

Actualités sur *Alternaria*: écologie

M.D. LINAS, B. MORASSIN, P. RECCO

RÉSUMÉ

Les *Alternaria* sont des champignons fréquents dans notre environnement. Ils appartiennent aux moisissures atmosphériques. Ce sont des champignons filamenteux, septés, de la famille des dématiæ produisant en culture et sur des substrats organiques des hyphes et des spores possédant un pigment noir de type mélanine. Les spores qui assurent la dissémination sont de grande taille en forme de massue. Les *Alternaria* peuvent être isolés de végétaux très divers. Ils sont parasites de nombreuses plantes: plantes maraîchères, céréales, fruits, fleurs. Le stockage des graines contaminées peut favoriser l'accumulation de toxines surtout étudiées pour *Alternaria alternata*. Les *Alternaria* sont donc des champignons très communs et cosmopolites. Humidité et chaleur moyenne favorisent leur sporulation. Ils peuvent se retrouver sur des substrats très variés: plantes, sols, textiles, graines... L'air joue un rôle important dans la dispersion des spores. Les spores d'*Alternaria* sont des allergènes. L'allergène majeur est ALTa I qui est une glycoprotéine. Les spores sont également infectieuses déterminant le plus souvent des formes cliniques cutané-épidermiques favorisées par certains facteurs: diabète mal équilibré, corticothérapie.

MOTS-CLÉS: *Alternaria* – Champignons filamenteux – Écologie – Épidémiologie.

Les *Alternaria* sont des champignons microscopiques fréquents dans notre environnement. Ils se développent sur des matières organiques dont ils utilisent le carbone. En effet, comme la plupart des champignons, ils sont hétérotrophes, ne peuvent vivre qu'en saprophytes ou parasites.

SUMMARY

Current data on *Alternaria*. – *Alternaria* are airborne molds that are widespread in nature. When cultured and on organic substrates, these filamentous, septate molds of the Dematiace family produce hyphae and spores containing a melanin-like pigment. The large club-like spores ensure the propagation of the species. *Alternaria* can be recovered from a wide variety of plants, and parasitize many vegetables, cereals, fruits and flowers. Storage of contaminated seeds can promote accumulation of toxins, of which the most extensively studied are those produced by *Alternaria alternata*. *Alternaria* are thus common ubiquitous molds. Spore formation is most likely to occur under humid warm conditions. *Alternaria* can be found on a broad array of substrates including plants, soil, textiles and seeds. Air plays a key role in spore dispersion. *Alternaria* spores are allergenic. The chief allergen is a glycoprotein called ALTa I. The spores can also cause infections, which usually manifest as epidermal lesions and are most common in patients with poorly controlled diabetes mellitus and in those on corticosteroid therapy.

KEY-WORDS: *Alternaria* – Filamentous fungi – Ecology – Epidemiology.

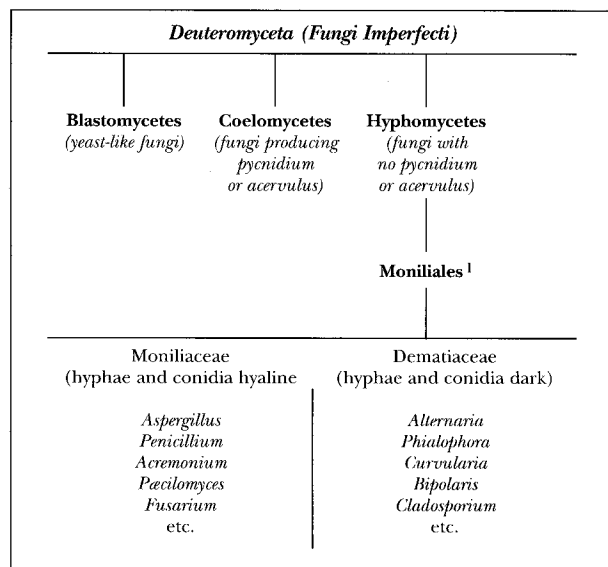
Ils intéressent la mycologie médicale à des degrés différents en raison de trois caractéristiques de leur rôle pathogène: rôle infectieux, allergisant et toxigène.

Laboratoire de Parasitologie-Mycologie, CHU Rangueil, 1, avenue Jean-Poulhès, 31403 TOULOUSE Cedex 4.

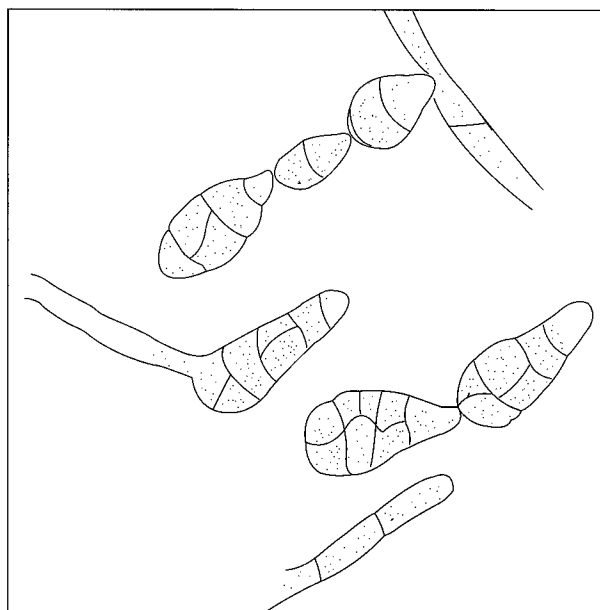
Tirés à part: Dr M.D. Linas, adresse ci-dessus.

LINAS M.D., MORASSIN B., RECCO P. – Actualités sur *Alternaria*: écologie. *Rev. fr. Allergol.*, 1998, **38** (4), 349-355.

Tableau I. – Classification.



1. Contains human pathogens

Fig. 1. – Aspect microscopique d'*Alternaria alternata* en culture.

LA PLACE DES *ALTERNARIA* DANS LA CLASSIFICATION DES CHAMPIGNONS

La partie constitutive fondamentale des champignons est représentée par le thalle ou appareil végétatif. La morphologie du thalle permet de différencier :

- les champignons unicellulaires caractérisant les levures : *Candida*, *Saccharomyces*, *Cryptococcus*, *Malassezia*,
- les champignons filamenteux formés par des filaments ou hyphes rectilignes présentant ou non des cloisons transversales ou septa. L'ensemble constitue le mycélium. La majorité des moisissures atmosphériques auxquelles appartiennent les *Alternaria* sont des champignons filamenteux à mycélium septé. La paroi des filaments peut être pigmentée en brun (*Dematiaceae* ou champignons noirs) ou au contraire non colorée (moisissures hyalines).

Les champignons se reproduisent par des spores. Leur cycle de propagation est assuré par deux types de spores : l'un intervenant dans la reproduction sexuée (stade parfait), l'autre dans la multiplication asexuée (stade imparfait). Certains champignons, comme c'est le cas pour la majorité des *Alternaria*, ont perdu la propriété de former des spores sexuées. Ils sont classés dans les *Fungi imperfecti* ou *Deuteromycetes* [13] (tableau I).

MODE DE FORMATION DES SPORES MORPHOLOGIE

Les champignons du genre *Alternaria* sont donc des champignons filamenteux septés appartenant à la famille des *Dematiaceae* qui produisent, en culture et sur des substrats organiques, des hyphes et ou des spores possédant un pigment noir de type mélanine.

Les filaments se développent par allongement apical de l'extrémité. Dans certaines conditions, à partir de filaments spécialisés ou conidiophores vont naître des spores ou conidies caractéristiques : elles sont produites en chaînes, pour la majorité des espèces, à partir de conidiophores isolés ou groupés. Ce sont des **dictyosporangies** : spores grossièrement piriformes, à base élargie, mesurant (50-100) × (3-16) µm avec des septa transversaux, obliques et longitudinaux en nombre variable. Elles se terminent par une partie rétrécie plus ou moins longue appelée le « bec » [12].

Les espèces les plus fréquemment isolées sont *A. alternata* et *A. tenuissima*, *A. alternata* représentant l'espèce type [7] (fig. 1).

• ***Alternaria alternata*** : colonie noire ou vert olive noirâtre, quelquefois grise.

– **Conidiophores** : isolés ou présents par petits groupes droits ou flexueux, de couleur marron foncé ou marron clair et ayant jusqu'à 50 µm de long.

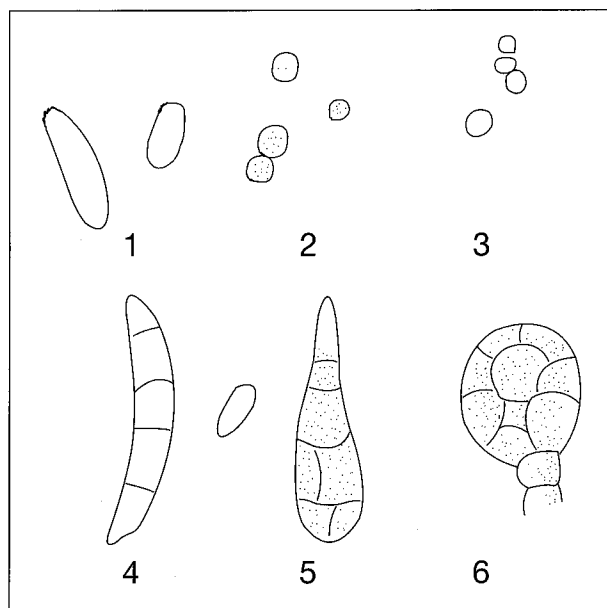


Fig. 2. – Comparaison de la taille et de la morphologie des spores. 1. *Cladosporium*; 2. *Aspergillus*; 3. *Penicillium*; 4. *Fusarium*; 5. *Alternaria*; 6. *Epicoccum*.

– *Conidies*: en général formées en longues chaînes ramifiées, de forme variable, ovoïdes ou piriformes. Elles présentent quelquefois un bec qui peut atteindre le tiers de la longueur, elles sont de couleur marron foncé ou pâle, lisses ou verruqueuses. Elles possèdent des septa transversaux, obliques ou longitudinaux.

• *Alternaria tenuissima*: colonie grise à noirâtre.

– *Conidiophores* isolés ou en groupe, simples ou ramifiés, droits ou flexueux, brun foncé ou clair et mesurant jusqu'à 115 µm.

– *Conidies*: isolées ou en courtes chaînes, droites ou incurvées, terminées par un bec qui peut atteindre la moitié de la longueur. Elles sont de couleur brun doré clair, en général lisses à 4 à 7 septa transversaux et quelques septa longitudinaux et obliques.

Ce qu'il faut retenir au point de vue morphologie:

– les *Alternaria* sont des champignons filamenteux à filaments noirs,

– en culture ou sur des substrats favorables, ils forment des spores de grande taille (fig. 2), de morphologie particulière: forme de massue avec des cloisons transversales et longitudinales de couleur brune. Elles sont le plus souvent en chaînes comprenant un nombre variable d'éléments (20 spores) ou solitaires. Par rapport à d'autres moisissures atmosphériques, comme par exemple les *Cladosporium* ou les *Aspergillus*, la quantité de spores formées est moins importante.

Tableau II. – Exemple de cultures maraîchères parasitées par *Alternaria*.

Plante	Champignon	Localisation de l'atteinte
Tomate	<i>A. chartarum</i>	Tige Feuille Fruit
	<i>A. alternata</i>	
	<i>A. tenuissima</i>	
	<i>A. solani</i>	
Carotte	<i>A. dauci</i>	Feuillage +++
Crucifères (colza) (chou, chou-fleur)	<i>A. brassicicola</i>	Plantule Pomme de chou-fleur
	<i>A. brassicae</i>	
Cucurbitacées (concombre, melon)	<i>A. cucumerina</i>	Feuille Fruit
	<i>A. alternata</i>	

Du point de vue structural, les *Alternaria* comme tous les champignons, présentent une paroi dont la composition intervient comme déterminant immunogène. Cette paroi est un complexe de biopolymères. Si la composition est différente pour chaque champignon, ce qui explique les différences antigéniques, la structure est comparable. Les composants structuraux sont les glucanes qui représentent 60 à 80 % du poids total de la paroi. Ces glucanes associés à la chitine en faible quantité (0,6-2,7 %) forment un échafaudage enchevêtré dans une matrice de composés amorphes, les manoprotéines (20-30 %) et les protéines (15 à 20 %). La paroi doit être considérée comme un organe dynamique essentiel pour la survie des champignons.

LES GÎTES DES ALTERNARIA

Alternaria parasite des plantes

• Les *plantes maraîchères* sont concernées [15] notamment les crucifères, les cucurbitacées, la carotte et surtout la tomate. Les champignons attaquent les feuilles, les tiges et éventuellement le fruit (tableau II). Les lésions sont noires, bien délimitées. Les conidies sont très résistantes à la sécheresse et douées d'une très grande longévité (plus d'un an à l'état sec). Elles se conservent dans les débris des plantes malades ou plus difficilement dans le sol. Les *Alternaria* sont particulièrement favorisés par des alternances de pluie et de soleil. Pour qu'ils fructifient sur une lésion, celle-ci doit être lavée par la pluie puis illuminée par le soleil. Des gouttes de pluie ou de rosée sont nécessaires pour la germination nocturne des spores déposées sur les feuilles. Suivant la réceptivité de l'hôte il y aurait apparition rapide de lésions, ou seulement infection latente.

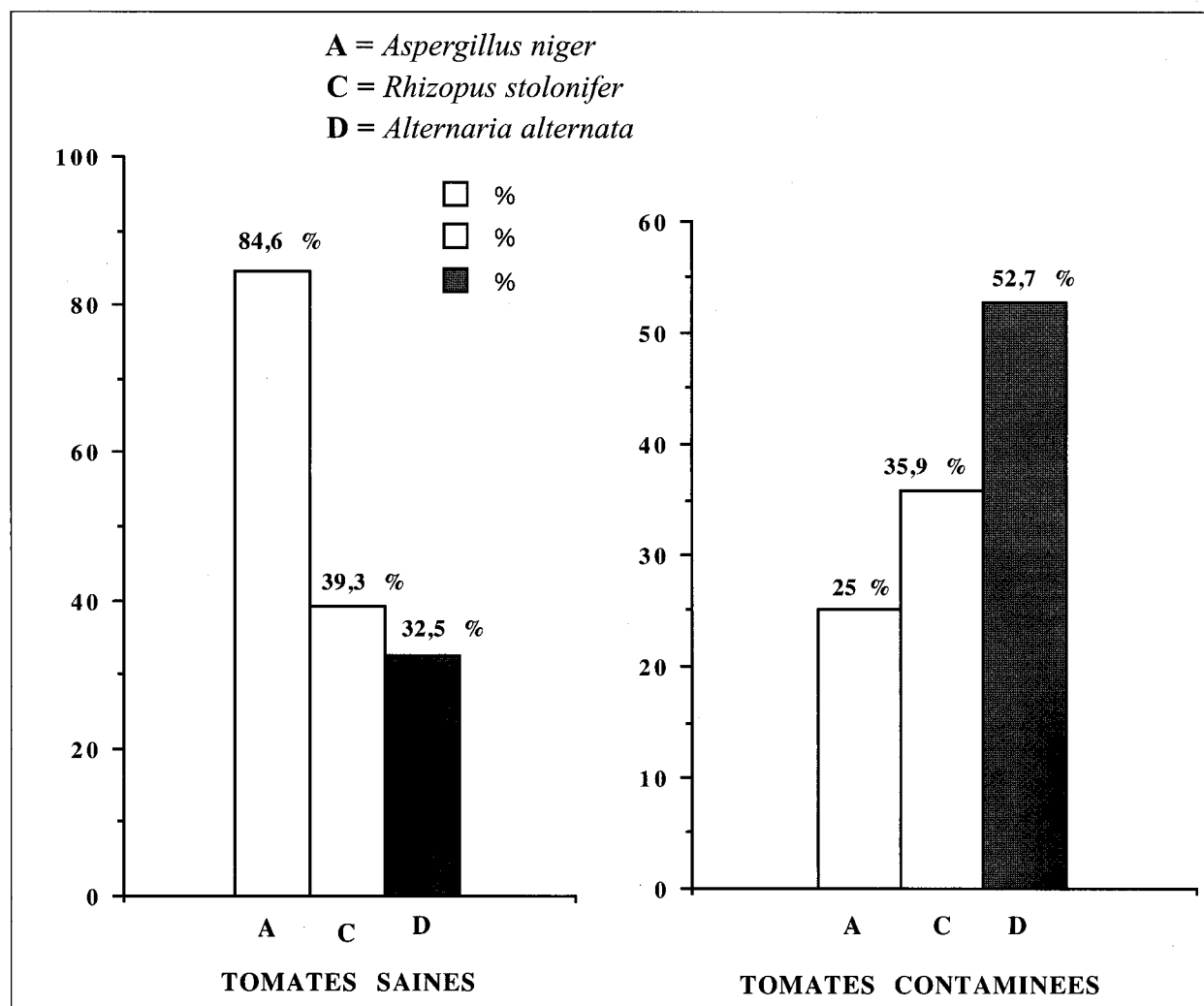


Fig. 3. – Répartition des champignons sur tomates saines et tomates contaminées [1].

– *La tomate*: les espèces d'*Alternaria* concernées sont: *A. chartarum*, *A. alternata*, *A. tenuissima*, *A. solani*. Ces espèces affectent essentiellement les fruits de culture, comme les tomates de plein champ et plus particulièrement les cultures non tuteurées. Leur fréquence varie d'une implantation à l'autre. Parmi les champignons responsables de pourriture sur fruits, les *Alternaria* sont toujours présents en très forte proportion. Les feuilles et les tiges sont également atteintes.

Les spores d'*A. solani* sont très robustes capables de survivre un an sur des débris de culture ou à la surface du sol. La germination peut avoir lieu sous une large gamme de température entre 3° et 37° (12h à 18°C-3h entre 20 et 30°C).

Les *Alternaria* peuvent également vivre en saprophytes [1] (fig. 3) et de ce fait quand les condi-

tions favorables sont réunies le parasitisme peut s'installer rapidement donnant un grand nombre de spores.

A. dauci provoque chez la carotte une maladie du feuillage dans les environnements les plus divers: été et fin d'automne dans le Nord de la France, printemps et automne méditerranéens, tout au long de l'année en condition tropicale humide. Un temps pluvieux, une température moyenne supérieure à 18°C sont favorables au développement d'*A. dauci*.

– *Cucurbitacées*: *A. cucumerina* peut rester sur des débris végétaux sous forme de mycelium dormant. Pour une température comprise entre 20 et 32°C, une légère humidité sur les feuilles (rosée), en 3 à 12 jours le mycélium peut se développer, les spores se former et être très facilement transportées par le vent.

Tableau III. – Augmentation des spores d'*Alternaria* (%) par rapport aux autres champignons isolés [19].

Cereales	Avant battage		Pendant battage	
	CFU	%	CFU	%
Blé	25	17	1062	54
Riz non décortiqué	7	37	1366	51

– *Crucifères*: *A. brassicae* est le parasite le plus important du Colza où les feuilles présentent des tâches brunes ou noires. Ces mêmes lésions noires se voient sur les pommes de chou-fleur. Les climats humides (océaniques, continentaux avec orages d'été) sont favorables aux attaques d'*Alternaria*.

• Les céréales

Les *Alternaria* font partie d'une microflore dite « de champ » qui contamine les céréales avant la récolte [4]. Les travaux de récolte peuvent libérer une quantité très importante de spores de moisissure parmi lesquelles des spores d'*Alternaria*. Une étude menée en Inde [19] montre une augmentation significative d'*Alternaria* lors du battage du blé et du riz. Dans des boîtes de culture déposées au niveau de l'aire de battage avant et après travaux la quantité de colonies isolées (CFU) a été multipliée par 25 pour le blé et par 200 pour le riz (tableau III).

Aux États-Unis, la répartition géographique d'*Alternaria* correspond aux régions de culture du blé. Cette moisissure se développe en abondance sur les chaumes et la paille après la moisson; malgré leur taille, les spores sont facilement entraînées par le vent [14].

• Autres plantes

Les *Alternaria* peuvent se développer sur des végétaux très divers comme par exemple [7, 15, 16]:

- pommes de terre,
- fleurs (œillet, zinnias, giroflées...),
- fruits (agrumes),
- coton, lin,
- tabac...

Graines

Plusieurs types de graines [8] peuvent être colonisés par des spores d'*Alternaria*: céréales, soja, tournesol...

Le stockage des graines contaminées peut favoriser l'accumulation de mycotoxines. Elles

ont été surtout étudiées pour *Alternaria alternata* [10] et sont constituées essentiellement par:

- l'acide tenuazonique,
- l'alternariol et son méthyl-ester,
- l'altéroxine I et II,

Leur rôle mutagène et carcinogène a été démontré pour les cellules humaines. Certains auteurs ont relié, dans certaines régions, la contamination de graines de céréales par *Alternaria alternata* et la haute incidence des cancers de l'œsophage [6].

Cependant, la sécrétion de mycotoxines est faible et toutes les souches ne sont pas toxogènes. Il peut y avoir de nombreuses colonies d'*Alternaria* isolées à partir d'un échantillon sans sécrétion de mycotoxines [20].

Il faut donc se rappeler que tous les *Alternaria* peuvent être isolés de nombreux végétaux soit comme saprophytes soit comme parasites. Les espèces dites monophages sont bien adaptées à une plante particulière, les espèces polyphages se rencontrent chez un grand nombre de plantes très différentes. Les *Alternaria* sont considérés comme des parasites de faiblesse dont le pouvoir pathogène est plus ou moins élevé [7].

Produits divers [4]

- produits laitiers: fromages,
- textiles: coton, laine,
- caoutchouc,
- peintures et adhésifs: l'attaque des surfaces peintes par les moisissures est favorisée par l'humidité importante qui règne dans certains locaux et par la présence sur les murs de substances organiques apportées par les produits de fabrication.

Les *Alternaria* sont donc des champignons très communs et cosmopolites. Humidité et chaleur moyenne (25°C-32°C) favorisent leur sporulation. Ils peuvent se retrouver sur des substrats très divers: plantes, sols, textiles, graines...

TRANSMISSION

L'air joue un rôle déterminant dans la dispersion des spores. Les fragments de mycélium peuvent être également dispersés. Après sédimentation et lorsque les conditions favorables (substrat, chaleur, température, humidité) sont réunies:

- les spores vont germer: les logettes vont produire un tube germinatif (fig. 4), puis un mycélium où vont se différencier des conidiophores à partir desquels vont se former les spores,

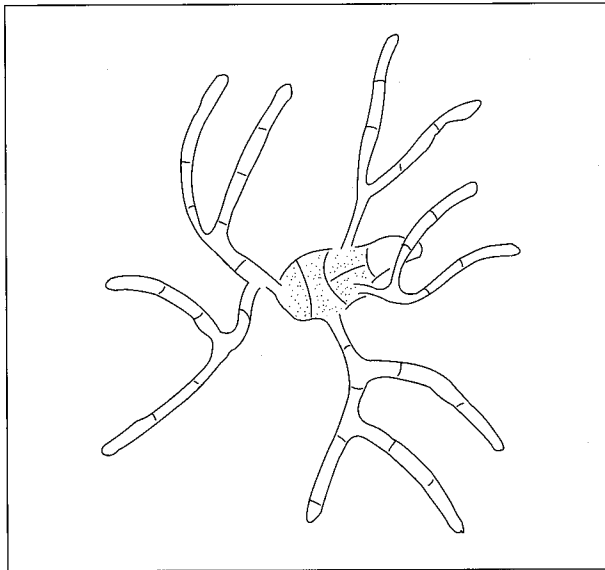


Fig. 4. – Germination d'une spore d'*Alternaria*.

– les fragments de mycélium vont croître, certains vont se différencier et donner naissance à des spores.

La survie des *Alternaria* se fait au niveau du sol, des graines, et leur multiplication au niveau des plantes et autres substrats.

Toutes ces spores vont être présentes dans l'atmosphère en quantité plus ou moins importante qui sera fonction de leur développement sur les plantes.

Recueil des spores

Il existe divers appareillages pour le recueil des spores atmosphériques [14] :

Méthodes gravimétriques

Les particules fongiques sédimentent sur une lame enduite de substance adhésive. La lame est changée toutes les 24 heures. Cette lecture donne un compte quotidien global.

Dans la méthode des boîtes de Pétri ou méthode de culture, les spores sédimentent sur un milieu nutritif. Les différentes boîtes sont mises à incuber et on note l'apparition de colonies fongiques. Cette technique permet une identification plus précise et est surtout pratiquée, à l'heure actuelle, pour le recensement fongique à l'intérieur des maisons [18]. Ce même principe utilisant boîte de culture et volume d'air connu, est employé en hygiène hospitalière.

Méthodes volumétriques

Les particules fongiques sont identifiées et comptées dans un volume d'air prélevé connu. Les appareils utilisés fonctionnent par impact ou par aspiration.

– Dans le premier cas, la force d'impact est créée par un mouvement d'air dû à la rotation des surfaces réceptives.

– Dans le deuxième cas, l'air chargé de particules en suspension est aspiré par une pompe à vide dans l'appareil et est projeté sur une surface piège qui peut être un cylindre et qui se déplace à une vitesse donnée.

Les résultats seront donnés par nombre de spores/m³ d'air. Pour les *Alternaria*, la plus forte abondance de spores dans l'atmosphère a lieu de juin à septembre et diminue nettement pendant l'hiver [14].

RÔLE PATHOGÈNE

Les spores sont des allergènes

Alternaria, même s'il ne représente que 1,2% de la flore fongique totale, est un allergène dominant [14].

Selon Bagni et Coll. [3] le seuil de concentration permettant d'évoquer une allergie est estimé à 100 spores par m³ d'air pour *Alternaria* et à 3000 spores/m³ pour *Cladosporium*.

L'allergène majeur est ALT a I qui est une glycoprotéine (PM, 31 KDa) formée de 20% de carbohydrates, localisée dans le cytoplasme du mycélium et des spores [11, 17]. Des réactions croisées ont été détectées entre *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum* et *Cladosporium cladosporioides*. D'autres *Dematiaceae* sont également impliquées: *Helminthosporium spp.*, *Stemphylium spp.*, *Curvularia spp.*, et *Ulocladium spp.* [11].

Généralement, les conidies de tailles $\geq 5\mu\text{m}$ sont responsables d'une allergie type 1 car elles restent au niveau des voies aériennes supérieures (fosses nasales, sinus, bronches). Les conidies de tailles $<5\mu\text{m}$ parviennent facilement au niveau alvéolaire et peuvent déterminer une allergie de type III. Certaines conidies de grande taille peuvent se fractionner et pourraient ainsi pénétrer jusqu'aux alvéoles, comme les conidies de petite taille [17].

Les spores sont infectieuses

Il existe de nombreuses espèces d'*Alternaria* (80 environ) mais apparemment seules quelques-unes peuvent se développer dans les tissus

humains. Ceci s'explique par des températures limites de croissance. Ce sont les espèces polyphages présentant *a priori* la plus grande possibilité d'adaptation qui sont impliquées. *Alternaria alternata*, *Alternaria chartarum* et *Alternaria tenuissima* sont les plus fréquemment isolées des lésions humaines.

Elles déterminent [5] :

– des formes cutané-épidermiques dont le développement est facilité par certains facteurs sous-jacents : diabète mal équilibré, syndrome de Cushing, corticothérapie au long court. Les lésions siègent de préférence sur les membres supérieurs ou inférieurs. Elles débute par une macule, une pustule, puis apparaissent des nodules dermiques squameux et même croûteux [12]. Les filaments mycéliens qui représentent la forme parasitaire du champignon sont le plus souvent inclus dans un granulome inflammatoire dermique [2].

– des localisations profondes,

– des atteintes oculaires avec kératite et endophtalmie,

– des atteintes sinusiennes.

Les lésions cliniques dues aux *Dematiaceae* prennent le nom général de **Phaeohyphomycoses** [9]. Ce terme désigne, selon Ajello, l'ensemble des infections cutanées, sous-cutanées ou systémiques dues à des champignons noirs et qui apparaissent dans les tissus de l'hôte sous forme d'éléments mycéliens septés à paroi pigmentée en brun.

CONCLUSION

Les *Alternaria* sont des champignons filamenteux pigmentés, se multipliant par des spores de grande taille assurant la dissémination.

Ils se développent sur de nombreux substrats en particulier sur les plantes de notre environnement. Ils survivent au niveau du sol. Les spores transportées par l'air sont la principale cause des processus pathologiques dévolus aux *Alternaria* : rôle allergisant et rôle infectieux.

RÉFÉRENCES

1. Abbel-Mallek A.Y., Hemida S.K., Bagy M.M.K. – Studies on fungi associated with tomato fruits and effectiveness of some commercial fungicides against three pathogens. *Mycopathologia*, 1995, 130, 109-116.
2. Badillet G. – Les Alternarioses cutanées. *Revue Générale. J. Mycol. Méd.*, 1991, 118, 59-71.
3. Bagni N., Davies R.R., Mallea M., Nolard N., Spickma F. T., Stix E. – Spores concentration in cities of the European Economic Community. II. Spores of *Cladosporium* and *Alternaria*. *Acta Allergol.*, 1977, 32 (2), 118-138.
4. Botton B., Breton A., Fevre M., Gauthier S., Guy Ph., Larpent J.P., Raymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y., Veau P. – *Moisissures utiles et nuisibles, importance industrielle. Biotechnologies*. 2^e Edition, Paris, Masson, 1990.
5. Chabasse D. – Les nouveaux champignons opportunistes apparus en Médecine. *Revue générale. J. Mycol. Méd.*, 1994, 4, 9-28.
6. Davis V.M., Stack M.E. – Mutagenicity of stemphytoxin III, a metabolite of *Alternaria alternata*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1991, 57, 180-182.
7. De Bievre C. – Les *Alternaria* pathogènes pour l'homme : mycologie épidémiologique. *J. Mycol. Méd.*, 1991, 118, 50-58.
8. Etcheverry M., Chulze S., Dalcera A., Varsavsky E., Magnoli C. – Effect of water activity and temperature on Tenuazonic acid production by *Alternaria alternata* on sunflower seeds. *Mycopathologia*, 1994, 126, 179-182.
9. Grillot R. – *Les mycoses humaines : démarche diagnostique*. Paris, Elsevier, 1996.
10. Hasan H.A.H. – *Alternaria* mycotoxins in black rot lesion of tomato fruit: conditions and regulation of their production. *Mycopathologia*, 1995, 130, 171-177.
11. Horner W.E., Hclbling A., Salvaggio J.E., Lehrer S.B. – Fungal Allergens. *Clin. Microbiol. Rev.*, 1995, 8, 161-179.
12. Koenig H. – *Guide de mycologie médicale*. Paris, Ellipses, 1995.
13. Kwon-Chung K.J., Bennett John E. – *Medical Mycology*. Philadelphia, Lea and Febiger, 1992.
14. Maho V. – *Etude de la flore fongique atmosphérique à Nantes d'octobre 1991 à octobre 1992. A propos du recensement des spores des genres Alternaria, Cladosporium, Epicoccum*. Thèse Pharmacie, Nantes, 1993.
15. Messiaen C.M., Blancard D., Rouxel F., Lafon R. – *Les maladies des plantes maraîchères*. Paris, INRA.
16. Pieckova E., Jesenska Z. – Filamentous microfungi in raw flax and cotton for textile industry and their ciliostatic activity on tracheal organ cultures *in vitro*. *Mycopathologia*, 1996, 134, 91-96.
17. Recco P., Murris M., Mallea M., Linas M.D. – Allergènes fongiques. *Rev. Fr. Lab.*, 1996, 281, 21-28.
18. Summerbell R. C., Staib F., Dales R., Nolard N., Kane J., Zwanenburg., Burnett R., Krajden S., Fung D., Leong D. – Ecology of fungi in human dwellings. *J. Med. Veter. Mycol.*, 1992, 30, Suppl. I, 279-285.
19. Uddin N., Chakraverty R. – Airborne fungal load in agricultural environment during threshing operations. *Mycopathologia*, 1994, 127, 145-149.
20. Vinas I., Palma J., Garza S., Sibilis A., Sanchis V., Visconti A. – Natural occurrence of aflatoxin and *Alternaria* mycotoxins in oilseed rape from Catalonia (Spain): incidence of toxigenic strains. *Mycopathologia*, 1994, 128, 175-179.

