

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Effet de la pression partielle d'oxygène sur la vitesse de germination des semences à réserves lipidiques et amylacées : rôle du métabolisme fermentaire.* Note (*) de Ali Al-Ani, Jean-Marc Leblanc, Philippe Raymond et Alain Pradet, présentée par Alexis Moysé.

L'effet de la pression partielle d'oxygène sur la vitesse de germination a été étudiée sur les semences de 12 espèces cultivées. Il est montré que les semences à réserve lipidique ne peuvent pas germer au-dessous de 1 KPa (1%) d'oxygène, alors que toutes les semences à réserve amylacée initient leur germination à des pressions partielles d'oxygène environ 100 fois plus faibles. La vitesse de germination maximale des deux groupes de semences est obtenue à des pressions partielles d'oxygène voisines de celles de l'air. Des recherches préliminaires montrent que c'est l'apport d'énergie d'origine fermentaire qui permet aux semences à réserve amylacée de germer à très basse pression partielle d'oxygène.

PLANT PHYSIOLOGY. — Effect of oxygen Partial Pressure on the Rate of Germination of Fatty and Starchy Seeds: the Role of Fermentative Metabolism.

The effect of oxygen partial pressure (pO_2) on the rate of germination of 12 cultivated species was studied. The fatty seeds did not germinate below 1 KPa (1% oxygen). The starchy seeds were able to germinate at oxygen partial pressure about two orders of magnitude lower. In both cases the rate of germination increased as the pO_2 was raised from the lower values which only allows the protrusion of the rootlet to normal concentration of oxygen. Preliminary results indicate that it is the active fermentative metabolism which allows the germination at very low pO_2 .

La germination des semences des plantes est un phénomène qui nécessite la présence d'oxygène. Dans les cas où l'imbibition est rapide comme chez la Laitue, la respiration peut être caractérisée dès les premières minutes de contact avec l'eau. Contrairement à ce que l'on a cru longtemps, cette oxydation est couplée à la synthèse d'ATP [1].

Cependant, une partie du processus de germination peut, dans un petit nombre de cas, s'effectuer en absence d'oxygène. Le cas le plus connu est celui du Riz dont les graines peuvent émettre un coléoptyle de 20 à 30 mm en anoxie. Par ailleurs, on sait qu'un métabolisme mixte, fermentaire et respiratoire, a été observé en condition optimale d'aération dans les phases initiales de la germination ([2], [3]). Les contributions respectives des voies fermentaires et respiratoires à la production d'énergie dans les premières phases de la germination sont totalement inconnues. Une approche préliminaire de ce problème peut être effectuée par l'étude de l'effet de la pression partielle d'oxygène (pO_2) sur la vitesse de germination. On dispose dans ce domaine d'informations extrêmement réduites. Cependant Moysé [4], dès 1952, a observé que la germination des semences de Blé pouvait avoir lieu dans une atmosphère contenant 0,4% d'oxygène. Par la suite, dans une étude portant sur les semences de 13 Monocotylédones, incluant les principales Graminées cultivées, Heichel et Day [5] ont montré qu'elles sont toutes capables de germer à 2 KPa d'oxygène. Parmi les 17 Dicotylédones étudiées par ces auteurs, seules les semences de Concombre et de Célosie ont cette propriété. Par ailleurs, Siegel et coll. [6] ont noté que les semences de Laitue sont incapables de germer à 1 KPa d'oxygène, mais germent à 2 KPa.

Dans le présent travail, on s'est attaché à étudier l'effet de la pO_2 sur la vitesse de germination en incluant dans nos conditions expérimentales des pO_2 extrêmement basses dont l'effet biologique sur la croissance des plantes ne semble pas avoir été rapporté jusqu'à présent.

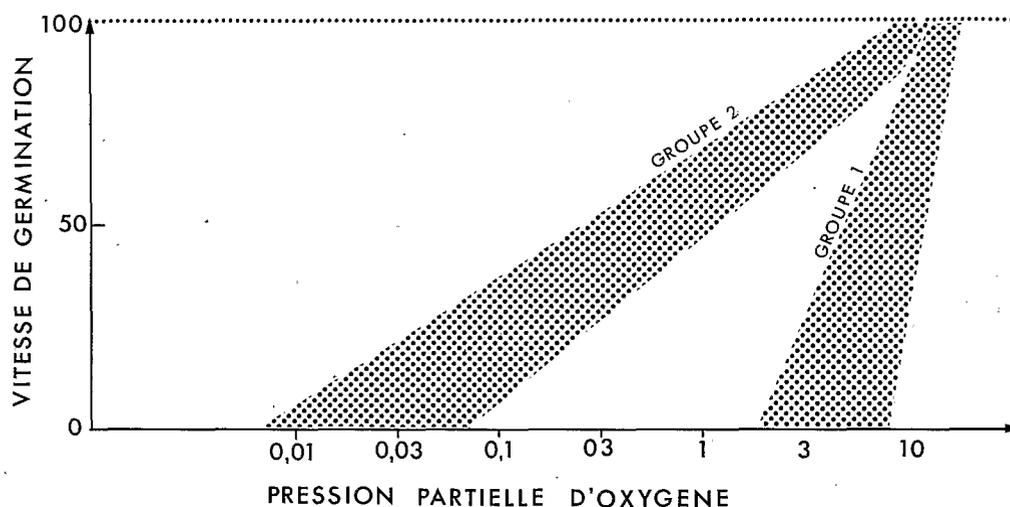
MATÉRIEL ET MÉTHODES. — Les semences sont mises à germer dans des boîtes de Petri sur papier filtre humide après décontamination par l'hypochlorite de sodium. Ces boîtes sont aussitôt disposées dans des récipients en verre, étanches aux gaz, dont le couvercle est percé par deux tubulures. Ces récipients sont soumis à un vide d'environ 200 Pa pendant 15 mn, puis remplis par le mélange gazeux étudié, cette opération est répétée deux fois. Les mélanges gazeux azote-oxygène sont préparés par manométrie à haute pression au laboratoire.

C. R. S. I. O. M. Fonds Documentaire

N° : 15793, ex 1

Cote : B

2-OCT. 1984



Vitesse de germination de diverses semences en fonction de la pression partielle d'oxygène exprimée en KPa.
 Groupe I, semences lipidiques : Chou var. Pasteur, Laitue var. Reine de Mai, Lin var. Lin à l'Ail, Navet var. Croissy, Radis var. Fakir, Tournesol var. 56H8. Groupe II, semences amylacées : Blé var. Champlain, Maïs var. INRA 508, Mil var. P 5378, Riz var. Cigalon, Sorgho var. Sg 4993, Pois var. Khalife.

Effect of oxygen partial pressure on the rate of germination of various seeds. Group I (fatty seeds): Cabbage var. Pasteur, Lettuce var. Reine de Mai, Flax var. Lin à l'Ail, Turnip var. Croissy, Radish var. Fakir, Sunflower var. 56H8. Group II (starchy seeds): Wheat var. Champlain, Maize var. INRA 508, Pearl-millet var. P 5378, Rice var. Cigalon, Sorghum var. Sg 4993, Peas var. Khalife.

Les gaz humidifiés circulent dans le dispositif expérimental à un débit de 100 ml/mn. La pression partielle d'oxygène est contrôlée à la sortie des bouteilles de stockage des gaz, ainsi qu'à celle des dispositifs expérimentaux par chromatographie. Les germinations sont effectuées à l'obscurité à 25°C. Les semences utilisées, dont la liste figure dans la légende de la figure 1, ont été mises à notre disposition par la Société Clause ou proviennent de différents laboratoires I.N.R.A. et O.R.S.T.O.M. La germination est caractérisée par la sortie de la radicule. Selon ce critère, tous les lots ont en aérobiose un taux de germination supérieur à 90%. Le paramètre utilisé ici pour caractériser la vitesse de germination est l'inverse du temps nécessaire à la germination de 50% des semences. Les mesures au cours du temps sont effectuées sur des échantillons qui sont ensuite éliminés.

Les mesures des pressions critiques d'oxygène (valeur de la pO_2 au dessous de laquelle l'intensité respiratoire est limitée) et des $pO_{2,50}$ (pression partielle qui inhibe l'intensité respiratoire de 50%) sont effectuées dans un récipient étanche aux gaz à l'aide d'une électrode polarographique.

La charge énergétique et les productions d'éthanol sont mesurées selon une méthode déjà décrite [7].

RÉSULTATS ET DISCUSSION. — Les semences analysées peuvent être clairement classées en deux groupes sur le critère de l'effet de la pO_2 sur la vitesse de germination. Un premier groupe est constitué essentiellement de Dicotylédones à réserves lipidiques (groupe I) qui sont incapables de germer en dessous de 1 KPa d'oxygène. La vitesse de germination de ces semences augmente régulièrement jusqu'à des pO_2 voisines de celles de l'air (21 KPa). La famille des courbes représentatives de la vitesse de germination de ces semences s'inscrit à l'intérieur d'une courbe enveloppe représentée (fig. 1).

L'ensemble des Graminées analysées et la semence de Pois (groupe II) ont un comportement très différent. Ces semences sont capables de germer à des pO_2 environ 100 fois plus faibles que celles du premier groupe. Leur vitesse de germination augmente régulièrement avec l'élévation de la pO_2 . Les vitesses de germination maximales sont atteintes à des teneurs en oxygène similaires pour les semences des deux groupes.

En première analyse, on peut se demander si les semences du groupe I ont des systèmes respiratoires à affinité apparente pour l'oxygène plus faible que ceux du groupe II. Une analyse de l'effet de la pO_2 sur l'intensité respiratoire des semences des deux groupes caractérisés par la mesure de la pression critique et de la $pO_{2,50}$ nous a montré que des semences à faible et forte affinité apparente pour l'oxygène existent dans les deux groupes. Ce phénomène ne peut donc pas expliquer les différences rapportées ci-dessus.

On considère qu'un métabolisme fermentaire élevé est une propriété générale des semences dans les phases initiales de la germination. Une analyse du matériel expérimental utilisé dans les études qui ont conduit à cette généralisation, révèle qu'il s'agit toujours de Graminées et de Légumineuses à réserves amylacées ([2], [3]). Lors d'une étude portant sur les phases initiales de la germination des semences de Laitue, il a été montré que la production d'ATP d'origine fermentaire en anoxie est extrêmement faible [7]. Cette semence a l'essentiel de ses réserves sous forme lipidique comme toutes les semences du groupe I, mais contient cependant 2 à 3% de sucres solubles.

Des travaux préliminaires faisant appel à la mesure de la production d'éthanol qui est le produit terminal prépondérant des voies fermentaires chez les plantes [8] et à la mesure de la charge énergétique utilisée comme marqueur de la production d'énergie en anoxie [9], ont été effectués. Ils montrent que la vitesse de production d'éthanol en anaérobiose rapportée à la masse de tissu embryonnaire est de 20 à 50 fois plus forte pour les semences du groupe II que pour celles du groupe I. Les charges énergétiques des semences du groupe II, mesurées après quelques heures d'anoxie, sont toutes supérieures à 0,60, alors que celles du groupe I sont inférieures à 0,35 dès les premières minutes d'anoxie et se maintiennent en dessous de cette valeur pendant les jours suivants. On peut donc en déduire que les semences du second groupe ont un métabolisme fermentaire actif, alors qu'il est très réduit dans le premier. Les mécanismes qui empêchent les semences à réserves lipidiques étudiées ici de métaboliser activement leurs sucres solubles en anoxie sont inconnus. Le groupe des semences à réserves amylacées étudiées contient 5 Graminées et 1 Légumineuse. La famille des Légumineuses qui contient à la fois des semences à réserves lipidiques et amylacées sera importante à analyser.

Ce travail a été effectué sur des semences entières. Les téguments sont des barrières de diffusion importantes et les pO_2 atteignant les embryons peuvent être notablement différentes de celles du milieu extérieur. Cependant, nous ne pensons pas que leur présence modifie significativement les phénomènes métaboliques décrits ci-dessus.

CONCLUSION. — Ces résultats préliminaires montrent que c'est la production d'énergie d'origine fermentaire qui permet aux semences à réserves amylacées du groupe II de germer à des pO_2 extrêmement faibles. A des pO_2 de l'ordre de quelques dizaines de Pascal, l'intensité respiratoire des tissus végétaux est si faible que la production d'ATP due à l'oxydation phosphorylante doit être extrêmement réduite par rapport à celle d'origine fermentaire. On peut donc se demander si à ces très faibles pO_2 , le rôle de l'oxygène dans les phénomènes de germination n'est pas avant tout relié au fonctionnement de voies métaboliques produisant des substrats indispensables à la croissance.

Il serait important de savoir si le phénomène observé ici est général ou s'il existe des

semences de type intermédiaire, et de préciser l'impact écophysologique et agronomique joué par des propriétés aussi différentes.

(*) Remise le 28 juin 1982.

- [1] A. HOURMANT et A. PRADET, *Plant Physiol.*, 68, 1981, p. 631.
- [2] S. LEBLOVA, E. SINECKA et V. VANICKOVA, *Biol. Plant.*, 16, 1974, p. 406.
- [3] P. DOIREAU, *Physiol. Végét.*, 14, 1976, p. 467.
- [4] A. MOYSE, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 874.
- [5] G. H. HEICHEL et P. R. DAY, *Plant Physiol.*, 49, 1972, p. 280.
- [6] S. M. SIEGEL, L. A. ROSEN et G. RENWICK, *Physiol. Plant.*, 15, 1962, p. 304.
- [7] P. RAYMOND et A. PRADET, *Biochem. J.*, 190, 1980, p. 39.
- [8] A. M. SMITH et T. ap. REES, *Phytochem.*, 18, 1979, p. 1453.
- [9] A. PRADET et P. RAYMOND, *Physiology and Biochemistry of plant respiration*, in J. M. PALMER, éd., Society of experimental biology, Seminar serie Cambridge University Press (sous press).

*Station de Physiologie végétale, Centre de Bordeaux,
I.N.R.A., 33140 Pont-de-la-Maye.*