

Métabolisme carboné et photorespiration de l'ananas

La fixation du carbone par l'ananas est du type CAM (Crassulacean Acid Metabolism); le CO₂ atmosphérique est absorbé de nuit (CAM strict) mais aussi de jour (fixation de type C3 ou C4) en fonction des conditions externes : hygrométrie, température ... Ce schéma est maintenant bien connu depuis les premiers travaux de SIDERIS *et al.* (1948). Les résultats obtenus actuellement le confirment. Mais l'influence d'un déficit hydrique plus ou moins prolongé et la possibilité éventuelle pour l'ananas de rétablir son métabolisme après la reprise d'une alimentation hydrique correcte ont été moins étudiées. En outre, la photorespiration de l'ananas n'a jamais été mesurée.

La photorespiration, dont le cycle de TOLBERT est couplé à celui de CALVIN, a été longtemps méconnue ; elle est difficile à suivre (nécessité d'utiliser l'isotope ¹⁸O). Elle consomme, chez les plantes en C3 tel le blé, la moitié de l'énergie photoréductrice aux dépens de la carboxylation ; son rôle est mal défini. Les résultats obtenus par M. ANDRE à Cadarache au CEN, tendent à confirmer l'hypothèse selon laquelle la photorespiration permet à la plante d'échapper à la photoinhibition (provoquant un blocage) si la plante n'est pas capable d'utiliser toute l'énergie captée. Ce peut être le cas avec une déficience en N, un excès de froid ou éventuellement de sécheresse. Dans la plante, un antagonisme est en quelque sorte mis en évidence entre la réduction du CO₂ et celle de O₂. Les plantes à métabolisme carboné en C4 consomment peu d'oxygène par comparaison avec les plantes à métabolisme CAM ou en C3. La mesure de la photorespiration, en particulier en cas de déficit hydrique, était donc intéressante à effectuer chez l'ananas.

Des études sur ananas ont été conduites au Laboratoire d'Agrophysiologie en Conditions Contrôlées - LACC - du Centre d'Etudes nucléaires de Cadarache. Elles ont été réalisées par F.X. COTE, sous la direction de M. ANDRE, avec le patronage du Professeur CAVAILLE et avec la collaboration de M. FOLLIOU. Les installations du LACC ont permis d'effectuer des mesures :

- sur plante entière issue de rejet et de culture *in vitro* (vitro-plant),

- avec des paramètres climatiques voisins de ceux du développement de l'ananas au champ (température sèche jour/nuit = 28°/22°C, éclairement = 650 μE/M²/s ; RH jour/nuit = 70 p. 100/80 p. 100.

- en continu, une gestion par informatique des chambres de culture permettant aux expériences de se dérouler de façon ininterrompue sur plusieurs semaines.

Rythme «CAM» chez l'ananas.

Les différentes expériences réalisées ont permis l'observation du rythme de photosynthèse caractéristique des plantes CAM : de façon «classique» par la mesure des échanges de CO₂ et de manière plus nouvelle par la mesure des bilans oxygène. On a ainsi pu préciser la part de CO₂ respiratoire nocturne intervenant dans la formation de malate, observer la phase de décarboxylation diurne de ce composé, prévoir une participation de la PEPC dans la fixation de CO₂ en fin de phase diurne.

A un stade de développement de 7 à 9 mois après repiquage, les lots d'ananas issus de rejets et élevés à Montpellier en serre ou à la station de Côte d'Ivoire fixent, dans les conditions de culture, la majeure partie du CO₂ pendant la phase nocturne (fixation de CO₂ nocturne ≥ 70 p. 100 de la fixation nette totale).

Pour des ananas issus de culture *in vitro*, la proportion de fixation nocturne de CO₂ augmente avec le stade de développement : voisine de zéro lorsque la masse de matière fraîche de feuilles du vitroplant est de quelques grammes, elle atteint 50 p. 100 de la fixation nette totale de CO₂ pour un vitroplant ayant une masse fraîche de feuilles de 125 grammes ; 60 p. 100 et plus pour une masse fraîche de feuilles de 200 grammes.

Photorespiration de l'ananas.

La maîtrise de la mesure isotopique de ¹⁸O a permis de confirmer des observations déjà faites dans le laboratoire LACC pour d'autres plantes CAM : la photoconsommation d'O₂ par ce type de plante est élevée. Le rapport photoconsommation d'O₂/photosynthèse dépasse 1,5 chez l'ananas (pour des plantes du type C3, placées dans des conditions voisines de culture, il est d'environ 1).

Des mesures effectuées sur feuilles attachées ont permis de montrer que la décarboxylation du malate impose, pendant la première partie du jour, une respiration sous lumière moins élevée que pendant la seconde partie du jour.

On a également observé que la photorespiration de l'ananas est relativement peu sensible aux fortes pressions de CO₂ (40 p. 100 de sensibilité environ). L'activité oxygénasique de la RUBISCO, principale voie d'entrée de l'oxygène sous lumière, ne semble donc que partiellement impliquée dans le phénomène mesuré.

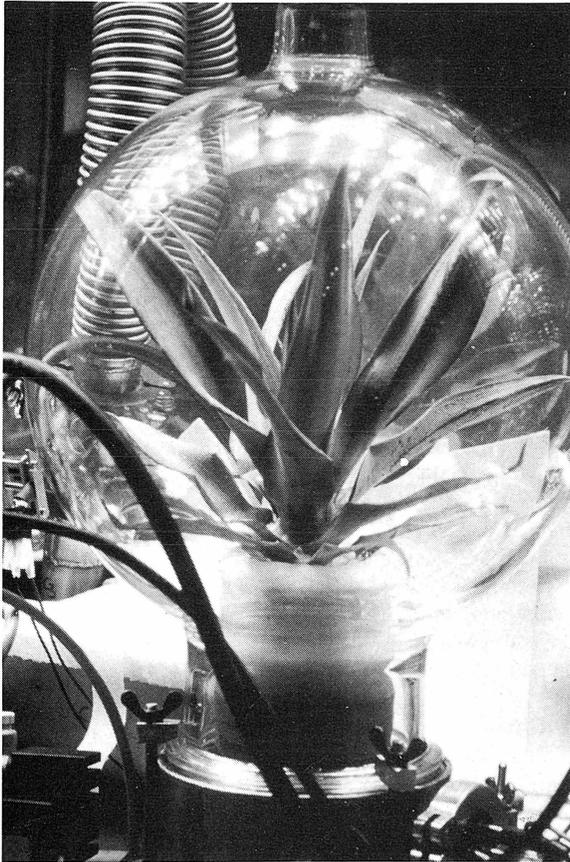


Photo 25. Chambre de culture automatique en atmosphère artificielle pour étude sur vitroplant (volume 10 l).

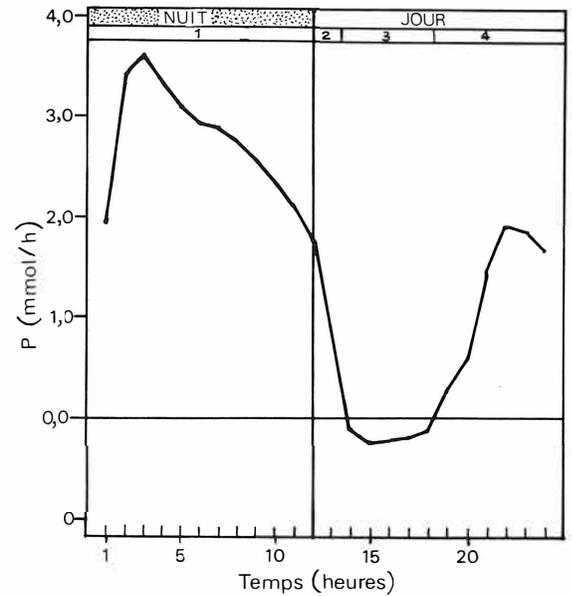


Fig. 5 • Assimilation nette de CO_2 par un ananas issu de rejet. (Repiquage + 9 mois; masse de matière fraîche de feuille = 630 g).

Conformément à la nomenclature établie par OSMOND, les phases 1 à 4 représentent :

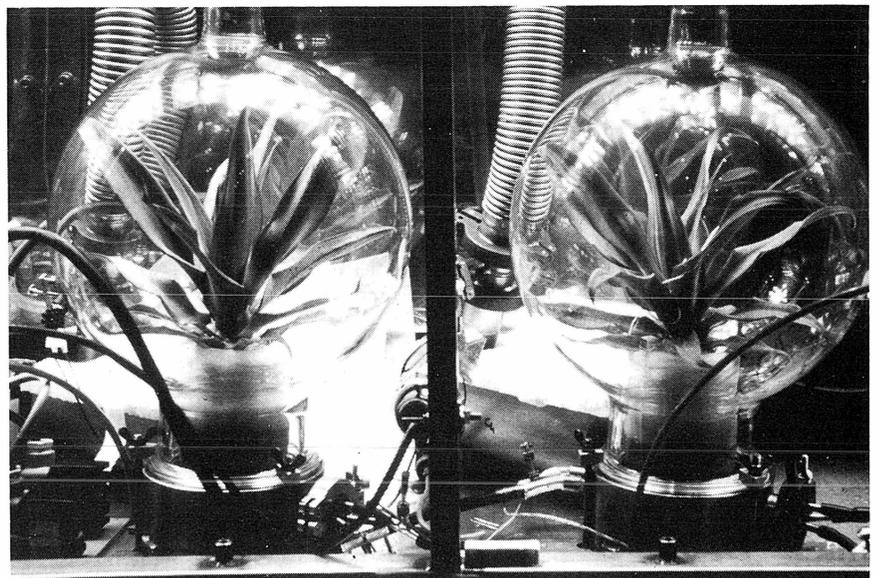
Phase 1 : Fixation nocturne de CO_2 par B carboxylation du PEP.

Phase 2 : Fixation de CO_2 à la transition obscurité/lumière.

Phase 3 : Minimum d'assimilation diurne de CO_2 (pouvant aller jusqu'au dégagement de CO_2 dans le cas présenté) accompagné d'une augmentation de la résistance stomatique.

Phase 4 : Fixation diurne de CO_2 de deuxième partie du jour accompagnée d'une diminution de la résistance stomatique.

Photo 26. Chambre de culture automatique en atmosphère artificielle pour étude sur vitroplant (volume 10 l) : chambres appariées pour études en parallèle.



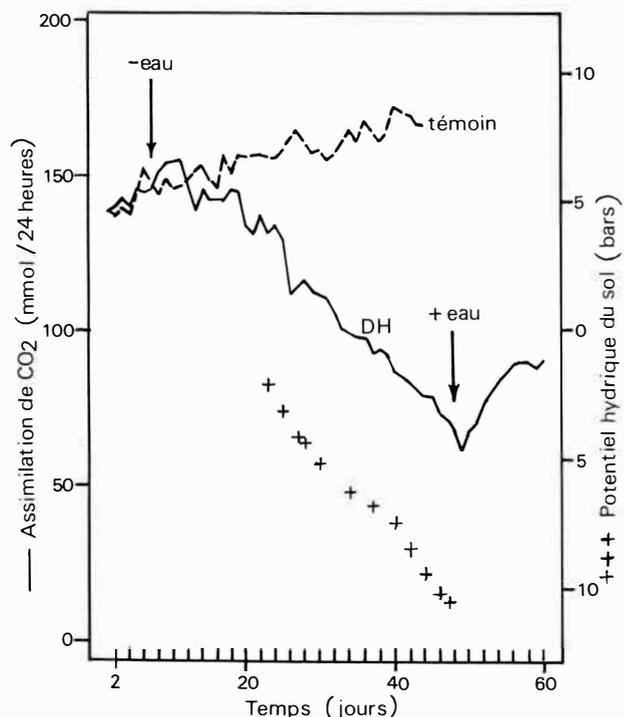


Fig. 6 • Assimilation de CO₂ et potentiel hydrique du sol au cours d'un déficit hydrique.
 Comparaison de deux cultures jumelles de quatre ananas issus de rejets, 7 à 8 mois après repiquage.
 - - - : culture témoin
 — : culture soumise à un déficit hydrique. Les flèches indiquent le moment de l'arrêt de l'arrosage (- eau) et sa reprise (+ eau).

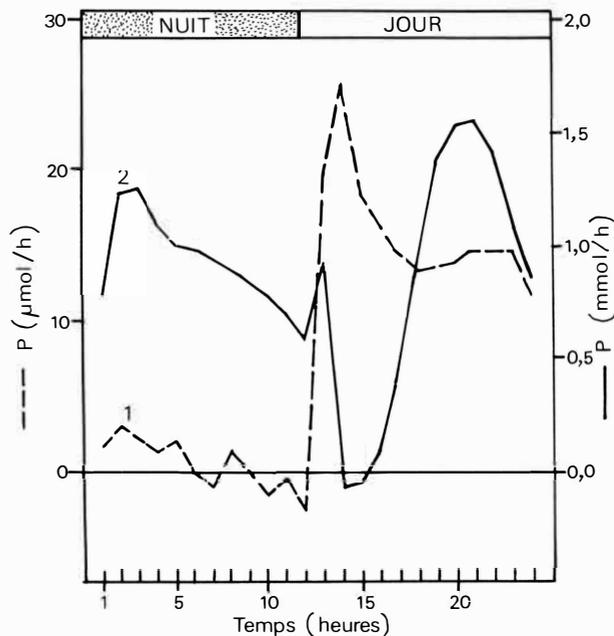


Fig. 7 • Comparaison de l'assimilation nette de CO₂ à deux stades de développement chez des ananas issus de culture *in vitro*.

Stade 1 : masse de matière fraîche de feuille < 2 g - fixation nocturne de CO₂ ≈ 3 p. 100 de la fixation totale.

Stade 2 : masse de matière fraîche de feuille = 128 g - fixation nocturne de CO₂ ≈ 48 p. 100 de la fixation totale.

Conditions de culture :

. TS jour/nuit = 28°/22°C ; RH jour/nuit = 70/80 p. 100

. Eclaircement ≈ 650 µE/m²/S (stade 2) ; ≈ 200 µE/m²/S (stade 1).

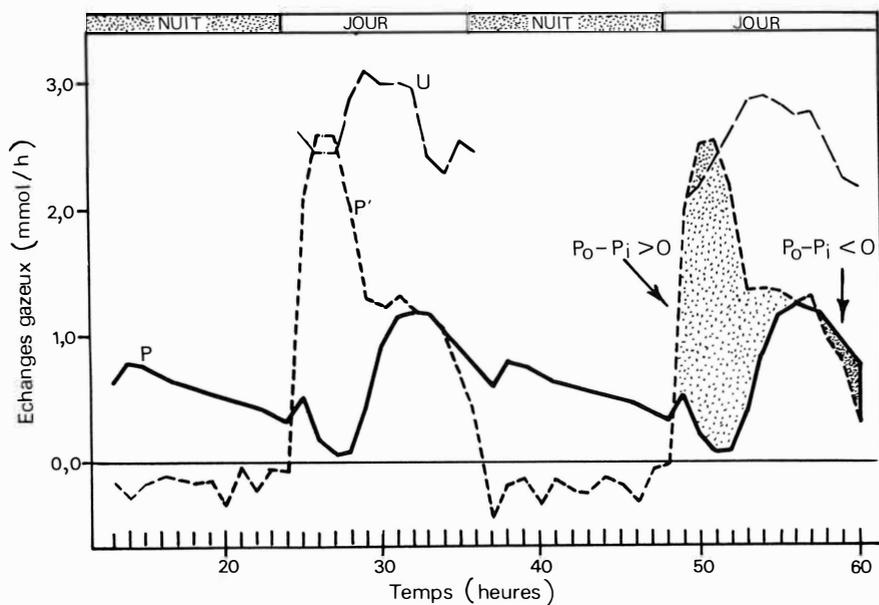


Fig. 8 • Echanges gazeux CO₂ et O₂ chez l'ananas (vitroplant).
 P = Bilan net de CO₂ (P = P_n de nuit ; P = P_j de jour)
 P' = Bilan net de O₂ (P' = R_o de nuit ; P' = P_o de jour)
 U = Respiration sous lumière

Remarques :

- 1) de nuit, P' est négatif, la plante consomme de l'oxygène par respiration (R_o). Une partie du CO₂ fixé la nuit a une origine respiratoire. Si le quotient respiratoire est de 1 le CO₂ total fixé est égal à P_n + (R_o).
- 2) de jour, P' est positif, la plante produit de l'oxygène (P_o en bilan net) qui est en première approximation une mesure du pouvoir réducteur utilisé pour la réduction du CO₂ dans le cycle de Calvin. Pendant la première partie du jour, P_o-P_j > 0 représente le CO₂ produit par décarboxylation du malate et réduit dans le cycle de Calvin. En fin de jour P_o-P_j < 0 témoigne qu'une fraction du CO₂ fixé n'est pas réduite dans le cycle de Calvin.
- 3) La respiration sous lumière U est supérieure, dans la figure présentée, à 11 fois la respiration nocturne R_o.

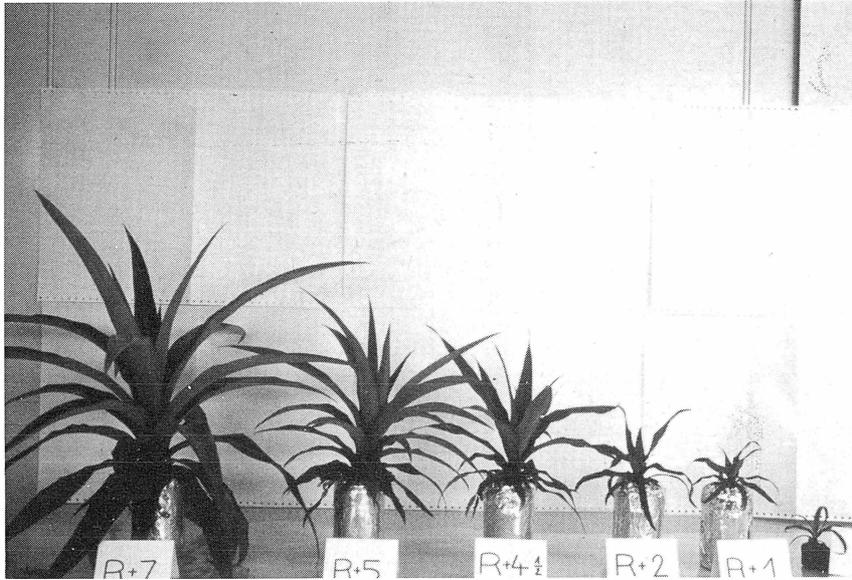


Photo 27. Croissance des vitroplants dans les chambres.



Photo 28. Chambres avariées pour l'étude de 2 x 5 plants issus de rejets de 300 g.

Etude d'une contrainte hydrique.

La mesure en continu des échanges gazeux de l'ananas avant, pendant et après un déficit hydrique a permis de préciser certaines des stratégies développées par la plante pour résister à une contrainte hydrique. On observe une

déformation du «rythme circadien standard de photosynthèse» se traduisant par une suppression rapide de la prise de CO_2 diurne, associée à une augmentation de la résistance stomatique et un maintien partiel de la prise de CO_2 nocturne. L'efficacité de l'eau est le double la nuit (12,6) de celle du jour (6,0).