

0663

JUIN 1984

DESS
1984
3
A

Françoise BÔNE

I N F L U E N C E D U G A Z C A R B O N I Q U E S U R
L A M O R P H O G E N E S E D E S C H A M P I G N O N S

NOTE DE SYNTHÈSE

BIBLIOTHEQUE DE L'ENSSIB



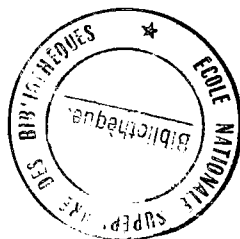
8411825

DESS Informatique Documentaire

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON 1

S O M M A I R E

I - INTRODUCTION	P.2
II - RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	P.4
1 - Interrogation des bases de données	
A - PASCAL	
B - BIOSIS	
C - INPI1 et INPI2	
2 - Recherche manuelle	
3 - Conclusion	
III - SYNTHESE	P.9
1 - Effet du gaz carbonique sur la croissance	
2 - Effet du gaz carbonique sur la fructification et la sporulation	
3 - Effet du gaz carbonique sur la germination des spores	
4 - Conclusion	
IV - BIBLIOGRAPHIE	P.22



DESS

1984

3

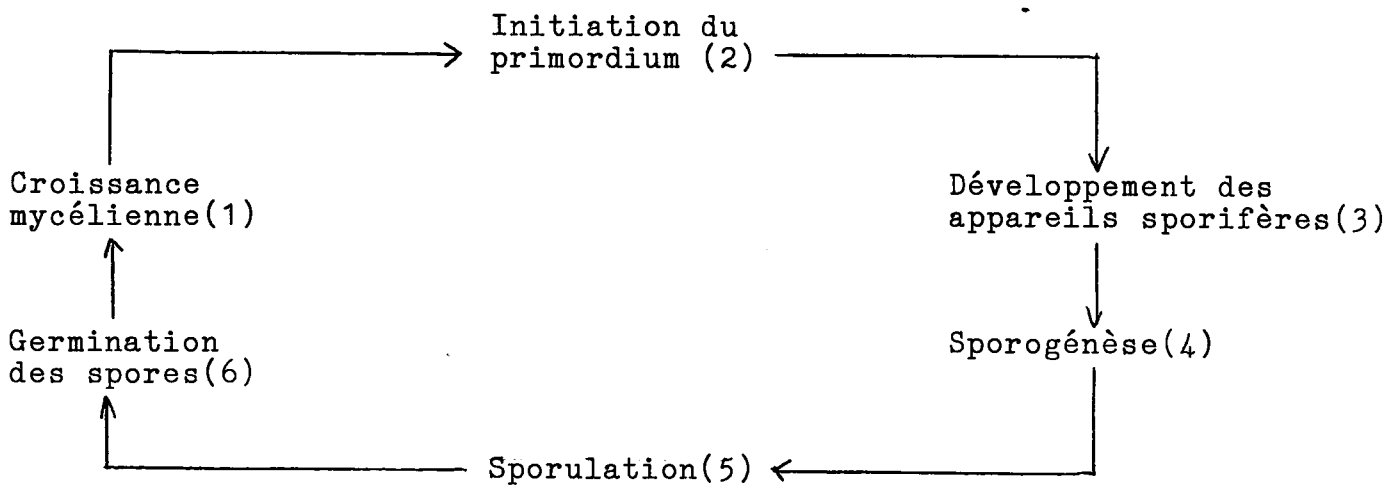
A

I - INTRODUCTION

Le terme de morphogénèse englobe toutes les phases du cycle d'un organisme. En ce qui concerne les champignons on peut diviser le cycle en trois phases importantes :

- croissance mycélienne (1)
- fructification et sporulation (2), (3), (4), (5)
- germination des spores (6).

Le développement d'un champignon peut être représenté schématiquement de la manière suivante :



Nous étudierons donc l'influence du CO_2 sur les différentes phases du cycle du champignon.

Dans cette étude, nous avons voulu nous restreindre aux champignons supérieurs : Ascomycètes et Basidiomycètes. Mais il nous arrivera de citer des travaux intéressants portant sur d'autres champignons.

Les références ont été obtenues :

- par interrogation des bases de données PASCAL, BIOSIS, INPI1 et INPI2,
- par recherche manuelle.

Les documents primaires ont été récupérés à la bibliothèque universitaire et par commande du laboratoire aux auteurs.

II - RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

1 - Interrogation des bases de données

A - PASCAL

PASCAL est une base de données pluridisciplinaire proposée par le CNRS. Elle est installée sur le serveur Télésystèmes-Questel. Elle possède deux sous-fichiers :

-PASC73 qui contient les documents de 1973 à 1976

-PASCAL qui possède les documents à partir de 1977:

Pour notre recherche, nous avons interrogé ces 2 sous-ensembles.

La stratégie de recherche a été la suivante :

STRATEGIE DE RECHERCHE

ETAPE DE RECHERCHE : 1
CHAMPIGNON? OU FUNGI OU BASIDIOMYCETE?

ETAPE DE RECHERCHE : 2
1 ET CARBONE DIOXYDE

ETAPE DE RECHERCHE : 3
1 ET GAZ ET CARBONIQUE

ETAPE DE RECHERCHE : 4
2 OU 3

Résultats:	PASC73	PASCAL
	16	53

Sur ces 69 références, 4 seulement ont servi à la synthèse.

On aurait aimé interrogé en uniterme (terme du résumé ou du titre) avec CO₂ mais il n'a pas été possible de faire une interrogation avec CO₂, ni avec CO::(2). On a donc choisi d'interroger avec CO de la manière suivante :

STRATEGIE DE RECHERCHE

-5-

ETAPE DE RECHERCHE : 1
CHAMPIGNON? OU FUNGI OU BASIDIOMYCETE?

ETAPE DE RECHERCHE : 2
1 ET CARBONE DIOXYDE

ETAPE DE RECHERCHE : 3
1 ET GAZ ET CARBONIQUE

ETAPE DE RECHERCHE : 4
2 OU 3

ETAPE DE RECHERCHE : 11
1 ET CO /FT

ETAPE DE RECHERCHE : 14
11 SAUF 4

Résultats :	PASC73	PASCAL
.	82	79

Sur ces 161 références, 5 seulement ont été retenues.

Cette interrogation nous a apporté beaucoup de bruit : CO pouvant être le cobalt ou le monoxyde de carbone. Elle nous a cependant permis de récupérer des documents où il était écrit CO::(2) dans leur titre et leur résumé mais dont l'indexation avait été : Fungi, basidiomycètes, croissance. C'est le cas de l'article de ZADRAZIL (1975).

Cette indexation discutable explique le silence obtenu lors d'une interrogation avec le mot-clé "carbone dioxyde".

Au total, on a obtenu 230 références dont 9 seulement ont servi à la note de synthèse.

Le calcul de pertinence est faussé par le fait que c'est au cours de l'étude que l'on a limité le rôle du CO₂ aux champignons supérieurs, par le fait que l'on a interrogé par CO et par le fait enfin que l'on n'a pas voulu limiter l'interrogation en mettant les différentes phases du développement du champignon.

B - BIOSIS

Nous avons interrogé BIOSIS sur le serveur ASE (Agence Spatiale Européenne). Biosis peut être interrogée par des descripteurs, des "concept codes" (CC) et des "biosystematic codes" (BC).

La stratégie de recherche suivie a été :

1140490	CC=51510	(Morphogenesis)
2 77773	CC=51512	(Reproduction)
3 37292	CC=51514	(Growth substance)
4185368	1+2+3	
5 33155	BC=15100	(Ascomycètes)
6 16520	BC=15300	(Basidiomycètes)
7 48235	5+6	
8 6456	SPORE	
9 5854	SPORES	
10 2745	SPORULAT?	
11 1054	SPOROGEN?	
12 6719	INITIAT?	
13 23820	PRIMAR?	
14 1094	PRIMORD?	
15 46637	8+9+10+11+12+13+14	
16 15324	CARBON(W)DI(W)OXIDE	
17218381	4+15	
18 84	7*16*17	
19 9757	CHLOROPHYLL	
20 24507	LABELED	
21 34236	19+20	
22 78	18-21	

On obtient 78 références dont 12 ont été utilisées.

C - INPI1 et INPI2

Lors d'une visite à l'INPI (Institut National de la Propriété Industrielle), nous avons eu l'occasion d'interroger les bases de données INPI1 (brevets français depuis 1969) et INPI2 (brevets européens depuis 1978). L'interrogation se fait sur des thèmes ; la culture de champignons a pour code : A01G 1/04.

Nous avons obtenu 49 références de brevets sur les 2 bases . Un brevet mentionnait une action du CO₂ sur la morphogénèse des champignons.

2 - Recherche manuelle

Elle a consisté à prendre la bibliographie des articles obtenus par interrogation des bases de données. C'est cette méthode qui nous a apporté le plus de documents, notamment des articles de fond.

3 - Conclusion

Le sujet traité nécessite des articles de fond peut-être trop peu récents pour être présents dans les bases de données. Cela expliquerait les résultats faibles obtenus par interrogation de PASCAL et BIOSIS.

III - SYNTHESE

1 - Effet du gaz carbonique sur la croissance des champignons

La croissance d'organismes tels que Botrytis, Fusarium et Alternaria est retardée par la présence de CO_2 . Le retard dû au CO_2 est plus marqué à basses températures ainsi qu'après culture sur milieu pauvre en éléments nutritifs. (BROWN, 1922).

Une accumulation de 5% ou plus de CO_2 dans l'atmosphère induit une croissance anormale de Agaricus campestris et peut provoquer la mort du champignon. D'autres expériences montrent que cet effet est dû à la présence du CO_2 et non à la dilution de l'oxygène. 1% de CO_2 est la concentration la plus faible vraiment nocive. Cette concentration n'est pas rencontrée dans les cultures de champignons commerciales sauf si celles-ci sont restées fermées pendant 24 heures ou plus. Les cultures de champignons doivent donc être ventilées pour éviter une accumulation de CO_2 . (LAMBERT, 1933).

La croissance de Sclerotinia minor diminue très rapidement dès que la concentration en CO_2 augmente. Le poids sec produit par des colonies soumises à une atmosphère contenant 5% de CO_2 est égal à la moitié de celui produit par des colonies développées dans l'air normal. Aux plus fortes concentrations, le champignon n'est pas détruit mais il croît très lentement : le CO_2 exerce une action fongistatique nette sur S. minor. (cf fig.1).

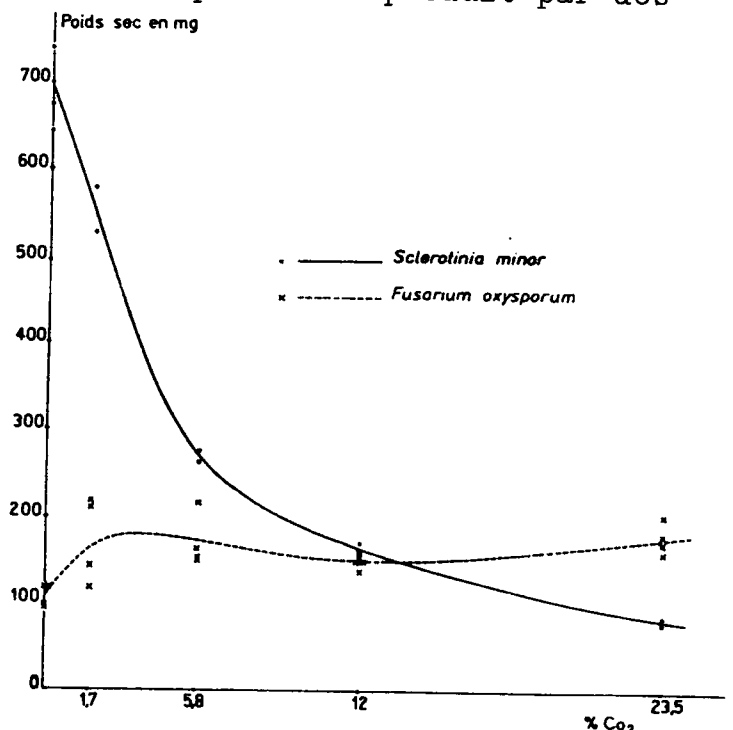


Fig.1. Poids sec formé par S. minor et F. oxysporum après 13 jours de culture sous des atmosphères à teneurs différentes en CO_2 .

Les poids secs obtenus avec Fusarium oxysporum f. melonis sont constamment plus élevés en atmosphère chargée de CO₂ qu'en atmosphère normale et le comportement du champignon ne varie pas sensiblement entre 1,7 et 23,5% de CO₂ (cf fig.1).

(LOUVET et BULIT, 1964).

L'influence des teneurs variables de CO₂ dans l'atmosphère sur la croissance a été étudiée sur : Fusarium oxysporum f. specialis, Fusarium oxysporum f. melonis, Rhizoctonia bataticola, Verticillium dahliae, Phytophthora infestans.

Pour les deux Fusarium et jusqu'à 20% de CO₂, la croissance mycélienne est à peine réduite par rapport à un témoin. (cf fig.2). V.dahliae et R.bataticola sont moins tolérants et dès 15% de CO₂ leur croissance est fortement réduite.

(cf fig.2).

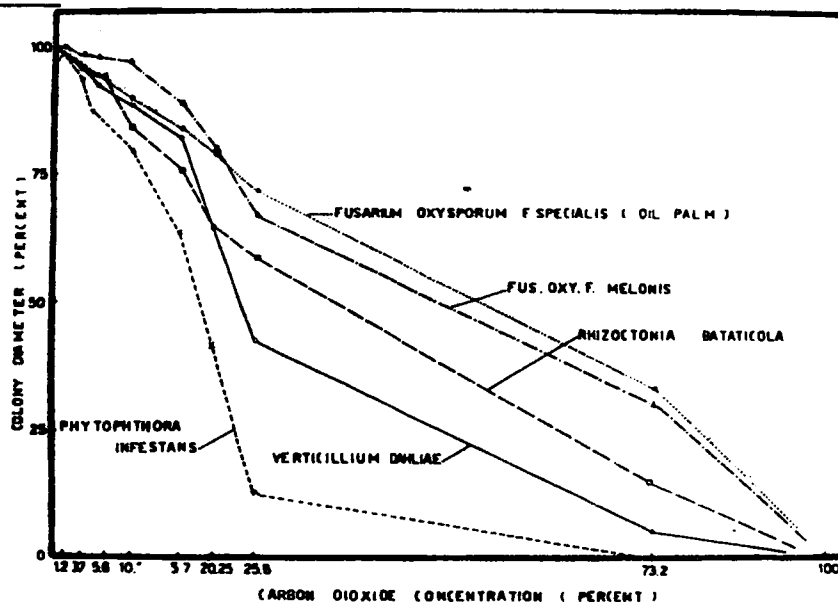


Fig.2. Effet du CO₂ sur la croissance mycélienne de différents champignons.

P.infestans est très sensible aux concentrations croissantes de CO₂ : son développement mycélien est fortement réduit au delà de 10% de CO₂ (cf fig.2). (SELVARAJ et MEYER, 1968).

La croissance de Alternaria tenuis, Botrytis cinerea, Rhizopus stolonifer et Cladosporium herbarum dans des atmosphères avec 10, 20, 30 et 45% de CO₂ (et 21% de O₂) décroît linéairement avec l'augmentation de CO₂ et est inhibée de 50% dans une atmosphère avec 20% de CO₂.

La croissance de Fusarium roseum est stimulée à 10% de CO₂ et est inhibée de 50% à 45% de CO₂.

Dans une atmosphère avec 3% de O₂ c'est à dire limitant la croissance, des taux faibles de CO₂ stimulent la croissance de tous ces champignons sauf celle de R.stolonifer. (WELLS et UOTA, 1969).

Des expériences de croissance linéaire sur un milieu gélosé suggèrent que l'activité de Cochiobolus spicifer, Cochiobolus sativus, Chaetomium sp. et Curvularia sp. dans le sol est réduite par l'augmentation de CO₂.

L'activité de Trichoderma sp. et Gibberella zeae dans le sol augmente quand la concentration de CO₂ augmente. Ceci est expliqué par une compétition réduite plus que par une stimulation directe.

(MACAULEY et GRIFFIN, 1969(1)).

En culture liquide agitée, l'effet du CO₂ sur la production de poids sec de quelques champignons du sol est dépendant du pH : Chaetomium sp., Cochiobolus spicifer, Cochiobolus sativus, Trichoderma sp., Gibberella zeae, Curvularia sp., Fusarium oxysporum, Fusarium acuminatum. Ce poids sec est plus affecté à des valeurs de haut pH. Cela conduit à l'hypothèse que l'ion bicarbonate (H₂CO₃), au même titre que le CO₂, affecte directement la croissance de ces champignons du sol (cf fig.3). (MACAULEY et GRIFFIN, 1969(2)).

L'air contenant 0,5% de CO₂ stimule la croissance de Sordaria macrospora, S. fumicola, Podospora curvicolla, Pleurage taenioides. Pleurage anserina est exceptionnel dans le sens où il ne donne aucune indication sur sa stimulation par des concentrations croissantes de CO₂. (HODGKISS et HARVEY, 1972).

L'augmentation de la concentration en CO₂ de l'atmosphère a un effet positif sur la croissance mycélienne de Pleurotus ostreatus, P. florida et P. eryngii.

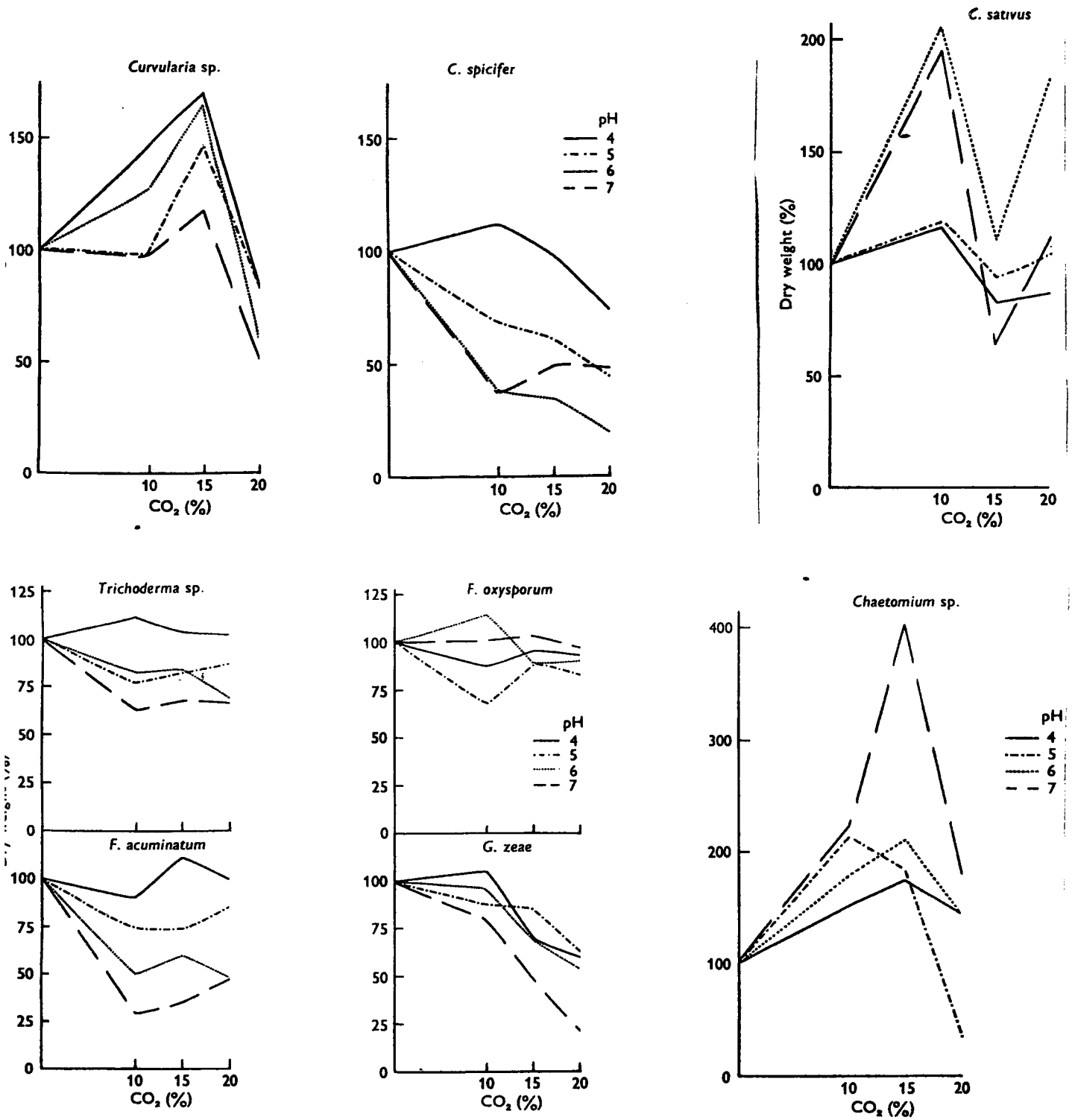


Fig.3. Production de poids sec de quelques champignons du sol à 4 valeurs de pH et à des concentrations variables de CO₂.

L'optimum pour la croissance des 3 espèces est entre 16 et 22% de CO₂ dans l'atmosphère. Une concentration de 36% de CO₂ inhibe la croissance des 3 espèces. (cf fig.4).

En conditions semiaérobiques, avec des fortes concentrations de CO₂ dans le substrat, les microorganismes compétitifs de ces champignons sont éliminés et le mycélium des Pleurotes peut croître dans un substrat non stérile. (ZADRAZIL, 1975).

La culture de Fusarium solani en tubes scellés provoque des défauts dans la croissance de ce champignon : ces aberrations peuvent être expliquées par le taux élevé de CO₂ et le faible taux de O₂ dans ces tubes. (KAISER, 1978).

Conclusion

L'influence du CO₂ sur la croissance des champignons est très variable d'une espèce à l'autre.

En général, la concentration de CO₂ optimale pour la croissance des champignons est faible. Expérimentalement, 0% de CO₂ peut inhiber la croissance comme des concentrations de l'ordre de 95%.

(TABAK et COOKE, 1968).

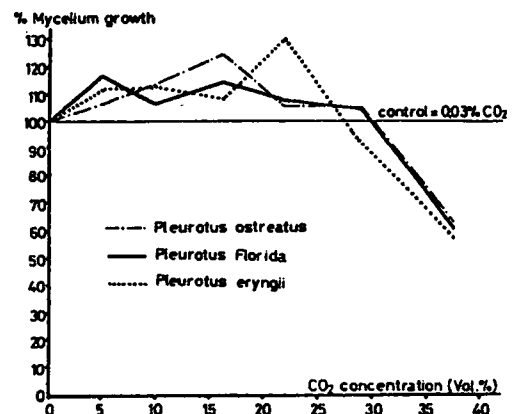


Fig.4. Effet du CO₂ sur la croissance mycélienne de trois Pleurotes.

2 - Effet du gaz carbonique sur la fructification et la sporulation

On constate une sporulation plus intense pour Fusarium oxysporum f. specialis et F. oxysporum f. melonis jusqu'à 20% de CO₂. (cf fig.5)

Pour Verticillium dahliae et Rhizoctonia bataticola, la sporulation diminue lentement quand la teneur en CO₂ augmente (cf fig.5). (SELVARAJ et MEYER, 1968).

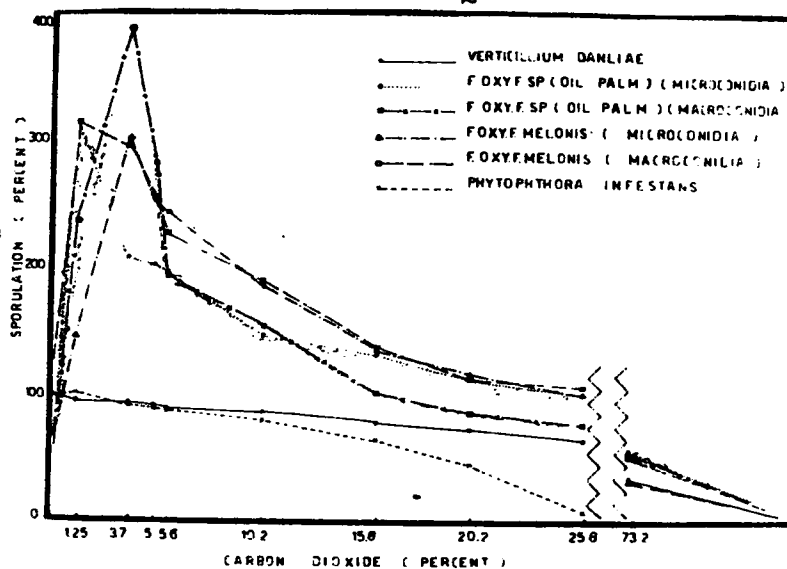


Fig.5. Effet du CO₂ sur différents champignons.

Quand on cultive des mycéliums compatibles de Schizophyllum commune en boîte de Pétri scellées, la croissance du mycélium dicaryotique continue après anastomose mais aucune fructification n'est observée. Le CO₂ en concentration croissante dans la boîte de Pétri est identifié comme le facteur inhibiteur. (VOLZ et NIEDERPRUEM, 1970).

Une atmosphère avec 0,5% de CO₂ stimule la sporulation de Sordaria macrospora, S. fumicola, Podospora curvicolla et Pleurage taenioides. Comme pour la croissance, Pleurage anserina ne donne aucune indication sur une éventuelle stimulation par le CO₂. L'influence du CO₂ sur la sporulation a été clairement définie. Mis à part Pleurage anserina, toutes ces espèces montrent une augmentation de la sporulation en atmosphère enrichie en CO₂ et une diminution de la sporulation en atmosphère ne contenant pas de CO₂. (HODGKISS et HARVEY, 1972).

La conidiation de Neurospora sitophila est obtenue seulement quand les cultures sont fortement aérées car l'accumulation de CO_2 produit par le métabolisme du champignon est responsable de l'inhibition de la conidiation. (RAMIREZ, 1974).

Les défauts dans l'initiation du sporophore de Collybia velutipes en culture dans des cylindres clos hermétiquement ne sont pas dûs à l'absence de lumière mais à la réduction de l'échange d'air. Une aération minimale a permis l'initiation du primordium et l'élongation du stipe. Le CO_2 est un facteur limitant de l'initiation du primordium. (KINUGAWA, 1977).

Des espèces de Helicodendron ont été soumises à différents mélanges gazeux. On a trouvé que l'obscurité et le CO_2 inhibent la sporulation de ces champignons et qu'une atmosphère d' O_2 est plus inhibitrice que l'air. (FISHER et WEBSTER, 1978).

La production de spores par Fusarium solani en tubes scellés est réduite. Cela s'explique par un taux élevé de CO_2 dans ces tubes : le CO_2 serait un inhibiteur de la sporulation de F.solani. (cf fig.6). (KAISER, 1978).

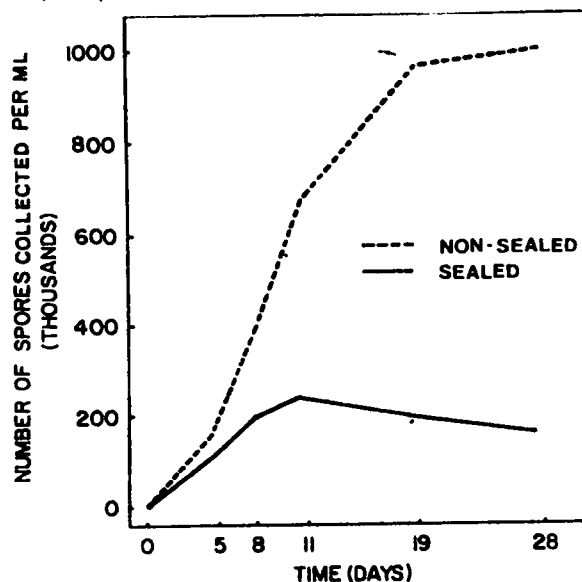


Fig.6. Production de spores par F.solani en tubes scellés et non scellés.

La rouille du lin (Melampsora lini) a été cultivée sous un flux constant de gaz de composition connue, dans le but d'éviter l'accumulation de toute substance volatile produite par le champignon. De l'air sans CO_2 inhibe complètement l'initiation de colonies. De l'air contenant 1% de CO_2 permet l'initiation de colonies au même

taux que chez les témoins non aérés, tandis que l'air normal (environ 0,03% de CO₂) retarde plus ou moins l'initiation des colonies. (BOASSON et SHAW, 1981).

Une inhibition complète de la production de sclérotes de Aspergillus ochraceus est observée à 15% de CO₂ en combinaison avec 20 ou 40% de O₂.

Aucun sclérote n'est produit à 20% ou plus de CO₂ quelle que soit la proportion de O₂.

A 0% de CO₂, l'augmentation de O₂ de 5 à 60% ne cause pas une réduction significative du nombre de sclérotés alors qu'à 5% de CO₂ le niveau de 60% de O₂ cause une réduction significative. A un niveau constant de 10% de CO₂, le nombre de sclérotés est significativement réduit quand le niveau de O₂ est 40% alors qu'à 15% de CO₂, aucun sclérote n'est formé avec 20% de O₂.

Ces résultats (cf fig.7) montrent que la formation de sclérotés par A. ochraceus peut être contrôlée en utilisant des atmosphères contrôlées. (PASTER et CHET, 1982).

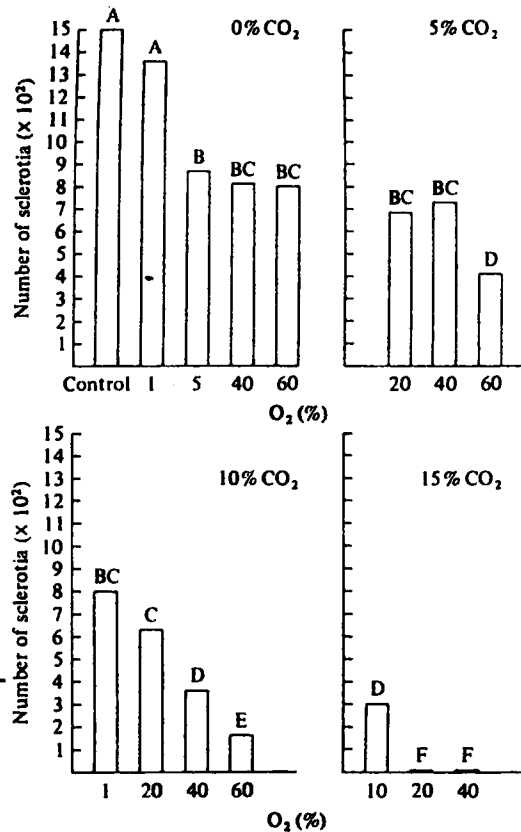


Fig.7. Effet de différentes concentrations de O₂ et CO₂ sur la production de sclérotés de A.ochr.

Conclusion

Le CO₂ affecte la fructification et la sporulation des champignons. Son action est soit inhibitrice, soit stimulante suivant l'espèce concernée.

3 - Effet du gaz carbonique sur la germination des spores

La variation de la pression d'O₂ a peu d'effet sur la germination de Botrytis, Fusarium, Alternaria. Par contre, la germination de ces champignons est retardée par le CO₂. Cette action du CO₂ est plus marquée à basses températures ainsi que sur milieu déficient en éléments nutritifs. (BROWN, 1922).

Le CO₂ en concentrations de 1 à 5% stimule la germination des spores de Basisporium gallarum alors que des cultures témoins ne germent pas. (DURRELL, 1924).

L'effet stimulant du CO₂ sur la germination des conidiospores de Aspergillus niger est maximum à une concentration de 0,5% de CO₂ : 70 à 90% des spores germent dans les 6 heures, alors que les cultures témoins avec de l'air (soit 0,03% de CO₂) donnent 15 à 20% de germination au bout de 6 heures. A des concentrations plus importantes, cet effet stimulant du CO₂ sur la germination diminue et à 3% de CO₂, on observe une inhibition complète de la germination des spores. (VAKIL, RAGHAVENDRA RAO et BHATTACHARYYA, 1961).

Le taux de germination de Fusarium oxysporum f. specialis et Fusarium oxysporum f. melonis ne diminue qu'au delà d'une concentration de 40% de CO₂.

Verticillium dahliae et Rhizoctonia bataticola sont moins tolérants au CO₂ : le taux de germination diminue rapidement dès 25% de CO₂. Phytophthora infestans est très sensible au CO₂ : la germination des conidies est fortement réduite au delà de 10% de CO₂. (cf fig.8). (SELVARAJ et MEYER, 1968).

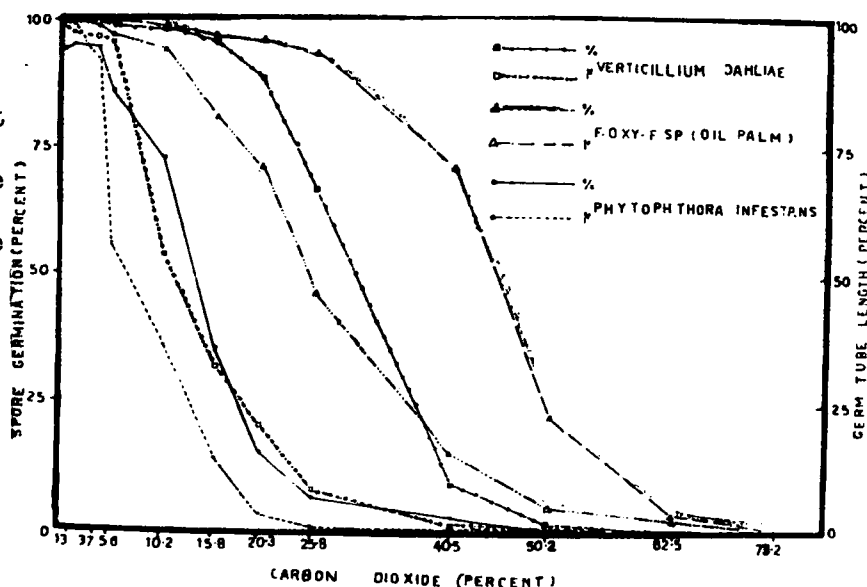


Fig.8. Effet du CO₂ sur la germination des spores de différents champignons.

En milieu stérile, la germination des chlamydospores de Fusarium solani f.sp. phaseoli est stimulée par des concentrations croissantes de CO₂ (cf fig.9).

Du fait de sa tolérance au CO₂, le Fusarium est avantagé par rapport aux autres organismes de la microflore. La concentration du CO₂ dans la rhizosphère est supérieure à celle du sol dans sa totalité : la germination serait stimulée non seulement par les éléments nutritifs trouvés dans les exudats racinaires mais aussi par le CO₂ localisé au même endroit. (BOURRET et SNYDER, 1968).

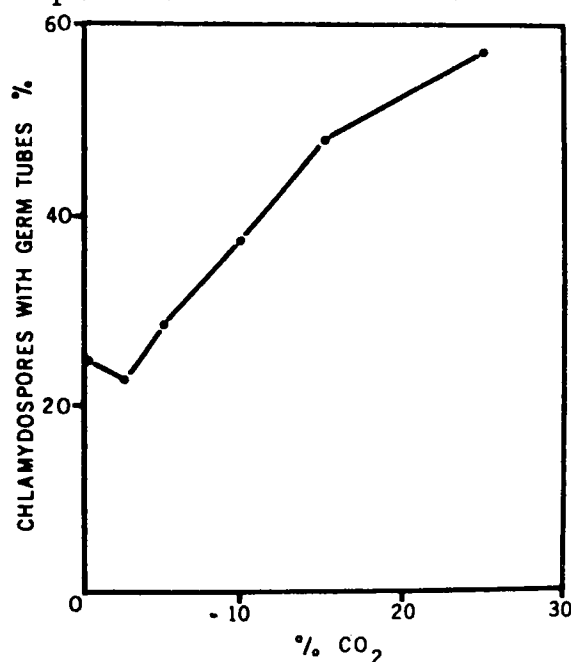


Fig.9. Effet du CO₂ sur la germination des chlamydospores de F. solani f.sp. phaseoli.

Des atmosphères pauvres en O₂ sont inhibitrices de la germination des champignons suivants : Alternaria tenuis, Fusarium roseum, Botrytis cinerea, Cladosporium herbarum, Rhizopus stolonifer.

Les réponses à des atmosphères riches en CO₂ varient : à 16% de CO₂, la germination de R. stolonifer, B. cinerea et C. herbarum est inhibée de 90%. La germination de A. tenuis est inhibée seulement à des concentrations importantes de CO₂ comme 32%. Fusarium est stimulé par 16% de CO₂. Quand la concentration d'O₂ est de 1% (donc limitante), de faibles teneurs de CO₂ stimulent la germination de tous ces champignons sauf celle de A. tenuis. (WELLS et UOTA, 1969).

La germination de Polyporus dryophilus et Fomes rimosus est la plus forte avec des concentrations en CO₂ supérieures à 25%. Le maximum de germination apparait avec 65 et 100% de CO₂ pour ces 2 espèces. (MOG et MORTON, 1970).

Neurospora sitophila peut germer en atmosphère non renouvelée. Par contre sa germination est inhibée par une atmosphère de CO₂ pur obtenue par un flux continu de CO₂. (RAMIREZ, 1974).

La germination des basidiospores de Polyporus dryophilus a été stimulée par les émanations gazeuses des autres champignons. La stimulation semble être due au CO₂ car sa suppression empêche la germination et l'addition de CO₂ la stimule.

Le mécanisme de l'action du CO₂ n'est pas dû à un changement de pH du substrat car le CO₂ ne change pas de façon mesurable le pH d'un milieu tamponné. De plus, un milieu tamponné sans CO₂ ne stimule pas la germination. De même le mécanisme ne semble pas être dû à un déplacement des composants atmosphériques par ajout de gaz car l'azote ne stimule pas la germination. Des concentrations naturelles de CO₂ de 2 à 25% ont été trouvées dans les espaces intercellulaires de beaucoup d'espèces d'arbres. Les basidiospores peuvent ainsi être en contact avec un environnement fortement concentré en CO₂ au niveau des blessures des arbres par exemple. (MORTON et FRENCH, 1974).

Conclusion

Comme les autres phases du cycle des champignons, la germination des spores est très influencée par le CO₂. Là encore, la réaction au CO₂ est différente selon l'espèce étudiée.

Compléments

L'action du CO_2 a été étudiée sur le cycle complet de Colletotrichum lindemuthianum : La germination des conidies des races bêta et gamma du C.lindemuthianum, cultivées sur milieu gélosé à l'extrait de fèves est retardée en présence de CO_2 à 15%, bien que la proportion des conidies qui finissent par germer dans ces conditions soit semblable à la proportion de celles qui germent dans des cultures en présence d'air. L'élongation du tube germinatif en présence de CO_2 est inhibée pendant les premiers stades du développement mais la croissance végétative est finalement stimulée dans ces conditions. La sporulation des cultures maintenues en présence de CO_2 est retardée et moins de conidies se forment que dans les cultures effectuées en présence d'air. (ARNOLD et RAHE, 1976).

L'invention que D. HENKE a fait breveter tient compte de l'action du CO_2 : le CO_2 formé dans le substrat nutritif traverse le courant d'air, est comprimé vers le haut et sort au niveau de la couche de gobetage : le CO_2 traverse les fructifications du champignon de couche et exerce un effet désinfectant sur les champignons, il empêche les maladies comme les taches bactériennes et certaines verticillioses. Le CO_2 aurait donc une action inhibitrice sur les parasites bactériens et fongiques de Agaricus bisporus. (HENKE, 1978).

4 - Conclusion

L'action du CO_2 sur la morphogénèse des champignons est soit inhibitrice soit stimulante. Elle dépend :

- * de la concentration du CO_2 présent dans l'atmosphère : pour chaque espèce il y a en effet une concentration optimale,

- * de l'espèce considérée : le comportement du champignon vis à vis du CO_2 est spécifique,

- * à l'intérieur d'une même espèce, de la phase du cycle considérée,

- * des conditions de culture du champignon : l'influence du CO_2 semble plus marquée quand les conditions de cultures ne sont pas optimales.

IV - BIBLIOGRAPHIE

ARNOLD, R.M. et RAHE, J.E.(1975). Effects of 15% CO₂ on germination, germ tube elongation, and sporulation in culture of Colletotrichum lindemuthianum. *Canad. J. Bot.* 54(10) : 1044-1048.

BOASSON, R. et SHAW, M.(1981). CO₂ is essential for colony initiation by flax rust fungus Melampsora lini growth in vitro. *Canad. J. Bot.* 59(9) : 1621-1622.

BOURRET, J.A., GOLD, A.H. et SNYDER, Wil.C.(1968). Effect of carbon dioxide on germination of chlamydospores of Fusarium solani f.sp.phaseoli *Phytopathology* 58(5) : 710-711.

BROWN, W.(1922). On the germination and growth of fungi at various temperatures and in various concentrations of oxygen and of carbon dioxide. *Annals of Botany* 36(142) : 257-283.

DURRELL, L.W.(1924). Stimulation of spore germination by CO₂. *Science* 60 : 499.

FISHER, P.J. et WEBSTER, J.(1978). Sporulation of aero-aquatic fungi under different gas regimes in light and darkness. *Trans. Br. mycol. Soc.* 71(3) : 465-468.

HENKE, D.(1978). Procédé pour la culture de champignons de couche, champignonnière pour la réalisation de ce procédé et installation de climatisation pour la champignonnière. Brevet d'invention N°78 16320. Publication N°2 393 524.

- HODGKISS, I.J. et HARVEY, R.(1972). Effect of carbon dioxide on the growth and sporulation of certain Coprophilous pyrenomycetes. Trans. Br. mycol. Soc. 59(3) : 409-418.
- KAISER, R.P.(1978). Effects of a plastic film as a closure method on cultural morphology of Fusarium species. Phytopathology 68 : 669-671.
- KINUGAWA, K.(1977). Collybia velutipes can fruit under total darkness. Transactions of the Mycological Society of Japan 18(4) : 353-356.
- LAMBERT, E.B.(1933). Effect of excess carbon dioxide on growing mushrooms. Journal of Agricultural Research 47(8) : 599-608.
- LOUVET, J. et BULIT, J.(1964). Recherches sur l'écologie des champignons parasites dans le sol. I. Action du gaz carbonique sur la croissance et l'activité parasitaire de Sclerotinia minor et Fusarium oxysporum f. melonis. Ann. Epiphyties 15(1) : 21-44.
- MACAULEY, B.J. et GRIFFIN, D.M.(1969). Effects of carbon dioxide and oxygen on the activity of some soil fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 53(1) : 53-62.
- MACAULEY, B.J. et GRIFFIN, D.M.(1969). Effect of carbon dioxide and the bicarbonate ion on the growth of some soil fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 53(2) : 223-228.
- MOG, T.P. et MORTON, H.L.(1970). Carbon dioxide stimulates the germination of basidiospores of Polyporus dryophilus and Fomes rimosus. Phytopathology 60 : 1305 (Abstract).

MORTON, H.L. et FRENCH, D.W.(1974). Stimulation of germination of Polyporus dryophilus basidiospores by carbon dioxide.

Phytopathology 64(1) : 153-154.

PASTER, N. et CHET, I.(1982). Influence of controlled atmospheres on formation and ultrastructure of Aspergillus ochraceus sclerotia. Trans. Br. mycol. Soc. 78(2) : 315-322.

RAMIREZ, C.(1974). Inhibition of germination and sporulation (conidiation) in Neurospora sitophila Shear&Dodge by carbon dioxide. Mycopathologia et Mycologia applicata 52(3-4) : 173-175.

SELVARAJ, J.C. et MEYER, J.A.(1968). Effect of higher carbon dioxide tensions on the growth response of certain pathogenic fungi. Mededelingen Rijksfakulteit landbouwwetenschappen Gent 33(3) : 1151-1159.

TABAK, H.H. et COOKE, WM.B.(1968). The effects of gaseous environments on the growth and metabolism of fungi. Bot. Rev. 34 : 126-252.

VAKIL, J.R., RAGHAVENDRA RAO, M.R., BHATTACHARYYA, P.K.(1961). Effect of CO₂ on the germination of conidiospores of Aspergillus niger. Archiv für Mikrobiologie 39 : 53-57.

VOLZ, P.A. et NIEDERPRUEM, D.J.(1970). Induced cytological aberrancies in basidiocarp morphology of Schizophyllum commune Fr. Archiv für Mikrobiologie 72 : 371-374.

WELLS, J.M. et UOTA, M.(1969). Germination and growth of five fungi in low oxygen and high carbon dioxide atmospheres.

Phytopathology 59 : 1057 (Abstract).

ZADRAZIL, F.(1975). Influence of CO₂ concentrations on the mycelium growth of three Pleurotus species.

European J. Appl. Microbiol. 1 : 327-335.

