hôpital civil, 1, place de l'Hôpital, BP 426, 67091 Strasbourg cedex, France

<sup>b</sup> Faculté de médecine, université de Strasbourg, bâtiment ancienne ophtalmologie, hôpital civil, 1, place de l'Hôpital, BP 426, 67091 Strasbourg cedex, France

Reçu le 29 mars 2010 ; accepté le 10 septembre 2010

Disponible sur Internet le 22 février 2011

### MOTS CLÉS

Acariens  
pyroglyphides ;  
Biologie ;  
Acariens de  
stockage ;  
Écologie

**Résumé** La taxonomie, la morphologie, le cycle biologique et l'écologie des acariens Pyroglyphidae (dont font partie les Dermatophagoïdes) et des acariens de stockage (Acaridae, Glycyphagidae et *Blomia tropicalis*) sont rappelés. L'anatomie des acariens Pyroglyphidae et des acariens de stockage est voisine : octopodes, munis d'un gnathosome caractéristique, sens du toucher développé assuré par des poils sensoriels. Les glandes salivaires et l'intestin moyen sécrètent la majorité des allergènes qui sont des enzymes protéolytiques. La fécondité des acariens de stockage est nettement supérieure à celle des Pyroglyphidae. L'humidité relative est le paramètre crucial qui régule la prolifération des acariens. De 60 à 80 % pour les Pyroglyphidae, il doit approcher ou dépasser 80 % pour les acariens de stockage. La literie est la niche écologique des Pyroglyphidae qui se nourrissent de squames humaines. L'écosystème des acariens de stockage qui se nourrissent de denrées alimentaires est proche de celui des moisissures. Initialement considérés comme des acariens du secteur agricole, les acariens de stockage sont également des acariens de l'habitat citadin. *B. tropicalis* dans les régions tropicales est un véritable acarien de la poussière de maison. En plus des manifestations allergiques respiratoires, les acariens de stockage peuvent provoquer des dermatoses de contact professionnelles.

© 2011 SPLF. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

### KEYWORDS

Pyroglyphidae mites;  
Biology;

**Summary** The taxonomy, anatomy, life cycle and ecology of Pyroglyphidae mites and storage mites (Acaridae, Glycyphagidae, *B. tropicalis*) are described. Pyroglyphidae and storage mites have similar morphologies: they are octopods, with characteristic gnathosoma

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : Gabrielle.Pauli@chru-strasbourg.fr (G. Pauli).

## Storage mites; Ecology

and sensory hairs. Salivary glands and the mid gut produce most of the allergens excreted, which are enzymatic proteins. Biological cycles and development are similar, although fecundity is superior in storage mites compared to the Pyroglyphidae. Relative humidity is the main parameter, which regulates mite development, with a higher degree of temperature and humidity required for storage mites. Bedding is the ecological niche of Pyroglyphidae, which feed on human skin. Moulds and food products are the storage mite biotope from which they spread in the dwelling. Initially considered as rural mites, storage mites are also present in urban dwellings. *B. tropicalis*, in tropical regions is a true domestic mite. Because of this, it is justified to denominate Pyroglyphidae 'house dust mites' and storage mites 'domestic mites'. In addition to the respiratory allergic symptoms, the storage mites can also cause occupational contact dermatoses.

© 2011 SPLF. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

## Introduction

L'association entre sensibilisation aux acariens domestiques et maladies telles que l'asthme ou la rhinite allergique a été mise en évidence depuis plus de 40 ans [1,2]. Plus récemment, le rôle des acariens dans la dermatite atopique a été aussi démontré [3–5]. Dans la population générale, la prévalence des sensibilisations aux acariens se situe généralement entre 9 et 16 % [6,7]; elle peut atteindre 26 à 43 % dans certains pays [8]. L'enquête sur la santé respiratoire de la Communauté européenne a confirmé ces données. Rassemblant les dosages d'IgE spécifiques dirigées contre les allergènes les plus courants chez plus de 13 000 adultes répartis dans seize pays différents, elle a mis en évidence une prévalence de la sensibilisation à *Dermatophagoides pteronyssinus* variant de 6,5 à 35 % avec une moyenne de 20,3 % [9]. Dans l'étude ISAAC phase II [10], 15 % des enfants, âgés de 12 à 13 ans, à Strasbourg, étaient sensibilisés aux acariens domestiques. Enfin, dans une consultation d'allergie respiratoire ayant porté sur 3962 dossiers, plus de 50 % des patients allergiques étaient sensibilisés aux acariens [11].

De nombreuses revues générales, des rapports de réunions internationales [12–14] ont fait le point sur les aspects cliniques de l'allergie aux acariens, sur les seuils de déclenchement des sensibilisations et des symptômes [15], sur les moyens de lutte contre les acariens [16–18].

Nous n'envisagerons ici que certaines données récentes ou mal connues concernant la biologie et l'écologie des acariens pyroglyphides et des acariens dits de stockage qui n'ont pas toujours été considérés comme des acariens de la poussière domestique. Le rôle clinique et les particularités des acariens de stockage seront rappelés.

Dans un deuxième article, nous ferons le point sur les notions actuelles concernant les allergènes des acariens et les implications qui en découlent.

## Les acariens de la poussière de maison

Il convient de resituer les acariens responsables de manifestations respiratoires ou dermatologiques dans le vaste monde des acariens qui comprend environ 50 000 espèces et serait apparu il y a près de 400 millions d'années. Par rapport à l'ensemble des acariens qui peuplent notre planète :

acariens des sols et de la terre, des mousses, des plantes, des arbres ou de leurs écorces, des grottes, des eaux stagnantes, des fonds marins, des nids d'oiseaux... les acariens domestiques ne représentent qu'une infime minorité [19]. La grande majorité des acariens a un rôle utile en participant à la décomposition et au recyclage des matières organiques, y compris de celles de l'homme. Certains des acariens sont des parasites stricts, d'autres des parasites accidentels ou intermittents, d'autres enfin tels que les acariens domestiques des commensaux.

La découverte du rôle des acariens dans l'allergie à la poussière de maison remonte à un demi-siècle. C'est à Voorhorst et al. que l'on doit la mise en évidence d'une corrélation entre l'allergénicité des extraits de poussière de maison et leur richesse en acariens domestiques, notamment *D. pteronyssinus* [1,20]. Cette découverte a été confirmée par d'autres équipes anglaises et japonaises... [21–25]. En France, la recherche des acariens dans les poussières de maison a été réalisée à Strasbourg et dans la région marseillaise [26,27].

- Le rôle immunogène des extraits d'acariens a été rapidement prouvé chez l'homme et l'animal [28]. Néanmoins, la pluralité des allergènes des poussières de maison, en-dehors des acariens, a pu aussi être démontrée [29].

## Taxonomie des acariens pyroglyphides de la poussière de maison [30]

Qu'il s'agisse d'acariens pyroglyphides ou d'acariens de stockage, la taxonomie est la même concernant l'embranchement et la classe. Ce n'est qu'à partir des familles que la taxonomie diverge.

### Embranchement

Les acariens domestiques font partie de l'embranchement des arthropodes (Tableau 1), c'est-à-dire des invertébrés à carapace et à pattes articulées. Cet embranchement renferme aussi des insectes qui sont parfois confondus avec les acariens mais s'en distinguent facilement. Comme leur nom

**Tableau 1** Position taxonomique des principaux acariens domestiques.

Embranchement		Arthropodes	
Classe		Arachnides	
Familles	Pyroglyphidae	Acaridae	Glycyphagidae
Espèces	<i>Dermatophagoïdes pteronyssinus</i> <i>Dermatophagoïdes farinae</i> <i>Dermatophagoïdes microceras</i> <i>Dermatophagoïdes siboney</i> <i>Euroglyphus maynei</i>	<i>Acarus siro</i> <i>Tyrophagus putrescenciae</i> <i>Tyrophagus longior</i>	<i>Glycyphagus domesticus</i> <i>Lepidoglyphus destructor</i> <i>Lepidoglyphus domesticus</i> <i>Aleuroglyphus ovatus</i>
			Echimyopodidae
			<i>Blomia tropicalis</i> <i>Blomia kulagini</i> <i>Blomia freemani</i> <i>Blomia tjiobodas</i>
			Cheyletidae
			<i>Cheyletus eruditus</i>

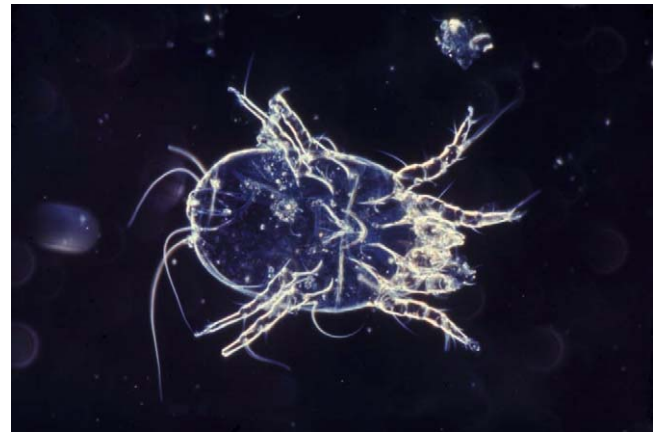


Figure 1. *Dermatophagoides pteronyssinus*.

l'indique, les insectes ont un corps segmenté alors que les acariens ont un corps d'une seule tenue. Les acariens possèdent huit pattes, alors que les insectes n'en ont que six. Ils n'ont pas d'ailes contrairement aux insectes qui sont ailés, qu'il s'agisse de véritables ailes ou seulement d'ailes vestigiales [31]. Le métabolisme des acariens est également différent : les acariens excrètent de la guanine présente dans les particules fécales, ce qui est mis à profit dans l'Acarex-test, alors que les insectes produisent de l'acide urique.

**Classe**

Les acariens font partie de la classe des arachnides comme les scorpions ou les araignées. On les décrit parfois comme des arachnides compacts ayant perdu leur segmentation originelle.

**Familles**

Quatre familles ont une importance capitale en allergie respiratoire : les Pyroglyphidae, les Acaridae, les Glycyphagidae et les Echimyopodidae ; la famille des Cheyletidae a un rôle plus accessoire. Les acariens de la poussière de maison (« house dust mites ») appartiennent à la famille des Pyroglyphidae. Ils sont aussi appelés phanérophages en raison de leur mode alimentaire. Cette famille comprend 18 genres, notamment *Dermatophagoïdes*, *Euroglyphus*, *Gymnoglyphus*, *Huguesiella*, *Hirstia*, *Malayoglyphus* et *Stur-nophagoïdes* et 48 espèces dont 13 sont présentes dans la poussière de maison [32].

**Espèces**

Les espèces les plus répandues et les plus impliquées dans le domaine des allergies ORL et respiratoires sont :

- *D. pteronyssinus* (« le mangeur de peau sans ailes ») (Fig. 1) ;
- *Dermatophagoïdes farinae*, autrefois appelé *Dermatophagoïdes culinae* (Fig. 2). Ces deux dénominations sont mal choisies et trompeuses ; *D. farinae*, s'il a été découvert dans les farines destinées à la nourriture des volailles et s'il lui arrive de se nourrir de farines diverses, est avant tout un acarien présent dans la poussière domestique et la literie ;

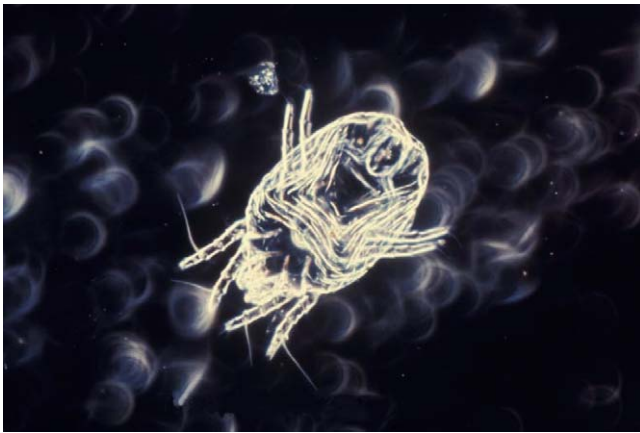


Figure 2. *Euroglyphus manei*.

- *Euroglyphus Maynei* arrive parfois en deuxième position par ordre de fréquence dans les prélèvements de poussière domestique (Fig. 3). Il devient en semi-altitude, entre 400 et 1500 m, l'acarien domestique le plus souvent identifiable. Curieusement, *E. maynei* a été également retrouvé en grand nombre dans le Sud de l'Europe, en Afrique du Nord et en Australie [33,34]. Son importance clinique est cependant mal précisé. On incluait encore parmi les espèces les plus répandues, *Dermatophagoïdes microceras*, le « jumeau » de *D. farinae* dont la morphologie, la biologie et l'écologie sont très proches [35]. Cet acarien un peu oublié a été mis en évidence en Grande-Bretagne, en Suède, en Espagne et aux États-Unis. Un allergène majeur Der m 1 a été identifié. Warner et al. [36] ont regretté que la mesure des allergènes majeurs des Dermatophagoïdes fasse trop souvent l'impasse sur la mesure de Der m 1 ;
- *Dermatophagoïdes siboney* n'a été retrouvé qu'aux Caraïbes, à Cuba, à Porto Rico. Sa ressemblance avec *D. farinae* est grande et l'on s'est demandé s'il n'avait pas été confondu, comme *D. microceras*, avec *D. farinae* ; les milliers d'années représentent en effet pour les acariens des millions de générations au cours desquelles ils ont eu tout loisir d'évoluer en de nouveaux types



Figure 3. *Glycyphagus destructor*.

dont la morphologie a pu se modifier. Tel semble être le cas pour *D. farinae* [30] qui a de nombreux variants. Des allergènes majeurs de *D. siboney* proches de ceux de *D. farinae* ont été mis en évidence, remettant en cause l'individualisation morphologique de cette espèce [37] ;

- Parmi les Cheyletidae, *Cheyletus eruditus* est un acarien prédateur des acariens domestiques. Deux fois plus gros que les Dermatophagoïdes, il a un aspect de petit crustacé, équipé de redoutables palpes ravisseurs. Il avait été envisagé de l'utiliser dans la lutte biologique intégrée pour contrôler et réduire les populations d'acariens, malheureusement il émet probablement les mêmes allergènes que les acariens domestiques. Par ailleurs, plus les prédateurs sont nombreux, plus les populations d'acariens domestiques diminuent et les effectifs des Cheyletidae, qui n'ont plus suffisamment de proies diminuent alors dans les mêmes proportions.

- Quatre familles ont une importance capitale en allergie respiratoire : les Pyroglyphidae (auxquelles appartiennent les acariens de la poussière de maison), les Acaridae, les Glycyphagidae, les Echymyopopidae et plus accessoirement les Cheyletidae.
- Les espèces principalement en cause dans les allergies ORL et respiratoires sont *Dermatophagoïdes pteronyssinus*, *Dermatophagoïdes farinae*, *Euroglyphus maynei* et *Dermatophagoïdes microceras*.

### Taxonomie des acariens de stockage ou acariens non pyroglyphides

Les familles des Acaridae et des Glycyphagidae comprennent les acariens dits de stockage (« storage mites »), appelés aussi acariens des denrées alimentaires entreposées ou acariens détriticoles [30].

Les acariens de la famille des Acaridae comportent :

- *Acarus siro*, le ciron dont parle Pascal et qui à son époque était le plus petit animal connu ;
- *Tyrophagus casei*, qui ressemble au précédent ;
- *Tyrophagus longior* est lui aussi voisin des précédents ; il est cependant rarement abondant ;
- *Tyrophagus putrescentiae*, l'acarien des denrées en voie de putréfaction, est parfois présent en zone tempérée mais plus souvent en zone tropicale ;
- *Carpoglyphus lactis* ou acarien des fruits secs n'est pas mentionné habituellement parmi les acariens de stockage ; il est cependant très voisin d'*A. siro* et a été à l'origine de manifestations allergiques dermatologiques.

La famille des Glycyphagidae comprend essentiellement *Glycyphagus domesticus* (Fig. 4), *Lepidoglyphus domesticus* et *Lepidoglyphus destructor*.

- La famille des Acaridae comprend *Acarus siro*, *Tyrophagus casei*, *Tyrophagus longior* et *Tyrophagus putrescentiae*.
- *Carpoglyphus lactis* est rarement mentionné parmi les acariens de stockage, mais il est très voisin d'*Acarus siro* et a été à l'origine de manifestations allergiques dermatologiques.
- La famille des Glycyphagidae comprend essentiellement *Glycyphagus domesticus*, *Lepidoglyphus domesticus* et *Lepidoglyphus destructor*.

### Morphologie des acariens pyroglyphides et des acariens de stockage

À l'état adulte, les acariens ont un corps globuleux, d'un seul tenant, un exosquelette formant une carapace non segmentée, une cuticule variant selon les espèces, lisse, striée ou recouverte de spicules (Fig. 5). La taille de ces acariens varie de 170 à 500  $\mu\text{m}$ , les femelles ayant une taille plus importante que les mâles. Les Dermatophagoides dont la taille dépasse un tiers de mm devraient être visibles à l'œil nu. S'ils ne le sont pas, c'est parce qu'ils sont translucides et incolores. Certains acariens de stockage peuvent être visibles à l'œil nu. *A. siro* a des pattes rougeâtres et lorsque les acariens de cette espèce sont rassemblés, ils forment en se déplaçant une masse grouillante de couleur cuivrée, qui devient apparente. De même, dans les entrepôts de denrées alimentaires, les acariens de stockage se présentent sous forme d'agrégats qui les font ressembler à une poussière vivante [31]. Par ailleurs, ils n'ont pas d'odeur



Figure 4. *Dermatophagoides farinae*.

caractéristique et ne font pas de bruit. Il est donc difficile de convaincre les patients allergiques aux acariens, de la présence de ces micro-arthropodes dans leur habitat.

Les acariens adultes possèdent quatre paires de pattes articulées, composées de six articles et munies sur le dernier article de soies, de griffes ou de ventouses. La première paire de pattes a une fonction exploratrice, les autres servent à la locomotion. Les acariens se déplacent à une vitesse qui a été évaluée à 1 cm par minute, soit plus d'un

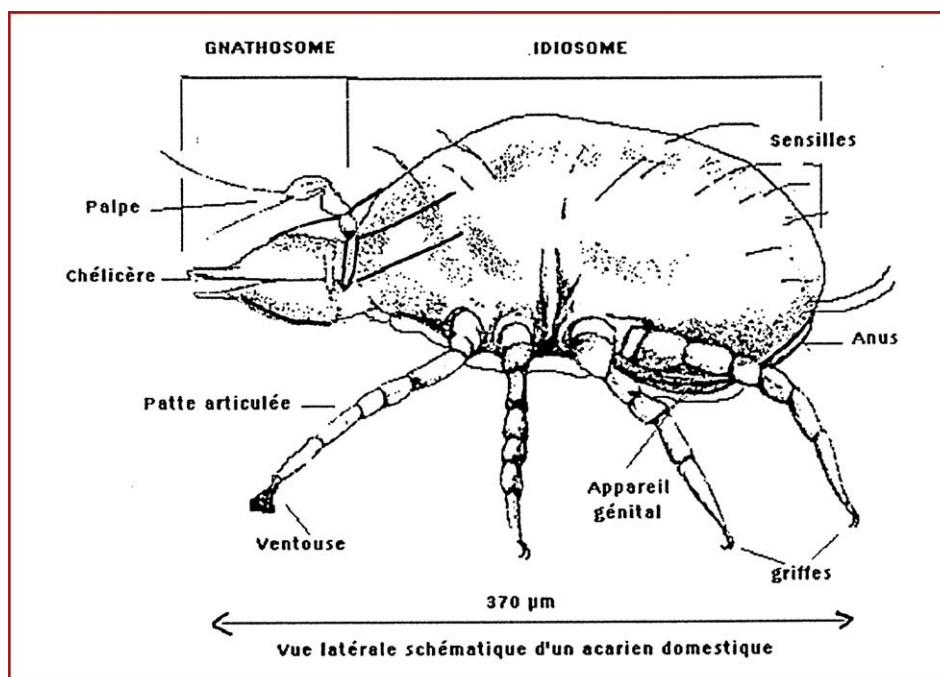


Figure 5. Vue latérale schématique d'un acarien domestique (modifiée d'après Coineau Y et al. [32]).

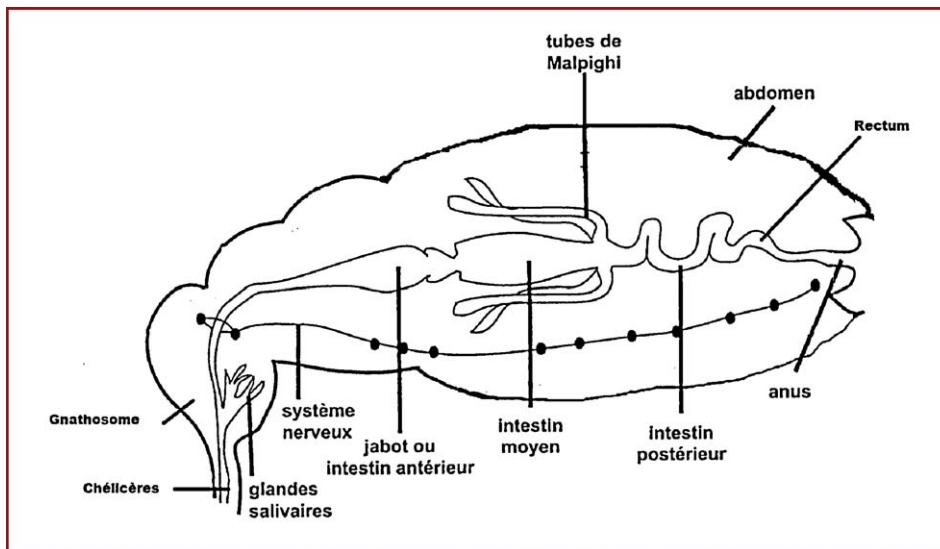


Figure 6. Acarien domestique : anatomie interne.

deuxième à l'heure [38]. Cette vitesse de déplacement peut s'accroître lorsque les conditions de vie leur sont défavorables et qu'ils quittent un réservoir principal pour un réservoir accessoire [39]. Mollett et Robinson [40] ont constaté, après avoir coloré des acariens au rouge Soudan, qu'en une nuit certains acariens avaient changé d'étage. Les griffes et les ventouses constituent des systèmes de fixation, d'accrochage et d'équilibrage au sein des fibres textiles. Chez le mâle, les ventouses permettent également d'immobiliser la femelle pendant l'acte sexuel. Tous ces acariens, acariens pyroglyphides et acariens de stockage, sont caractérisés par la présence d'un gnathosome, sorte de groin semi-mobile, qui porte une paire de chélicères, une paire de palpes et au niveau duquel s'ouvrent la bouche et ses annexes. Le reste du corps constitue l'idiosome. Les appendices des chélicères forment une sorte de pince composée de mors ou de harpons. Les appendices des palpes ont un rôle essentiellement tactile mais ils pourraient également intervenir dans la capture des proies ou des aliments. Les pièces buccales sont adaptées à l'alimentation spécifique de chaque espèce d'acariens. Les acariens sont dépourvus de cerveau, mais ils reçoivent de nombreuses informations grâce aux soies ou poils sensoriels encore appelés sensilles. Le sens du toucher est le plus important, il est dévolu à ces organes sensoriels qui transmettent des influx à un système nerveux constitué de ganglions. Les sens de l'odorat et du goût sont également assurés par des sensilles olfactives et gustatives. La perception du chaud et du froid n'est pas le fait d'organes spécialisés, elle serait la conséquence de modifications de processus physiologiques internes qui réagissent aux variations de température. Les acariens ne possèdent pas des yeux mais peuvent percevoir des différences de luminosité; animaux de l'ombre ils fuient la lumière. Des clefs permettent de différencier et d'identifier différentes espèces d'acariens selon la morphologie des épimères (sillons prolongeant le départ des appendices buccaux, séparés, soudés en V ou en Y), la taille des pattes, la morphologie des organes génitaux et

notamment de la spermathèque, l'implantation des griffes [30,41,42]. Chez la femelle il existe une striation cuticulaire, chez les mâles on note la présence d'un écusson hystérosomal.

L'anatomie interne des acariens est moins bien connue et le plus souvent des schémas d'organisation communs aux arachnides sont proposés (Fig. 6). La fonction respiratoire et les échanges gazeux s'opèrent à travers la cuticule. Il n'y a pas d'organes spéciaux pour la circulation. C'est dans l'appareil digestif et notamment dans l'intestin moyen que la plupart des allergènes majeurs, Der p 1 ou Lep d 2 par exemple sont sécrétés puis excrétés avec les particules fécales [39,43]. L'appareil digestif débute au niveau du larynx où les chélicères se raccordent à l'œsophage et où se trouvent les glandes salivaires et leurs stylets qui permettent l'injection des sécrétions salivaires, autres sources d'allergènes [44]. Le tube digestif se continue par l'intestin : intestin antérieur ou jabot, intestin moyen, intestin postérieur, rectum et anus.

- Les acariens adultes ont un corps globuleux, d'un seul tenant, un exosquelette formant une carapace non segmentée, une cuticule variant selon les espèces, lisse, striée ou recouverte de spicules; leur taille va de 170 à 500 µm, les femelles étant plus grosses que les mâles.
- Ils possèdent quatre paires de pattes articulées, composées de six articles et munies sur le dernier article de soies, de griffes ou de ventouses.
- C'est dans l'appareil digestif et notamment dans l'intestin moyen que la plupart des allergènes acariens majeurs comme Der p 1 ou Lep d 2 sont sécrétés puis excrétés avec les particules fécales.
- Les sécrétions salivaires constituent également une source d'allergènes.

## Cycle biologique des acariens pyroglyphides de la poussière et des acariens de stockage

La durée de vie des acariens pyroglyphides est en moyenne de deux à trois mois et dépend des conditions de température ambiante. Les acariens s'accouplent une ou deux fois dans leur vie. La femelle de *D. pteronyssinus* pond 20 à 80 œufs. L'espèce *D. farinae* est plus prolifique pouvant pondre jusqu'à 200 à 300 œufs. À partir de l'œuf, l'ontogénèse des acariens comporte six stases : une pré-larve, une larve, trois nymphes (une protonympe, une deutéronympe, une tritonympe) et un adulte ou imago. En raison de leur carapace, le développement des acariens ne peut pas se produire de manière graduelle comme celui des vertébrés ; il obéit à des phénomènes cycliques équivalents à des mues. Chaque transformation donne naissance à un individu actif susceptible de déclencher des réactions allergiques. Il existe une diversité importante des modes évolutifs selon les espèces. De l'œuf à l'état adulte, la durée de développement des acariens pyroglyphides nécessite environ un mois. Elle est influencée à la fois par l'humidité relative et la température [45].

Les acariens de stockage se reproduisent selon un rythme accéléré et leur fécondité est nettement plus élevée que celle des acariens pyroglyphides. Ils pondent de trois à sept œufs par jour [46]. Une femelle de *T. putrescentiae* pond plus de 350 œufs dans sa vie. Leur durée de vie est analogue à celle des acariens pyroglyphides, de trois semaines à un mois et demi. Pour devenir adultes, il leur faut en général moins de trois semaines, *T. putrescentiae* devient adulte en 14 jours [46]. La culture de tous ces acariens a été faite originellement par Solomon et Cunnington [47].

Des phénomènes évolutifs régressifs sont un des traits caractéristiques de l'ontogénèse des acariens ; des mutilations plus ou moins importantes peuvent se produire : réduction des pattes au stade de moignons limitant la locomotion, régression des organes buccaux gênant l'alimentation, atteinte des organes sensoriels, pouvant aboutir au décès.

- La durée de vie des acariens pyroglyphides est en moyenne de deux à trois mois et leur développement à partir de l'œuf nécessite environ un mois.
- *Dermatophagoïdes pteronyssinus* pond 20 à 80 œufs, et *Dermatophagoïdes farinae* jusqu'à 200 à 300 œufs, pendant toute leur vie.
- Les acariens de stockage se reproduisent plus rapidement. Ils pondent de trois à sept œufs par jour.

## Écologie des acariens pyroglyphides de la poussière de maison et des acariens de stockage

Trois facteurs sont importants pour le développement des acariens :

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

- un facteur nécessaire, mais variable selon les espèces : la nourriture.

Si l'influence du climat extérieur est importante, expliquant par exemple la disparition des acariens domestiques en altitude sèche et froide [48,49] ou bien au contraire certaines répartitions spécifiques comme la présence de *Blomia tropicalis* dans les zones tropicales, le rôle d'un microclimat approprié dans l'habitat, et tout particulièrement dans la literie pour les Pyroglyphides, ne l'est pas moins.

### Rôle de l'humidité

De nombreuses études ont montré que les conditions optimales de développement à 25°C étaient pour *D. pteronyssinus* de 70 à 80 % d'humidité relative, de 60 % pour *D. farinae* et d'au moins 80 % pour les acariens de stockage [45]. Humidité relative intérieure et température sont liées. Des abaques, précisant le développement optimal des acariens ou leur dessiccation en fonction de l'humidité et de la température sont disponibles [50–52]. L'humidité relative critique, c'est-à-dire le pourcentage d'humidité relative en dessous duquel les acariens ne peuvent pas survivre, est en théorie de 73 % pour *D. pteronyssinus* et de 70 % pour *D. farinae*. Ces notions restent théoriques : pour Van Bronswijk et Pauli [52], l'humidité critique pourrait être encore plus basse et se situer à 45 %. De plus, avec une humidité relative de 40 % on peut encore observer dans l'habitat une survie des Pyroglyphides pendant huit à neuf mois. Les Dermatophagoïdes peuvent alors coloniser des zones microclimatiques favorables, plus humides, en particulier à la périphérie des matelas et au niveau des bourres. Enfin, un apport d'air humide de trois heures par jour suffit à assurer les besoins en eau des Dermatophagoïdes, ainsi qu'à assurer leur descendance [53].

Les capacités d'adaptation des acariens sont étonnantes. Lorsque les conditions de température et d'humidité deviennent défavorables, ils sont capables de bloquer ou d'allonger leur stade de développement, intercalant par exemple un nouveau stade après celui de la deutéronympe. Ce stade appelé hypope, particulièrement fréquent chez les acariens de stockage, est un stade quiescent de résistance avec arrêt des processus de nutrition et de reproduction [32,53]. À l'état adulte, lorsque l'humidité et la température sont trop faibles, les acariens se regroupent côte à côte pour maintenir une chaleur suffisante et faire en sorte que la perte d'humidité de l'un soit recouverte par l'humidité de l'autre. Inversement, si le taux d'humidité est élevé, de l'ordre de 80 %, les acariens mangent cinq fois plus [54].

L'humidité relative à l'intérieur de l'habitat dépend de la température et de l'humidité absolue, mais également du taux de renouvellement de l'air par la ventilation. On préconise à juste titre une aération des pièces de 15 minutes deux fois par jour afin de réduire l'humidité relative [55]. Cette mesure n'a cependant pas d'intérêt dans les villes et les régions où l'humidité relative extérieure est en permanence élevée, comme à Marseille [56] ou dans le Nord-Ouest de l'Angleterre. De plus, l'humidité relative extérieure peut varier au cours de la journée.

La balance hydrique des acariens est précaire ; les acariens sont incapables de boire des liquides comme le font les mammifères. Leurs apports hydriques sont obtenus par quatre mécanismes : l'ingestion de nourriture, le

métabolisme d'oxydation des hydrates de carbone et des lipides, l'absorption passive de l'eau à travers la cuticule et l'intervention de substances hygroscopiques provenant des régions périarticulaires [57]. Les pertes hydriques se font par la transpiration mais surviennent également au cours de la reproduction, de la défécation et de l'excrétion. Les acariens peuvent encore réduire partiellement les pertes hydriques en sécrétant un liquide huileux qu'ils pulvérisent sur leur cuticule [52]. De façon indirecte, l'humidité est capitale pour une alimentation correcte car lorsque les acariens sont déshydratés, la sécrétion des glandes qui lubrifient les plis de leur cavité buccale se solidifie et les empêche de s'alimenter [58].

### Rôle de la température

Les acariens sont capables de supporter de fortes variations de température :  $-15^{\circ}\text{C}$  et  $+40^{\circ}\text{C}$ , variations qui sont aussi celles que l'homme peut supporter dans des conditions extrêmes. Ils ne prolifèrent que difficilement en-dessous de  $15^{\circ}\text{C}$ , ils survivent mais se développent mal au-dessus de  $35^{\circ}\text{C}$ . La température optimale requise pour les cultures d'acariens est comprise entre  $26,6^{\circ}\text{C}$  et  $32,2^{\circ}\text{C}$ . Du fait de l'apport calorifique humain, la température dans la literie peut passer de  $20^{\circ}\text{C}$  à  $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Les acariens pyroglyphides n'aiment pas les sols lisses et froids, ils se développent plus lentement dans les tapis ou les moquettes recouvrant ce type de sols que dans les matelas et les canapés [59].

D'une manière générale les acariens de stockage ont besoin pour un développement optimal, d'une température voisine ou supérieure de celle des Pyroglyphides ( $30^{\circ}\text{C}$ ). Néanmoins, certains acariens de stockage peuvent supporter des températures plus basses. C'est ainsi qu'*A. siro* peut supporter une température de  $4^{\circ}\text{C}$  à condition que l'humidité relative soit au moins de 65%.

### Rôle de la nourriture

Les acariens, comme tous les arthropodes, ont besoin pour vivre non seulement d'un climat approprié mais aussi d'une nourriture convenable et d'abris sûrs. Les besoins quantitatifs et qualitatifs des Dermatophagoïdes sont modestes. Les squames, les débris kératinisés, les phanères d'origine humaine ou animale, constituent l'aliment préférentiel des acariens phanérophages tels que *D. pteronyssinus*. La desquamation journalière d'un être humain, soit environ 70 à 140 mg, suffit à nourrir plusieurs milliers d'acariens pendant trois mois. En réalité, une poussière contenant 11% de protéines est suffisante pour assurer la survie des acariens. Le rôle des moisissures telles qu'*Aspergillus penicilloides* favorisant la croissance des acariens en prédigérant leurs squames a été remis en cause ; les tentatives d'utilisation d'antifongiques (Natamycine) dans la lutte contre les acariens n'ont pas tenu leurs promesses [60]. Les exigences nutritionnelles de *D. farinae* sont encore moins grandes ; cette espèce a pu être élevée sur de la pâtée pour chiens, de la gélatine, de la farine de seigle... [61]. Les *D. farinae* cumulent donc plusieurs avantages par rapport aux *D. pteronyssinus*. Leur fécondité est plus importante, l'humidité relative dont ils ont besoin est inférieure, enfin leur nourriture est plus diversifiée. Cela pourrait expliquer que dans certaines régions les *D. farinae* aient pris en partie la place des *D. pteronyssinus*.

Deux faits soulignent l'importance relative des facteurs nutritionnels pour les Pyroglyphides par rapport à l'hygrométrie et à la température : d'une part, l'analyse des échantillons de poussière montre une faune acarienne abondante dans des résidences secondaires occupées occasionnellement et où les squames humaines ne devraient être présentes qu'en quantité restreinte, d'autre part, les prélèvements de poussière effectués en altitude sèche sont pauvres en acariens alors que la nourriture y est présente en quantité suffisante.

Les acariens de stockage, particulièrement bien étudiés par Hugues [22], notamment les Glycyphagidae et les Acaridae, sont de grands destructeurs de denrées alimentaires, le rôle de la nourriture étant plus important et plus spécifique. Ces acariens ont une prédilection pour les aliments conservés dans des lieux humides. Leur nourriture commune est constituée de grains, de paille, de fourrages, de farines, de semoules... En dehors de cette alimentation de base, chaque espèce a une prédilection pour une nourriture particulière, ce dont témoignent certaines de leurs dénominations :

- *A. siro* est le véritable acarien de la farine et des fromages (Tomme de Savoie, Mimolette, Cantal, Fromage du Puy en Velay dont la croûte estensemencée avec ces acariens) ;
- *T. casei* est connu lui aussi pour infester les fromages dans lesquels il perce de petits trous ;
- *T. longior* est voisin des deux précédents dont il partage les habitudes alimentaires ;
- *T. putrescentiae* est présent en zone tempérée [52] mais le plus souvent en zone tropicale. Il a besoin d'un degré d'humidité relative très élevé, supérieur à 80%, et fait partie des acariens fongivores ;
- *L. destructor*, initialement décrit comme l'acarien des silos à grains, des étables, semble parmi les Glycyphagidae l'acarien le plus souvent rencontré dans les poussières de maison en Europe [62] ;
- *G. domesticus* préfère les aliments riches en sucres, mais aussi les débris alimentaires d'origine animale ou végétale ;
- *B. tropicalis* a été mis en évidence dans des régions tropicales ou subtropicales. Initialement décrite dans des entrepôts où cette espèce se nourrissait de denrées alimentaires diverses (grains, céréales...), elle est actuellement considérée comme un véritable acarien des poussières domestiques.

Des acariens appartenant à d'autres genres : Tarsonemus, Tydeus, Aleuroglyphus [63], Goheria peuvent occasionnellement être présents dans les poussières domestiques [64].

- Trois facteurs interviennent dans le développement des acariens : l'humidité, la température et la nourriture.
- On préconise une aération des pièces de 15 minutes deux fois par jour afin de réduire l'humidité relative, mais cette mesure n'a pas d'intérêt quand l'humidité relative extérieure est en permanence élevée, comme à Marseille ou dans le Nord-Ouest de l'Angleterre.



- Les acariens sont capables de supporter de fortes variations de température :  $-15^{\circ}\text{C}$  et  $+40^{\circ}\text{C}$
- Les squames, les débris kératinisés, les phanères d'origine humaine ou animale, constituent l'aliment préférentiel des acariens phanérophages tels que *Dermatophagoïdes pteronyssinus*.
- La desquamation journalière d'un être humain, soit environ 70 à 140 mg, suffit à nourrir plusieurs milliers d'acariens pendant trois mois.
- Les acariens de stockage, notamment les Glycyphagidae et les Acaridae, consomment les aliments conservés dans des lieux humides (grains, paille, fourrages, farines, semoules...).

### Sources et réservoirs des allergènes des acariens pyroglyphides de la poussière de maison et des acariens de stockage

La répartition des acariens dans l'habitat est directement liée aux conditions nécessaires à leur bien-être. Les Pyroglyphides, espèces anthropophiles, recherchent des zones microclimatiques favorables par leur humidité relative et leur température. La literie, surtout lorsqu'elle n'est pas largement ouverte et aérée, retient la sudation, bénéficie de la chaleur corporelle et contient des squames humaines. Parmi les Pyroglyphides, 28 espèces ont été retrouvées dans des nids d'oiseaux [30]. Ces espèces sont souvent considérées comme les ancêtres des Dermatophagoïdes, passées sans difficultés du statut d'arthropodes nidicoles à celui d'arthropodes domiciles, recherchant dans le «nid» de l'homme des conditions écologiques proches de celles des nids d'oiseaux. Les Pyroglyphides sont des animaux de nids, de litières ou de literie. Leur réservoir principal, leur biotope est la literie : matelas mais aussi sommier tapissier [65], oreillers, traversins, draps, couvertures et couettes. À côté de ce réservoir principal où l'on passe environ 8 heures par jour, il existe des réservoirs secondaires : tapis, moquettes, canapés, fauteuils rembourrés, peluches [66]. D'une manière générale les acariens peuvent être présents dans tous les substrats textiles fibreux, ils se déplacent entre les fibres et les pores qu'elles délimitent, par lesquels passent l'air et la vapeur d'eau. Par ailleurs, les substrats textiles amortissent également les écarts de température et d'humidité. Les acariens peuvent par exemple plonger à l'intérieur des matelas où ils peuvent être plus nombreux qu'en surface. Les tests de chauffage et de mobilité effectués par Bischoff [38] ont montré que le chauffage de la base d'un tapis ou d'autres supports textiles faisait remonter les acariens vivants à leur surface ; il devient possible de les recueillir sur une feuille adhésive. Les vêtements peuvent être contaminés [38], les jouets notamment les peluches [67], et même le cuir chevelu [68].

L'amélioration du confort de l'habitat, les mesures d'économie d'énergie, l'isolation ont probablement favorisé le développement des acariens. Le confinement, la présence de nombreux occupants vivant dans un espace restreint, entraînent une élévation des taux des allergènes des acariens. Un exemple caricatural et insolite est celui des sous-marinières exposés à de fortes quantités des aller-

gènes majeurs des acariens, Der p 1 et Der f 1, surtout lors de campagnes de plongée durant trois mois et plus. Le nombre important de matelas superposés dans un espace clos, une humidité relative élevée, expliquent probablement ces constatations [69].

En-dehors de la maison où l'on passe en moyenne 16 heures par jour, des allergènes des acariens ont pu être mesurés dans des lieux publics (écoles, cinémas, transports, crèches, hôpitaux), le plus souvent cependant à des taux plus faibles [70,71].

Les acariens de stockage, en-dehors des zones où sont entreposées et stockées des denrées alimentaires, ont été décrits dans des endroits très divers : toits de chaume, cannages, paquets de farine, aliments pour chiens, murs humides et moisissures. À partir de ces sites où ils trouvent leur nourriture : moisissures et aliments, ils peuvent se répandre dans les habitats et peuvent être présents dans les cuisines, les placards, les salles de bains, les tapis humides, les fauteuils et les canapés rembourrés. Bien qu'ils ne partagent pas le même biotope que les Dermatophagoïdes, ils ont parfois été recueillis sur des matelas et des oreillers.

- On trouve des acariens de la poussière de maison dans tous les substrats textiles fibreux, quand les conditions de température et d'humidité sont favorables.
- Les acariens de stockage colonisent les zones de stockage des denrées alimentaires, les toits de chaume, les cannages, les paquets de farine, les aliments pour chiens et les murs humides et moisissures, puis ils se répandent dans les habitats

### Rôle clinique et particularités des acariens de stockage

La reconnaissance du rôle des acariens de stockage et de *B. tropicalis* dans l'asthme et les rhinites allergiques a été plus tardive que celui des acariens pyroglyphides. Les acariens de stockage ont tout d'abord été mis en cause dans des dermatites de contact professionnelles : dermatite des boulangers provoquée par *A. siro*, «gale» des épiciers due à *G. domesticus*, dermatite des fruits séchés produite par *C. lactis*, dermatite du Copra à Ceylan attribuée à *T. putrescentiae* [30,31]. Ces allergies cutanées n'ont cependant pas suscité beaucoup d'intérêt.

Avant la seconde guerre mondiale, les acariens de stockage et les moisissures ont été considérés comme les hôtes les plus communs de l'habitat, un habitat encore largement rural [52]. En 1928, Dekker [72] qui fut le premier à établir une corrélation entre asthme et présence d'acariens, avait montré l'existence d'acariens de stockage : *G. domesticus*, *Aleurobius farinae*, *Tyrophagus siro* dans les litières de ses patients asthmatiques. Oboussier [73] en 1939 avait également identifié dans les poussières de maison, Glyciphagus, Tyrophagus et Carpoglyphus. Après la guerre, les modifications du cadre de vie, le basculement de l'habitat rural à l'habitat urbain et surtout une humidité relative abaissée à

l'intérieur de l'habitat, ont davantage favorisé la prolifération des acariens Pyroglyphides par rapport aux acariens de stockage dans les milieux citadins. Le rôle des acariens de stockage semble alors cantonné au secteur agricole et au milieu rural.

En 1968, le rôle allergénique potentiel des acariens de stockage est à nouveau soulevé par Maunsell [23]. Les premières observations cliniques d'allergies respiratoires sont rapportées chez des fermiers écossais [74]. Par la suite, les observations se sont multipliées [62,75–78], la plupart en provenance de régions froides, notamment de Scandinavie où le climat n'est pas particulièrement propice au développement des acariens. Cependant, dans les régions froides, le bétail reste enfermé dans une atmosphère relativement chaude et confinée, dans des étables où sont stockés fourrages et grains, où les contacts avec les fermiers sont étroits et répétés.

En-dehors des fermiers, de véritables allergies professionnelles ont été décrites chez des employés des silos à grains [79], chez des meuniers et des boulangers [80], chez des employés d'animalerie. Enfin, plus récemment le caractère ubiquitaire des acariens de stockage qui ne sont pas seulement l'apanage du milieu rural mais peuvent aussi être présents en milieu urbain a été redécouvert. Selon Arlian [54], 9,3% d'une population générale de l'Ohio, qu'il s'agisse de milieu urbain, suburbain ou rural, étaient sensibilisés aux allergènes des acariens de stockage (*L. destructor* et *T. putrescentiae*). Ebner et al. [81] en Autriche, ont montré que 91% de 24 fermiers et 61% de 16 citadins allergiques à Dpt présentaient une sensibilisation à au moins un acarien de stockage. Luczynska et al. [82] ont relevé que chez 196 personnes vivant en milieu urbain et non exposées professionnellement aux acariens de stockage, 14% avaient des IgE spécifiques vis-à-vis d'au moins un de ces trois acariens de stockage : *A. siro*, *L. destructor*, *Tyrophagus*. Dal Monte et al. [83] ont relevé que 43% des patients allergiques aux Dermatophagoides avaient également des IgE spécifiques vis-à-vis des acariens de stockage, tandis que dans plus de 50% des cas, les tests cutanés étaient positifs pour ces mêmes acariens.

Plusieurs études effectuées en Espagne [84,85] ont confirmé la présence d'acariens de stockage dans plus de 30% des échantillons de poussière analysés. Dans le travail d'Arias-Irigoyen et al. [86], l'infestation par *G. domesticus* a été détectée dans plus de 40% des échantillons de poussière. Par ordre de fréquence venaient ensuite *L. destructor* et *G. domesticus*. Il s'agit des trois acariens de stockage le plus souvent cités, dans cet ordre ou dans un autre, dans la majorité des publications consacrées à ces acariens.

Une place à part doit être réservée à *B. tropicalis*, espèce autrefois classée parmi les Glyciphagidae et récemment intégrée dans la famille des Echimyopodidae. *B. tropicalis* est la source d'allergènes de l'environnement domestique dans les zones tropicales ou subtropicales où elle bénéficie d'une température et d'une humidité élevées [87] : Argentine, Colombie, Venezuela, Pérou, Brésil, mais aussi Asie du Sud-Est, Malaisie, Taïwan, Singapour, Floride, Espagne.

Dans certains pays tels que la Colombie [87], Singapour [88], la Malaisie [89], *B. tropicalis* peut être l'acarien le plus souvent identifié dans les prélèvements de poussière.

Stanaland [90] et al. ont montré que 38% des asthmatiques et des rhinitiques de la région de Tampa en Floride avaient des tests cutanés positifs à *B. tropicalis*. Ce pourcentage peut monter à 96,5% et 85% à Singapour et à Cuba. Ariel-Gudiel [91] a rassemblé récemment les résultats de plusieurs études concernant la prévalence des sensibilisations aux aéroallergènes en Amérique du Sud, notamment au Brésil, en Argentine, et dans son propre pays le Pérou. Dans son étude, les acariens *D. pteronyssinus* et *D. farinae* (70,1% et 56,9% respectivement) sont de loin le plus souvent en cause, suivis par *B. tropicalis* (54,6%) chez 493 enfants atteints d'asthme. Au Brésil, des résultats voisins sont retrouvés : *D. pteronyssinus* (78,7%), *D. farinae* (74%) et *B. tropicalis* (64%). En Argentine des résultats identiques ont été publiés : 89,8% pour *D. pteronyssinus*, 87,7% pour *D. farinae* et 84,7% pour *B. tropicalis* [91].

*B. tropicalis* n'est pas seulement la source de sensibilisations fréquentes, elle est suspectée d'être à l'origine d'asthmes aigus graves chez l'adulte et chez l'enfant [92,93]. Des IgE spécifiques vis-à-vis de *B. tropicalis* ayant été mises en évidence chez 42,8% des enfants hospitalisés et 54,5% des adultes.

Dans la plupart des études publiées, *D. pteronyssinus* est présent souvent dans des proportions plus élevées que les acariens de stockage. Chaque espèce d'acariens de stockage possède des allergènes communs à ceux de la même famille et des allergènes propres. Il existe une importante réactivité croisée entre les différents acariens de stockage *G. domesticus*, *T. putrescentiae*, *L. destructor*, notamment par l'intermédiaire des allergènes du groupe 2. En revanche, la réactivité croisée avec *D. pteronyssinus* est faible, moins de 40% d'identité de séquence d'acides aminés entre Derp2 et les allergènes du groupe 2 des acariens de stockage.

- Les premières descriptions cliniques d'allergies respiratoires ont été faites chez des fermiers écossais, puis les observations se sont multipliées par la suite.
- En dehors des fermiers, de véritables allergies professionnelles aux acariens de stockage ont été décrites chez des employés des silos à grains, chez des meuniers et des boulangers, et chez des employés d'animalerie.
- Actuellement, on sait que les acariens de stockage sont ubiquitaires, responsables de sensibilisation tant en milieu rural qu'urbain.
- *Blomia tropicalis* n'est pas seulement la source de sensibilisations fréquentes, mais il serait aussi à l'origine d'asthmes aigus graves chez l'adulte et chez l'enfant.
- Il existe une importante réactivité croisée entre les différents acariens de stockage *Glycyphagus domesticus*, *Tyrophagus putrescentiae*, *Lepidoglyphus destructor*, mais une faible réactivité croisée avec *Dermatophagoides pteronyssinus*.

## Manifestations allergiques atypiques provoquées par les acariens de stockage et *Blomia tropicalis*

Allergènes masqués, les acariens peuvent être à l'origine d'allergies alimentaires sévères lorsqu'ils sont ingérés. De nombreuses observations ont été rapportées [94–99] dans les zones tropicales ou subtropicales où la température et l'humidité élevées favorisent la prolifération des acariens (Brésil, Venezuela, Japon, Espagne, Canaries), notamment de *B. tropicalis* et des acariens de stockage. Le rôle des acariens pyroglyphides ne peut être exclu, la plupart des patients souffrant préalablement d'une allergie respiratoire aux acariens. Le début des symptômes est rapide : chocs anaphylactiques fréquents, asthme, angio-œdème, rhinite, urticaire... Nombreux sont les aliments incriminés infestés par les acariens : crêpes, gâteaux, pizzas, pancakes (le « Pancake syndrome »), pâtisseries à base de farine de blé qui serait le plus souvent en cause [100]. Le nombre des acariens peut atteindre de 4900 à 52 200 par gramme de farine contaminée.

En conclusion, de nombreux acariens, acariens pyroglyphides, acariens de stockage et *B. tropicalis*, peuvent être à l'origine de manifestations allergiques. L'inventaire de ces acariens n'est probablement pas terminé, le groupe de Chew a souligné à plusieurs reprises le rôle de *Suidasia* à Singapour [90]. Les acariens vivant en colonies, leur nombre peut être considérable pouvant aller jusqu'à 10 000 par gramme de poussière. On retrouve fréquemment associés dans un même territoire Pyroglyphides et acariens de stockage. *D. pteronyssinus* est alors fréquemment l'espèce la plus abondante. Chaque espèce possède des allergènes propres et des allergènes communs avec les autres espèces ; il est difficile de savoir quelle espèce est la source la plus importante des allergènes sensibilisants.

Il a été proposé de garder le terme d'acariens de la poussière de maison (house dust mites) pour les Pyroglyphides et d'appeler acariens domestiques les acariens de stockage et *B. tropicalis* [57].

## Conflit d'intérêt

Les auteurs ont déclaré n'avoir aucun conflit d'intérêt potentiel en rapport avec ce manuscrit.

### POINTS ESSENTIELS

- La prévalence des sensibilisations aux acariens se situe généralement entre neuf et 16 %.
- Les acariens peuvent être des parasites stricts, d'autres des parasites accidentels ou intermittents, d'autres enfin des commensaux.
- Les acariens sont très ubiquitaires : acariens des sols et de la terre, des mousses, des plantes, des arbres ou de leurs écorces, des grottes, des eaux stagnantes, des fonds marins, des nids d'oiseaux...
- Les acariens domestiques ne représentent qu'une infime minorité de tous les acariens.

## Références

- [1] Voorhorst R, Spieksma-Boezeman MIA, Spieksma FTHM. Is a mite (*Dermatophagoïdes* sp) the producer of the house dust allergen? *Allergy Asthma* 1964;10:329–34.
- [2] Araujo A, Callot J, Basset A. Rôle des acariens dans les allergies aux poussières. Note préliminaire. *Bull Soc Franç Derm Syph* 1968;75:686.
- [3] Tupker RA, De Monchy JG, Coenraads PJ, Homan A, Van der Meer JB. Induction of atopic dermatitis by inhalation of house dust mite. *J Allergy Clin Immunol* 1996;97:1064–70.
- [4] Brinkman L, Aslander MM, Raaijmakers JA, Lammers JW, Koenderman L, Bruijnzeelkomen CA. Bronchial and cutaneous responses in atopic dermatitis patients after allergen inhalation challenge. *Clin Exp Allergy* 1997;27:1043–51.
- [5] Dutau G, Rancé F, Juchet A, Brémont F, Rittié JL, Nouilhan P. De la dermatite atopique à l'asthme. *Rev Fr Allergol* 1996;36:983–91.
- [6] Wüthrich B, Schindler C, Leuenberger P, Ackermann-Librich V. Prevalence of atopy and pollinosis in the adult population of Switzerland (SAPALDIA Study). Swiss study on air-pollution and lung-disease in adults. *Int Arch Allergy Immunol* 1995;106:149–56.
- [7] Squillace SP, Sporik RB, Rakes G, Couture N, Lawrence A, Zhang J, et al. Sensitization to dust mites as a determinant risk for asthma among adolescents living in central Virginia. Multiple regression analysis of a population-based study. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:1760–4.
- [8] Leung R, Jenkins M. Asthma, allergy and atopy in southern Chinese school students. *Clin Exp Allergy* 1994;24:353–8.
- [9] Burney P, Malmberg E, Chinn S, Jarvis D, Lai E. The distribution of total and specific IgE in the European Community Respiratory Health Survey. *J Allergy Clin Immunol* 1997;99:314–22.
- [10] Kalaboka S. Prévalence de la sensibilisation allergique aux allergènes communs dans un échantillon représentatif d'enfants scolarisés en France. L'étude de six villes. In: *Mémoire de capacité d'allergie*. Paris: Université René Descartes; 2007.
- [11] Fraisse P, Bessot JC, Kopferschmitt-Kubler C, Dietemann-Molard A, Lenz D, Quoix E, et al. Profil d'une consultation d'allergie respiratoire d'après les données informatisées de 1968 à 1984 (3962 dossiers). *Rev Pneumol Clin* 1987;43:282–8.
- [12] Pauli G, Bessot JC, De Blay F. Acariens et blattes. Traitement d'allergologie. In: Vervloet D, Magnan A, editors. *Médecine sciences*. Paris: Flammarion; 2003. p. 489–502.
- [13] Platts-Mills TAE, De Weck A. Dust mite allergens and asthma, a world wide problem. *Bull WHO* 1989;66:769–80.
- [14] Platts-Mills TAE, Vervloet D, Thomas WR, Aalbersee RL, Chapman D. Indoor allergens and asthma. Report of the third international workshop. *J Allergy Clin Immunol* 1997;100:S1–24.
- [15] Platts-Mills TAE, Thomas WR, Aalbersee RL, Vervloet D, Chapman MD. Dust mite allergens and asthma. Report of a second international workshop. *J Allergy Clin Immunol* 1992;89:1046–60.
- [16] Gotsche PC, Johansen HD. House dust mite control measures for asthma: systematic review. *Allergy* 2008;63:646–59.
- [17] De Blay F, Casel S, Colas F, Spirlet F, Pauli G. Éviction des pneumallergènes de l'environnement domestique. *Rev Mal Respir* 2000;17:29–39.
- [18] De Blay F, Barnig C, Ott M. House dust mite control measures for asthma. *Allergy* 2009;64:189 [letter].
- [19] Pignier D. Un acarologue, entretien avec le Professeur Coineau. *Respir* 1992;84:8–10.
- [20] Voorhorst R, Spieksma T, Varekamp H. House dust atopy and the house dust mite *Dermatophagoïdes pteronyssinus*. Leiden: Stafleu's Scientific Pub Co; 1969. p. 159.

- [21] Cunnington AM, Gregory PH. Mites in bedroom air. *Nature* 1968;217:1271–2.
- [22] Hugues AM. The mites of stored foods. *Ministry Agric Fish Food Tech Bull* 1961;9:142–52.
- [23] Maunsell K, Wraith DG, Hugues AM. Mites and house dust allergy in bronchial asthma. *Lancet* 1968;ii:1267–70.
- [24] Miyamoto T, Oshima S, Ishizaki T, Sato S. Allergenic identity between the common floor mite (*Dermatophagoïdes farinae*. Hugues 1961) and house dust as a causative agent in bronchial asthma. *J Allergy* 1986;42:14–28.
- [25] Miyamoto T, Oshima S, Mizuko K, Sasa M, Ishizaki T. Cross antigenicity among six species of dust mites and house dust antigens. *J Allergy* 1969;44:228–38.
- [26] 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. *C R Seances Soc Biol Fil* 1973;167:371–8.
- [27] Penaud A, Nourrit J, Autran D, Timon David P, Nicoli RM. Données actuelles sur les acariens pyroglyphides des poussières de maison. *Ann Parasitol* 1972;47:631–62.
- [28] 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.
- [29] Pauli G, Bessot JC, Hirth C, Thierry R. Dissociation of house dust allergies. A comparison between skin tests, inhalation tests, specific IgE and basophile histamine release measurements. *J Allergy Clin Immunol* 1979;63:245–52.
- [30] Fain A, Guérin B, Hart BJ. Acariens et allergies, 1 vol, 179 p. B. Guérin ed, Allerbio, 1988, F55270 Varennes en Argonne.
- [31] Mourier H, D'Aguilar J. Animaux et insectes, hôtes cachés de nos maisons. Lausanne-Paris: Delachaux et Niestlé; 1996. p. 63–5.
- [32] Coineau Y, Cléva R, Du Chatenet G. Ces animaux minuscules qui nous entourent. Lausanne-Paris: Delachaux et Niestlé; 1997. p. 16–9.
- [33] Hart BJ. Écologie et biologie des acariens allergéniques. In Fain A, Guérin B, Hart BJ. Acariens et allergies, pp. 131–42.
- [34] Colloff MJ, Stewart GA, Thompson PJ. House dust acarofauna and Der p 1 equivalent in Australia: the relative importance of *Dermatophagoïdes pteronyssinus* and *Euroglyphus maynei*. *Clin Exp Allergy* 1991;21:225–30.
- [35] Griffiths DA, Cunnington AM. *Dermatophagoïdes microceras* sp.n.: a description and comparison with its sibling species *D. farinae*. *J Stored Prod Res* 1971;7:1–4.
- [36] Warner A, Boström S, Munir AKM, Möller C, Schou C, Kjellman NIM. Environmental assessment of *Dermatophagoïdes* mite-allergen levels in Sweden should include Der m 1. *Allergy* 1988;53:698–704.
- [37] Ferrandiz R, Casas R, Dreborg S, Einarsson R, Bonachea I, Chapman MD. Characterization of allergenic components from house dust mite. *Dermatophagoïdes siboneyi*. Purification of Der s 1 and Der s 2 allergens. *Clin Exp Allergy* 1994;24:1041–8.
- [38] Bischoff E. Methodes actuelles de quantification des acariens dans l'habitat. *Allergologie* 1986;9:45–54.
- [39] Carswell P. House dust allergy. *ACI Int* 1999;11:43–5.
- [40] Mollett JA, Robinson WH. Dispersal of American house dust mites (Acari=Pyroglyphidae) in a residence. *Ent Soc Amer* 1996;24:844–6.
- [41] Fain A. Nouvelle description de *Dermatophagoïdes pteronyssinus* (Trouessart 1897). Importance de cet acarien en pathologie humaine (Psoroptidae). *Acarologia* 1966;8:302–27.
- [42] Colloff MJ, Spielsma FTHM. Pictorial keys for the identification of domestic mites. *Clin Exp Allergy* 1992;22:823–30.
- [43] Van Hage-Hamsten M, Olsson A, Emilson A, Härfast B, Swenson A, Cheynius A. Localisation of major allergens in the dust mite *Lepidoglyphus destructor* with confocal laser scanning microscopy. *Clin Exp Allergy* 1995;25:536–42.
- [44] Arlian LG, Bernstein IL, Vyszynski-Moher DL, Gallagher JS. Investigations of culture medium-free house dust mites. III. Antigens and allergens of body and fecal extract of *Dermatophagoïdes farinae*. *J Allergy Clin Immunol* 1987;103:349–56.
- [45] Arlian LG. Development of *Dermatophagoïdes pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae). *J Med Entomol* 1990;27:1035–40.
- [46] Hart BJ. Life cycle and reproduction of house dust mites: environmental factors influencing mite reproduction. *Allergy* 1998;53:13–7.
- [47] Solomon ME, Cunnington AM. Rearing acaroid mites. *Acarologia* 1964;6:399–403.
- [48] Ruffi TH. Die Bedeutung der Milbenfauna als Asthma Allergen. *Dermatologica suppl* 1970;140:46–64.
- [49] Vervloet D, Penaud A, Razzouk H, Senff M, Arnaud A, Boutin C, Charpin J. Altitude and house dust mites. *J Allergy Clin Immunol* 1982;69:290–6.
- [50] Mollier R. Ein neues Diagramm für Dampfluftgemische Zeitschr. *Ver Deutsch Ing* 1923;67:869–72.
- [51] Korsgaard J. House-dust mites and absolute indoor humidity. *Allergy* 1983;38:85–92.
- [52] Von Bronswijk JEMH, Pauli G. An update on long-lasting mite avoidance, dwelling construction, humidity management, cleaning. Aachen 1996:65.
- [53] Wharton GW. House dust mite. Review article. *J Med Ent* 1976;12:577–621.
- [54] Arlian LG, Morgan MS, Neal JS. Dust mite allergens: ecology and distribution. *Curr Allergy Asthma Rep* 2002;2:404–11.
- [55] Massot O, Ott M. Guide pratique pour asthmatiques allergiques des constituants nocifs de l'environnement intérieur. *Rev Fr Allergol* 2009;49:235–8.
- [56] Dornelas de Andrade A, Birnbaum J, Lanteaume A, Izard JL, Corget P, Vervloet D. Housing and house dust mites. *Clin Exp Allergy* 1995;50:142–6.
- [57] Platts-Mills TAE. Indoor allergens in Middleton E. In: Adkinson NF, Bochner BS, Busse WW, Holgate ST, Lemanske RF, Simons FE, editors. *Allergy principles and practice*. 7th Ed. St-Louis: Mosby Elsevier; 2009. p. 539–55.
- [58] Arlian LG. Humidity as a factor regulating feeding and water balance of the house dust mite *Dermatophagoïdes farinae* and *Dermatophagoïdes pteronyssinus* (Acari = Pyroglyphidae). *J Med Entomol* 1977;14:484–8.
- [59] Arlian LG, Platts-Mills TAE. The biology of dust mites and the remediation of mite allergens in allergic disease. *J Allergy Clin Immunol* 2001;107:S406–13.
- [60] Saint Georges-Grèdelet (de) D, Kniest FM, Schober G, Penaud A, Van Bronswijk JEMH. Lutte chimique contre les acariens de la poussière de maison. *Rev Fr Allergol* 1988;28:131–8.
- [61] Bessot JC. L'asthme aux acariens. Thèse Med, Université Louis Pasteur 1973, 196p.
- [62] 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.
- [63] Silton RP, Fernandez-Caldas E, Trudeau WL, Swanson MC, Lockey RF. Prevalence of specific IgE to the storage mite, *Aleuroglyphus ovatus*. *J Allergy Clin Immunol* 1991;88:595–603.
- [64] Warner A, Boström 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.
- [65] Pauli G, De Blay F, Bessot JC, Ott M, Gries P. The role of mattress bases in the mite infestation of dwellings. *J Allergy Clin Immunol* 1997;99:261–3.
- [66] Tovey ER, Chapman MD, Wells CW, Platts-Mills TAE. The distribution of dust mite allergen in the houses of patients with asthma. *Am Rev Respir Dis* 1981;124:630–5.
- [67] Nagakura T, Yasueda H, Obata T, Kanmuri M, Masaki T, Ihara N, et al. Major *Dermatophagoïdes* mite allergens Der p 1 in soft toys. *Clin Exp Allergy* 1996;26:585–9.

- [68] Naspitz CK, Diniz C, Rizzo MC, Fernandez-Caldas E, Sole D. Human scalps as a reservoir of domestic mites. *Lancet* 1997;i:349–404.
- [69] Engelhart ST, Wimes-Link M, Gilges S. Exposure of submarine personnel to house dust mite allergens. *J Allergy Clin Immunol* 1997;104:242–8.
- [70] Green WF, Marks GB, Tovey ER, Toelle BG, Woolcock AJ. House dust mites and mite allergens in public places. *J Allergy Clin Immunol* 1992;89:1196–7.
- [71] Munir AKM, Einarsson D, Dreborg SKG. Mite (Der p 1 Der f 1), cat (Feld 1) and Dog (Can f 1) allergens in dust from Swedish day-care centers. *Clin Exp Allergy* 1995;25:119–26.
- [72] Dekker H. Asthma und Milben Münsch Med Wschr 1928;75:515–6.
- [73] Oboussier H. Beiträge zur Biologie und Anatomie der Wohnungsmilben Zeitschr. angen. Entamol. Berlin 1939;26:253–96.
- [74] Cuthbert OD, Brostoff J, Wraith DG, Brighton WD. Barn Allergy: asthma and rhinitis due to storage mites. *Clin Allergy* 1979;9:229–36.
- [75] Franz JT, Masuch G, Mücken H, Bergmann KCH. Mite fauna of German farms. *Allergy* 1997;52:1233–7.
- [76] 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.
- [77] Terho EO, Leskinen L, Husman K, Kärenlamp L. Occurrence of storage mites in Finnish farming environment. *Allergy* 1982;37:15–9.
- [78] Van Hage-Hamsten M, Johansson E, Wiren A, Johansson SGO. Storage mites dominate the fauna in Swedish barn dust. *Allergy* 1991;46:42–6.
- [79] Revsbech P, Andersen G. Storage mite allergy among grain elevator workers. *Allergy* 1987;42:423–9.
- [80] Revsbech P, Dueholm M. Storage mites allergy among bakers. *Allergy* 1990;45:204–8.
- [81] 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.
- [82] 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.
- [83] Dal Monte M, Tomasinin 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.
- [84] 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.
- [85] 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.
- [86] 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.
- [87] Fernandez-Caldas E, Puerta L, Mercado D, Lockey RF, Caraballo LR. Mite fauna, Der p I Der f I and *Blomia tropicalis* allergen levels in a tropical environment. *Clin Exp Allergy* 1993;23:292–7.
- [88] Chew FT, Zhang L, Ho TM, Lee BW. House dust mite fauna of tropical Singapore. *Clin Exp Allergy* 1999;29:201–6.
- [89] Mariana A, Ho TM, Sofian-Azirum M, Wong AL. House dust mite fauna in the Klang Valley, Malaysia. *Southeast Asian J Tropical Med Publ Health* 2000;31:712–21.
- [90] 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.
- [91] Adriel Gudiel H, Jorge Gudiel H, Lissí Tincopa A, Dutau G, Rancé R. Étude des sensibilisations aux aéroallergènes 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.
- [92] 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.
- [93] Carabello L, Puerta L, Fernandez-Caldas E, Lockey RF, Martinez B. Sensitization to mite allergens and acute asthma in a tropical environment. *J Investig Allergol Clin Immunol* 1998;8:281–4.
- [94] 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.
- [95] Sanchez-Borges M, Capriles-Hulett A, Fernandez-Caldas E, Suarez-Chacon R, Caballero F, Castillo S, et al. Mite-contaminated foods as a cause of anaphylaxis. *J Allergy Clin Immunol* 1997;99:738–43.
- [96] Guerra Bernd LA, Arruda LK, Barros Antunes HB. Oral anaphylaxis to mites. *Allergy* 2001;56:83–4.
- [97] Matsumoto T, Satho A. The occurrence of mite-containing wheat flour. *Pediatr Allergy Immunol* 2004;15:469–71.
- [98] Matsumoto T, Goto Y, Mike T. Anaphylaxis to mites-contaminated flour. *Allergy* 2001;56:247.
- [99] Wen DC, Shyur 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.
- [100] Yi FC, Chen JY, Chua KY, Lee BW. Dust mite infestation of flour samples. *Allergy* 2009;64:1788–9.