



Article original

Recensement des spores fongiques dans l'atmosphère de la ville de Sousse (Tunisie)

Inventory of the fungal spores in the atmosphere of the city of Sousse (Tunisia)

I. Gargouri ^{a,*}, S. Mezghani ^a, A. Hayouni ^a, H. Njima ^a, A. Abdelghani ^a,
A. Garrouch ^a, M. Benzarti ^a, H. Razzouk ^b, M. Jerry ^a

^a Service de pneumologie et allergologie, CHU Farhat Hached, Sousse, Tunisie

^b CEMBREU Briançon, 05100 Hautes-Alpes (HA), France

Reçu le 31 juillet 2010 ; accepté le 19 août 2010

Résumé

Introduction. – La pollution externe ou atmosphérique semble avoir un retentissement évident sur l'appareil respiratoire et l'augmentation de la prévalence des maladies respiratoires allergiques tels que l'asthme et la rhinite.

But. – Établir des comptes de spores fongiques recueillies dans l'atmosphère de la ville de Sousse durant l'année 2003 et de préciser leurs variations saisonnières.

Matériels et méthode. – Un capteur volumétrique de type Burkard[®] a été placé au toit du service de maternité de l'hôpital. Les prélèvements ont été envoyés chaque semaine au centre européen médical bioclimatique de recherche et d'enseignement universitaire (CEMBREU) pour comptage. Le résultat a été exprimé en nombre de spores fongiques par mètre cube d'air. Les données météorologiques ont été enregistrées à savoir : l'humidité relative, la température annuelle moyenne et la pluviométrie annuelle moyenne.

Résultats. – Cent soixante mille et deux cents dix spores par mètre cube de moisissures ont été recensées dans l'atmosphère de la ville de Sousse. Quatre genres de spores ont été recensés : *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum* et *Botrytis*. Le maximum de spores fongiques a été recensé au printemps. Pendant cette saison, les spores du genre *Alternaria*, *Cladosporium* et *Epicoccum* ont été corrélées de manière positive et significative avec la température. Ces spores ont été corrélées de manière significative avec une température qui variait entre 15 et 25 °C. Par leur présence et leur nombre élevé, les spores fongiques peuvent être à l'origine d'une exposition des personnes sensibles à leurs effets et être à l'origine de certaines maladies essentiellement respiratoires dont la rhinite et l'asthme.

© 2010 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Spores fongiques ; Conditions météorologiques ; Fluctuations saisonnières

Abstract

Introduction. – Outdoor atmospheric pollution seems to have a noticeable effect on the respiratory system, increasing of the prevalence of allergic respiratory diseases such as the asthma and the rhinitis.

Purpose. – To determine fungal spore counts and their seasonal swings in the outdoor atmosphere of the city of Sousse, Tunisia during the year 2003.

Materials and methods. – A volumetric Burkard[®] sensor was placed on the roof of the maternity service of the local hospital. Samples were sent every week to the European Bioclimatic Medical Center of Research and University Education (CEMBREU) for counting. The results were expressed as the number of fungal spores per cubic meter of air. The following meteorological data were recorded: relative humidity, mean annual outdoor temperature and mean annual rainfall.

Results. – One hundred and sixty thousand and two hundred and ten fungal spores per cubic meter of air were detected in the outdoor atmosphere in Sousse. Four varieties of spores were observed: *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum* and *Botrytis*. The maximum concentration of outdoor fungal spores was observed in spring. During this season, the density of *Alternaria*, *Cladosporium* and *Epicoccum* spores correlated in a positive and significant way with the temperature, which varied between 15°C and 25°C.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : imengargouri@yahoo.fr (I. Gargouri).

Conclusion. – As a result of their high ambient concentrations, fungal spores could be considered to be an important etiological factor in allergic respiratory diseases including rhinitis and asthma.

© 2010 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Fungal spores; Outdoor weather conditions; Seasonal fluctuations; Allergic respiratory diseases

1. Introduction

Les champignons et les moisissures sont ubiquitaires, ils existent dans la nature comme saprophytes ou parasites. L'inhalation de spores fongiques et d'éléments mycéliens émis en quantité dans l'air par des champignons peut entraîner des pathologies respiratoires et cutanées diverses parmi lesquelles les manifestations allergiques occupent une place prépondérante.

La concentration de l'air en particules fongiques dépend de plusieurs facteurs : variations saisonnières et journalières des conditions météorologiques, le type de plantes, la pollution de l'air, l'agriculture, l'industrie et les autres activités humaines [1,2]. Ces variations saisonnières dépendent de l'état climatique et géographique d'une région particulière [2].

L'air contient une grande quantité de spores fongiques dans lequel dominent quelques espèces cosmopolites mais aussi des spores non encore identifiées. La composition de l'air est dominée par quelques espèces parasites ou saprophytes de plante que l'on connaît bien comme, par exemple, *Cladosporium herbarum* ou *Alternaria alternata* [3]. Dans la majorité des cas, ces spores existent dans l'air en quantité supérieure aux pollens [1,4].

L'objectif de ce travail est d'établir des comptes de spores fongiques recueillies dans l'atmosphère de la ville de Sousse durant l'année 2003, de préciser leurs variations saisonnières et de comparer ces données avec les résultats d'autres études réalisées dans diverses régions du monde.

2. Matériels et méthodes

2.1. La zone d'étude, le type de capteur, l'isolement et les méthodes d'identification des spores fongiques

Un capteur de type Burkard[®] [5] a été placé au début du mois de janvier 2003 sur le toit du service de maternité de l'hôpital Farhat Hached de Sousse. La ville de Sousse est située à 35° 46' Nord et 10° 37' Est et à 2 m au-dessus du niveau de la mer. En 2003, la population de cette ville a été de 536 300 habitants avec une densité de 201 habitants par kilomètre carré.

Les spores recueillies sont impactées sur une bande adhésive de cellophane située dans le corps du capteur. Cette bande est découpée en sept parties égales correspondant aux sept jours de la semaine et qui défile à raison de 2 mm par heure. Les particules présentes sur chaque segment sont transposées sur lame et lamelle et fixées avec un réactif de montage légèrement coloré pour observation au microscope optique au grossissement multiplié par 400. Le compte des spores se fait par méthode d'échantillonnage aléatoire ou systématique étant

donné qu'il est impossible d'exploiter toute la lame au microscope [6,7].

L'analyse quantitative et qualitative des relevés hebdomadaires a été effectuée par le centre européen médical bioclimatique de recherche et des études universitaires (CEMBREU) à Briançon et exprimée en nombre de spores par mètre cube d'air.

2.2. Les mesures météorologiques et l'analyse statistique des données

Les données météorologiques nécessaires à notre étude ont été recueillies à partir du site de la subdivision météorologique de Sousse à Khzema, située à 3 kilomètres (km) du site où est implanté notre capteur. Ces données ont concerné la température, l'humidité et la pluviométrie.

Les données recueillies en nombre de spores par mètre cube d'air ont été analysées par la méthode de test Anova et en utilisant la corrélation de Pearson concernant la liaison entre les spores et les données météorologiques (selon les saisons et durant toute l'année). Le degré $n < 0,05$ a été considéré comme statistiquement significatif pour tous les tests effectués.

3. Résultats

3.1. Composition et concentration de l'air en spores fongiques

3.1.1. Données saisonnières

Durant l'année 2003, 160 210 spores par mètre cube de moisissures ont été recensées sur un total de 340 jours dans l'atmosphère de la ville de Sousse. La moyenne annuelle des spores a été de 471 spores par mètre cube par jour avec des valeurs fluctuantes entre 0 et 7210 spores par mètre cube par jour. La Fig. 1 représente les variations mensuelles (a) et saisonnières (b) des spores durant l'année 2003.

3.1.2. Données selon le genre de spores

Quatre genres de spores ont été recensés durant toute l'année 2003 : *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Botrytis*.

Pour le genre *Alternaria*, 16 175 spores par mètre cube ont été recensées représentant 10,1 % du nombre total des spores.

Pour le genre *Cladosporium*, 143 395 spores par mètre cube ont été recensées représentant 89,5 % du nombre total des spores.

Pour les genres *Epicoccum* et *Botrytis*, 285 et 355 spores par mètre cube ont été respectivement recensées représentant à tous les deux moins de 0,5 % du nombre total des spores.

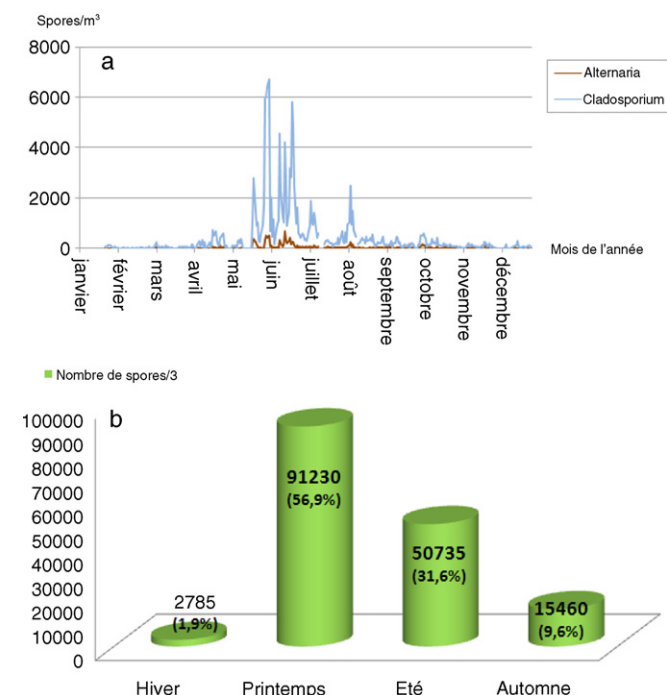


Fig. 1. (a) Variations mensuelles des spores en 2003 ; (b) variations saisonnières des spores en 2003.

3.2. Les conditions météorologiques

Durant l'année 2003, la pluviométrie annuelle à Sousse a été de 547,1 mm, l'humidité moyenne a été de 69,9 % et la température moyenne a été de 20,5 °C. Le Tableau 1 représente les moyennes des paramètres météorologiques mensuels enregistrées durant l'année 2003 dans la ville de Sousse et la Fig. 2 représente les variations saisonnières des paramètres météorologiques enregistrées dans la même année.

On a noté que la majorité des spores a été recensée à des températures au-dessus de 15 °C et avec une humidité au-delà de 60 % et à une pluviométrie inférieure à 10 mm.

Tableau 1

Variations mensuelles des conditions météorologiques durant l'année 2003 dans la ville de Sousse.

Mois	Les données météorologiques		
	Température (°C)	Humidité (%)	Pluviométrie (mm)
Janvier	12,3	59,9	28,9
Février	11,6	70,3	32,2
Mars	14,4	74,3	18
Avril	17,4	74,7	70,5
Mai	21,4	73,3	7
Juin	26,8	69,8	3,6
Juillet	30,4	62,7	11,7
Août	30,2	61,4	10,3
Septembre	26	61,6	163,8
Octobre	24	73,5	96,3
Novembre	18,5	74,3	40,5
Décembre	13,1	76,1	64,3

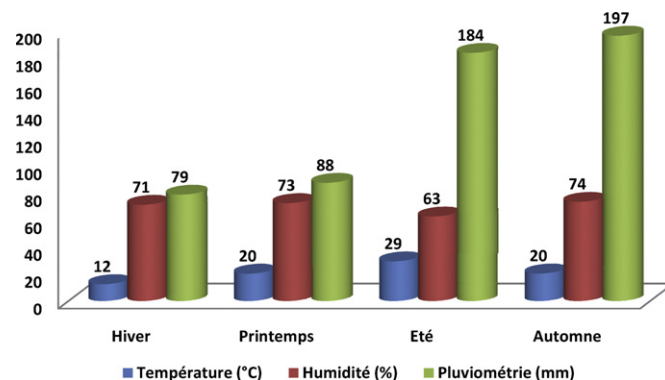


Fig. 2. Variations saisonnières des conditions météorologiques durant l'année 2003.

3.3. Corrélations de genres de spores fongiques avec les conditions météorologiques

Le Tableau 2 illustre les corrélations entre les quatre types de spores et les conditions météorologiques.

La liaison est significative pour les genres *Alternaria*, *Cladosporium*, et *Epicoccum* avec une température comprise entre 15 et 25 °C.

La corrélation des genres de spores fongiques avec les paramètres météorologiques est variable en fonction des saisons :

- en hiver, aucun genre de spores fongiques n'a été corrélé de manière significative avec les paramètres météorologiques ;
- au printemps (Tableau 3), les genres *Alternaria*, *Cladosporium* et *Epicoccum* ont été corrélés de manière positive et significative avec la température. La corrélation est négative et non significative pour les genres *Cladosporium* et *Epicoccum* avec l'humidité alors que cette corrélation est positive et non significative et les genres *Alternaria* et *Botrytis* avec l'humidité. Tous les genres de spores fongiques ont été corrélés de manière négative et non significative avec la pluviométrie ;

Tableau 2

Corrélations entre les types de spores et les conditions météorologiques.

	<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Epicoccum</i>	<i>Botrytis</i>
Humidité (%)				
Corrélation de Pearson	0,043	0,006	−0,166	0,100
Degré de signification	0,429	0,917	0,002 (s)	0,066
Nombre de jours	340	340	340	340
Température (°C)				
Corrélation de Pearson	0,321	0,275	0,234	0,080
Degré de signification	0,000 (s)	0,000 (s)	0,000 (s)	0,144
Nombre de jours	335	335	335	335
Pluviométrie (mm)				
Corrélation de Pearson	−0,045	−0,071	0,034	−0,036
Degré de signification	0,410	0,192	0,535	0,503
Nombre de jours	340	340	340	340

s : significative.

Tableau 3

Corrélations des genres de spores fongiques avec les paramètres météorologiques durant le printemps 2003.

Paramètres météorologiques	Spores fongiques			
	<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Epicoccum</i>	<i>Botrytis</i>
<i>Température</i>				
Corrélation de Pearson	0,542	0,485	0,294	0,240
Degré de signification	0,000 (s)	0,000 (s)	0,004 (s)	0,021
Nombre de jours	92	92	92	92
<i>Humidité</i>				
Corrélation de Pearson	0,099	−0,011	−0,125	0,154
Degré de signification	0,349	0,917	0,235	0,143
Nombre de jours	92	92	92	92
<i>Pluviométrie</i>				
Corrélation de Pearson	−0,081	−0,082	−0,005	−0,073
Degré de signification	0,422	0,438	0,964	0,488
Nombre de jours	92	92	92	92

s : significative.

Tableau 4

Corrélations des genres de spores fongiques avec les paramètres météorologiques durant l'été de l'année 2003.

Paramètres météorologiques	Spores fongiques			
	<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Epicoccum</i>	<i>Botrytis</i>
<i>Température</i>				
Corrélation de Pearson	−0,124	−0,123	−0,319	−0,068
Degré de signification	0,252	0,255	0,003 (s)	0,531
Nombre de jours	87	87	87	87
<i>Humidité</i>				
Corrélation de Pearson	0,224	0,252	−0,043	0,140
Degré de signification	0,037	0,018	0,690	0,197
Nombre de jours	87	87	87	87
<i>Pluviométrie</i>				
Corrélation de Pearson	−0,061	−0,107	0,062	−0,042
Degré de signification	0,572	0,326	0,566	0,698
Nombre de jours	87	87	87	87

s : significative.

- durant l'été, les genres *Alternaria*, *Cladosporium* et *Botrytis* ont été corrélés de manière négative et non significative avec la température ; cette corrélation est négative et significative pour le genre *Epicoccum*.

Pour l'humidité, la corrélation est positive et non significative avec les genres *Alternaria*, *Cladosporium* et *Botrytis*. Cette corrélation est négative et non significative avec le genre *Epicoccum*.

Avec la pluviométrie, la corrélation est négative et non significative avec les genres *Alternaria*, *Cladosporium* et *Botrytis*, alors que le genre *Epicoccum* a été corrélé de manière positive et non significative (Tableau 4).

3.4. Corrélations entre les genres de spores fongiques

Toutes les spores fongiques ont été corrélées de façon positive et significative entre elles, à des degrés variables. Il

existe une forte corrélation positive et significative entre les genres *Alternaria* et *Cladosporium*, alors que pour les autres genres de spores fongiques, il existe aussi une forte corrélation mais qui est moins marquée que celle qui existe entre les genres *Alternaria* et *Cladosporium*. Le Tableau 5 montre la corrélation des genres de spores fongiques entre elles durant toute l'année 2003 dans la ville de Sousse.

4. Discussion

4.1. Aspects techniques

4.1.1. Type de capteur

Différents types d'appareils ont été mis au point pour récolter les spores fongiques afin que l'on puisse les dénombrer et procéder à leur identification. Ces appareils utilisent deux techniques différentes : gravimétrique et volumétrique. Dans

Tableau 5

Corrélations des genres de spores fongiques entre elles durant l'année 2003 dans la ville de Sousse.

Spores fongiques				
Alternaria				
Corrélation de Pearson	1,000	0,871	0,340	0,516
Degré de signification	–	0,000 (s)	0,000 (s)	0,000 (s)
Nombre de jours	335	335	335	335
Cladosporium				
Corrélation de Pearson	0,871	1,000	0,370	0,522
Degré de signification	0,000 (s)	–	0,000 (s)	0,000 (s)
Nombre de jours	335	335	335	335
Epicoccum				
Corrélation de Pearson	0,340	0,370	1,000	0,299
Degré de signification	0,000 (s)	0,000 (s)	–	0,000 (s)
Nombre de jours	335	335	335	335
Botrytis				
Corrélation de Pearson	0,516	0,522	0,299	1,000
Degré de signification	0,000 (s)	0,000 (s)	0,000 (s)	–
Nombre de jours	335	335	335	335

s : significative.

notre étude, le capteur utilisé est un capteur volumétrique de type Hirst de la firme anglaise Burkard[®].

Plusieurs études ont comparé les capteurs de type Burkard[®] aux autres types de capteurs. Certaines études [8,9] ont démontré la supériorité de ce type de capteur pour recueillir les spores de différentes tailles par rapport au capteur de type N-6 Anderson. D'autres études ont montré que le recueil des spores est sensiblement le même pour ces deux types de capteurs [10–12] ; mais en général, le recueil des spores dépend en grande partie du choix du type de capteur et du type de moisissures présentes dans l'atmosphère [10]. Le capteur de type Burkard[®] reste actuellement le plus utilisé en Europe dans les réseaux de surveillance aérobiologique et notamment en France, vu son coût, la simplicité de son utilisation et son analyse simple, fiable et non coûteuse des spores recueillies [5].

4.1.2. Choix du site

Comme la composition de l'air varie d'une région à une autre, il est impossible d'avoir une idée précise sur le contenu de l'air en spores fongiques à partir d'un seul site ou d'un seul capteur ; donc, plusieurs capteurs répartis dans différentes régions sont nécessaires pour permettre d'évaluer les spores contenues dans l'air et leur éventuel retentissement sur la santé. Mais il faudrait tenir compte de plusieurs facteurs qui limitent ce choix : le coût du matériel, sa maintenance et le financement de l'étude. Certaines mesures doivent être prises afin d'avoir des données représentatives de la région à l'étude et une standardisation du matériel utilisé :

- le capteur doit être placé à une hauteur variant entre 15 et 20 m du sol (capteur Burkard[®]) afin de limiter les effets de la végétation environnante ;

- l'emplacement doit être dégagé, sans mur qui ferait un obstacle sur le trajet du flux de l'air et éviter les bords des toits, balcons et immeubles élevés aux alentours qui pourraient créer des turbulences de l'air ;
- le capteur doit être placé loin des sources polluantes et d'émission de fumées qui pourraient rendre la lecture des bandes difficiles ;
- il doit être placé en zone urbaine afin de permettre l'étude d'un éventuel retentissement sur la santé.

Lorsque toutes ces précautions sont prises, les données obtenues sont jugées représentatives d'une zone de 20 à 30 km autour du capteur [5,6].

Dans notre étude, le capteur a été placé sur le toit de la maternité de l'hôpital Farhat Hached (au troisième étage) à une hauteur de 20 m environ. L'espace aux alentours est dégagé sur une surface de 400 m² de la présence d'immeubles, d'arbres et loin de toute source de fumées polluantes.

4.1.3. Méthode d'analyse des spores

Dans notre étude, l'analyse des spores a été réalisée par observation directe au microscope optique avec un grossissement multiplié par 400. Cette méthode permet une détection immédiate des spores et peu coûteuse par rapport aux autres. Elle présente quelques inconvénients :

- l'observation et le compte se font manuellement par un technicien au laboratoire qui doit être expérimenté ;
- la différenciation de certaines espèces nécessite la reconnaissance des protéines de surface des spores et/ou leur toxine et par conséquent, une observation au microscope électronique ;
- une culture est nécessaire pour permettre une meilleure différenciation des spores mais elle est lente et dépend du milieu de culture et de l'effet inhibiteur des colonies de moisissures entre elles.

Actuellement, la détection et la reconnaissance des spores se font par PCR qui est une méthode rapide, très sensible et très spécifique mais qui est coûteuse [7,13,14].

4.2. Commentaires des résultats

Notre étude est la première de ce type réalisée en Tunisie qui s'est intéressée au recensement des spores fongiques dans l'atmosphère.

4.2.1. Spores recensés

4.2.1.1. Genre. Sur les quatre genres de spores fongiques recensées durant l'année 2003 dans la ville de Sousse, deux genres représentent les spores fongiques prédominants dans l'atmosphère : *Alternaria* (10,1 %) et *Cladosporium* (89,5 %). La plupart des études effectuées ont montré que les spores d'*Alternaria* et de *Cladosporium* étaient cosmopolites et qu'elles sont retrouvées à chaque recueil de spores [1,13–17].

Le Tableau 6 représente le pourcentage des spores fongiques recensées dans l'atmosphère rapporté dans la littérature.

Tableau 6

Pourcentage des spores fongiques recensées dans l'atmosphère rapporté dans la littérature.

Auteurs	Les genres de spores fongiques				
	<i>Alternaria</i> (%)	<i>Cladosporium</i> (%)	<i>Epicoccum</i> (%)	<i>Botrytis</i> (%)	Autres genres de spores fongiques (%)
Oliveira M, et al. [1]	1,3	74,5	0,59	1,3	22,13
Kasprzyk I, et al. [4] (2000–2002 Rzeszów-Pologne)					
2000	1,8	93,1	1,4		3,7
2001	2,1	89,4	2,1		6,4
2002	1,9	90,6	1,2		6,3
Pepeljnjak S, et al. [2] (1998, Zagreb-Croatie)	2–4,7	65,3–74	–	–	7,4–15
Aisha A et Al Subai [3] (1997–1998, Doha-Qatar) (%)	21	40,1	0,36	–	38,5
Sabariego S, et al. [21] (1994, Granada-Espagne)	3,12	93,8	–	–	3,08
Notre étude (2003, Sousse-Tunisie)	10,1	89,5	0,22	0,17	0

4.2.1.2. Saison. Chaque genre de spore fongique présente des fluctuations influencées par les conditions météorologiques propres à chaque saison. Le [Tableau 7](#) montre la répartition des spores fongiques prédominantes dans l'atmosphère selon les saisons telle que rapportée dans la littérature.

La liaison entre les spores fongiques et les conditions météorologiques.

4.2.1.3. Selon la température. Durant toute l'année 2003, dans la ville de Sousse, la présence des spores d'*Alternaria*, *Cladosporium* et *Epicoccum* a été fortement corrélée de manière positive à la température. Cela n'était pas le cas pour le genre *Botrytis*. Cette corrélation a été retrouvée pour une température située entre 15 et 25 °C. Ces corrélations positives des genres *Alternaria*, *Cladosporium* avec la température ont été retrouvées dans plusieurs études [1,2,18–21].

Durant l'année 1994, en Espagne [21], les spores d'*Alternaria* et de *Cladosporium* sont corrélées de manière positive et significative avec la température. En effet, le taux de spores d'*Alternaria* dépassait les 20 spores par mètre cube par jour

lorsque la température est située entre 22 et 29 °C, alors que les spores de *Cladosporium* dépassent les 200 spores par mètre cube par jour lorsque la température est située entre 15 et 25 °C. Ces deux intervalles de température sont retrouvés au printemps ce qui explique donc l'élévation du taux de ces deux genres de spores et leur corrélation avec la température qui est retrouvée dans notre étude. La corrélation de ces deux genres de spores est encore plus influencée par d'autres effets climatiques tels que les rayons du soleil, la pression de l'air, la vitesse du vent et les orages [18–21].

L'étude effectuée par Pepeljnjak S, et al. en Croatie durant l'année 1998 [2] a trouvé que la dispersion des spores fongiques a été maximale pour une température située entre 15 et 25 °C et que la majorité des spores recensées a été corrélée de manière positive et significative avec la température ce qui est en concordance avec nos résultats.

Oliveira M, et al. au Portugal [1] ont montré que les hautes températures observées au mois d'août et les basses températures du mois de janvier correspondent à une diminution de la concentration des spores fongiques dans l'atmosphère.

Tableau 7

Répartition des spores fongiques prédominantes dans l'atmosphère rapportée dans la littérature selon les saisons.

Auteurs	Hiver	Printemps	Été	Automne
Oliveira M, et al. [1] (2003, Porto)	<i>Cladosporium</i> <i>Ustilago</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Fusarium</i> <i>Oidium</i>	<i>Alternaria</i> <i>Epicoccum</i> <i>Aspergillus</i>	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i> <i>Botrytis</i> <i>Ganoderma</i>
Aisha A et Al Subai [3] (1997–1998, Doha-Qatar)	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i> <i>Aspergillus</i>	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i>	<i>Alternaria</i> <i>Botrytis</i> <i>Penicillium</i>	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i>
Sabariego S, et al. [21] (1994, Granada-Espagne)	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i> <i>Ustilago</i>	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i>	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i>	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i> <i>Ustilago</i>
Ho HM, et al. [27] (1993–1996, Hualien-Taiwan)	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i> <i>Fusarium</i> <i>Curvularia</i>	<i>Fusarium</i> <i>Cercospora</i> <i>Curvularia</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Ganoderma</i> <i>Arthrrium</i> <i>Papularia</i>	<i>Curvularia</i>
Notre étude (2003, Sousse-Tunisie)	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i>	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i> <i>Epicoccum</i> <i>Botrytis</i>	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i> <i>Epicoccum</i> <i>Botrytis</i>	<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i> <i>Epicoccum</i> <i>Botrytis</i>

Dans la même étude [1], ainsi que dans d'autres [3,22], les auteurs n'ont pas trouvé de corrélation entre les spores avec la température. Selon ces auteurs, cela serait dû à leurs faibles prévalences dans l'atmosphère et leurs caractères sporadiques d'une part et d'autre part, l'utilisation d'un capteur volumétrique de type Hirst qui est fortement influencé par la vitesse du vent, rend la capture de ces genres de spores dont la taille est très petite très difficile et influerait donc sur les calculs statistiques.

4.2.1.4. Selon l'humidité. Dans notre étude, les spores d'*Epicoccum* avaient une corrélation négative avec l'humidité, alors que les autres genres de spores n'ont présenté aucune corrélation avec l'humidité.

Une humidité relative entre 60 et 70 % constitue un facteur de libération des spores fongiques dans l'atmosphère d'après plusieurs études [2,21,23,24].

Pour *Alternaria* et *Cladosporium*, la corrélation avec l'humidité est variable selon les auteurs. Pour certains [25–27], les spores d'*Alternaria* et de *Cladosporium* ont été corrélées de manière positive et significative avec l'humidité. Ces corrélations positives sont expliquées par l'influence d'un autre paramètre météorologique qui est la pluviométrie qui augmente ou diminue le pourcentage de l'humidité.

D'autres études n'ont pas trouvé de corrélations entre l'humidité et les spores d'*Epicoccum* et *Botrytis* dont la présence dans l'atmosphère nécessite la réunion de conditions optimales. Cette absence de corrélations de ces spores avec l'humidité est expliquée par plusieurs paramètres tels que le type de capteur utilisé, la présence de végétations près du site d'étude et certains paramètres météorologiques comme la vitesse du vent, la pression barométrique et l'intensité du rayonnement solaire [1,21,25].

4.2.1.5. Selon la pluviométrie. Aucun genre de spores fongiques de notre étude n'a été corrélé de manière significative avec la pluviométrie.

Plusieurs études ont montré une corrélation négative entre les spores d'*Alternaria*, *Cladosporium* et la pluviométrie [1,25,28].

Peternel R, et al. [28] ont comparé les variations des spores d'*Alternaria* et de *Cladosporium* durant le mois d'août entre l'année 2002 et 2003 en Croatie. Ils ont trouvé une diminution significative de la concentration de ces deux genres de spores lors des précipitations.

Katial RK, et al. [25] dans leur étude allant sur une période de huit années de 1987 jusqu'à 1994 aux États-Unis ont montré que les spores de *Cladosporium* ont été corrélées de manière négative avec la pluviométrie, alors que les spores d'*Alternaria* et *Epicoccum* n'ont pas été corrélées avec ce type de variable. Cela a été retrouvé dans d'autres études [16,29,30].

Tous ces auteurs s'accordent sur le fait que les précipitations associées à une humidité moyenne entraînent des conditions favorables à la croissance des spores fongiques et à leur dispersion dans l'atmosphère. L'absence de corrélation entre les spores de notre étude et la pluviométrie peut être expliquée par une pluviométrie et une humidité journalière variables qui

n'ont pas entraîné des conditions idéales au développement des spores et cela par rapport à d'autres pays dont la situation géographique permet une bonne association de ces paramètres pour le développement des spores fongiques.

4.2.1.6. Les autres facteurs météorologiques. Les différences saisonnières des concentrations des genres de spores fongiques recensées et les différences selon les conditions météorologiques enregistrées pourraient être expliquées par d'autres phénomènes météorologiques propres à chaque saison tel que la vitesse du vent, la pression atmosphérique, l'intensité des précipitations, l'influence des rayons du soleil et les variations diurnes et horaires propres à chaque genre de spores [4,16,21,25,26,28–30].

5. Conclusion

Notre étude a montré une prédominance de genre *Alternaria* et *Cladosporium* dans la composition de l'air en spores fongiques dans la ville de Sousse en 2003 dont la concentration était corrélée positivement avec une température entre 15 et 25°.

Des études complémentaires impliquant plusieurs sites avec mise en place de plusieurs capteurs permettront de réaliser des comptes annuels de moisissures et d'étudier leur impact sur la survenue et l'aggravation de maladies respiratoires allergiques.

Conflit d'intérêt

Aucun.

Références

- [1] Oliveira M, Ribeiro H, Abreu I. Annual variation of fungal spores in atmosphere of Porto: 2003. *Ann Agric Environ Med* 2005;12(2):309–15.
- [2] Pepeljnjak S, Šegvić M. Occurrence of fungi in air and on plants in vegetation of different climatic regions in Croatia. *Aerobiologia* 2003; 19:11–9.
- [3] Aisha A, Al-Subai T. Air-borne fungi at Doha, Qatar. *Aerobiologia* 2002;18:175–83.
- [4] Kasprzyk I, Rzepowska B, Wasylów M. Fungal spores in the atmosphere of Rzeszów (South-east Poland). *Ann Agric Environ Med* 2004;11(2): 285–9.
- [5] Laaidi K, Laaidi M, Besancenot JP. Pollens, pollinoses et météorologie. *La météorologie* 8e série 1997;20:41–56.
- [6] Kämpylä M, Penttinen A. An evaluation of the microscopical counting methods of the tape in Hirst-Burkard pollen and spore trap. *Grana* 1981;20:131–41.
- [7] Tovey ER, Green BJ. Measuring environmental fungal exposure. *Med Mycol* 2005;43(Suppl. 1):S67–70.
- [8] Li CS, Lin CY. Sampling performance of impactors for fungal spores and yeast cells. *Aerosol Sci Technol* 1999;31:226–30.
- [9] Lin WH, Li CS. Evaluation of impingement and filtration methods for yeast bioaerosol sampling. *Aerosol Sci Technol* 1999;30:119–26.
- [10] Burge HA, Solomon WR. Sampling and analysis of biological aerosols. *Atmos Environ* 1987;21:451–6.
- [11] Buttner MP, Stetzenbach LD. Monitoring airborne fungal spores in an experimental indoor environment to evaluate sampling methods and the effects of human activity on air sampling. *Appl Environ Microbiol* 1993;59(1):219–26.
- [12] Mehta SK, Mishra SK, Pierson DL. Evaluation of three portable samplers for monitoring airborne fungi. *Appl Environ Microbiol* 1996;62(5): 1835–8.

- [13] Stetzenbach ID, Buttner MP, Cruz P. Detection and enumeration of airborne biocontaminants. *Curr Opin Biotechnol* 2004;15(3):170–4.
- [14] Duquenne P, Greff-Mirguet G. www.inrs.fr/htm/l_echantillonnage_analyse_aerosols_microbiens.html.
- [15] Fernández-González D, Suárez-Cervera M, Díaz-González T, Valencia-Barreda RM. Airborne pollen and spores of León (Spain). *Int J Biometeorol* 1993;37:89–95.
- [16] Herrero B, Fombella-Blanco MA, Fernandez-Gonzalez D, Valencia-Barreda RM. The role of meteorological factors in determining the annual variation of *Alternaria* and *Cladosporium* spores in the atmosphere of Palencia. *Int J Biometeorol* 1996;39:1339–42.
- [17] Konopińska A. Monitoring of *Alternaria* Ness and *Cladosporium* Link airborne spores in Lublin (Poland) in 2002. *Ann Agric Environ Med* 2004;11(2):347–9.
- [18] Munuera Giner M, Carrión García JS. Daily variations of *Alternaria* spores in the city of Murcia (semi-arid South-eastern Spain). Relationship with weather variables. *Int J Biometeorol* 1995;38:176–9.
- [19] Sakiyan N, Inceoglu Ö. Atmospheric concentrations of *Cladosporium* Link and *Alternaria* Ness spores in Ankara and the effects of meteorological factors. *Turk J Bot* 2003;27:77–81.
- [20] Burch M, Levetin E. Effects of meteorological conditions on spore plumes. *Int J Biometeorol* 2002;46(3):107–17.
- [21] Sabariego S, de la Guardia CD, Alba F. The effect of meteorological factors on the daily variation of airborne fungal spores in Granada (Southern Spain). *Int J Biometeorol* 2000;44(1):1–5.
- [22] Li DW, Kendrick B. A year-round study of functional relationships of airborne fungi with meteorological factors. *Int J Biometeorol* 1995;39(2):74–80.
- [23] Ebner MR, Haselwandter K. Seasonal fluctuations of airborne fungal allergens. *Mycol Res* 1989;92:170–6.
- [24] Hawke PR, Meadows ME. Winter airspora spectra and meteorological conditions in Cape Town, South Africa. *Grana* 1989;28:187–92.
- [25] Katial RK, Zhang Y, Jones HR. Atmospheric mold spore counts in relation to meteorological parameters. *Int J Biometeorol* 1997;41(1):17–22.
- [26] Ho HM, Rao CY, Hsu HH, Chiu YH, Liu CM, Chao HJ. Characteristics and determinants of ambient fungal spores in Hualien, Taiwan. *Atmos Environ* 2005;39:5839–50.
- [27] Mitakakis T, Ong EK, Stevens A, Guest D, Knox RB. Incidence of *Cladosporium*, *Alternaria* and total spores in the atmosphere of Melbourne (Australia) over three years. *Aerobiologia* 1997;13:83–90.
- [28] Peternel R, Čulig J, Hrga I. Atmospheric concentration of *Cladosporium* spp and *Alternaria* spp. Spores in Zagreb (Croatia) and effects of some meteorological factors. *Ann Agric Environ Med* 2004;11(2):303–7.
- [29] Angulo-Romero J, Mediavilla-Molina A, Dominguez-Vilches E. Conidia of *Alternaria* in the atmosphere of the city of Cordoba, Spain in relation to meteorological parameters. *Int J Biometeorol* 1999;43(1):45–9.
- [30] Giner MM, Garcia JSC. Daily variations of *Alternaria* spores in the city of Murcia (semi-arid South-eastern Spain). *Int J Biometeorol* 1995;38:176–9.